



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

Dipartimento di BIOTECNOLOGIE AGRARIE

DOTTORATO DI RICERCA IN :  
VITICOLTURA ENOLOGIA E MARKETING DELLE IMPRESE  
VITIVINICOLE  
XXII CICLO

Influenza dell'apporto di compost sulle caratteristiche del  
suolo e sull'attività vegetativa e produttiva della vite in  
vigneti dei Colli Euganei

Coordinatore: Ch.mo Prof. Viviana Corich  
Supervisore: Ch.mo Prof. Giorgio Ponchia  
Co-supervisore: Ch.mo Prof. Giuseppe Concheri

Dottoranda : Arianna Bozzolo



## INDICE

<b>RIASSUNTO</b> .....	<b>1</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>3</b>
<b>1 - INTRODUZIONE</b> .....	<b>7</b>
1.1 - PREMESSA .....	9
1.2 - IL SUOLO .....	9
1.2.1 - <i>DEFINIZIONE</i> .....	9
1.2.2 - <i>ORIGINE</i> .....	11
1.2.3 - <i>LE COMPONENTI ORGANICHE DEL TERRENO</i> .....	12
1.3 - IL CONCETTO DI FERTILITÀ.....	17
1.3.1 - <i>LA FERTILITÀ DEI TERRENI ITALIANI</i> .....	18
1.4 - IL COMPOST .....	18
1.4.1 - <i>IL PROCESSO DI COMPOSTAGGIO</i> .....	19
1.4.2 - <i>EVOLUZIONE DELLA NORMATIVA RIGUARDANTE IL COMPOST</i> .....	21
1.5 - IL COMPOST IN VITICOLTURA .....	24
1.5.1 - <i>CENNI STORICI</i> .....	24
1.5.2 - <i>EFFETTI POSITIVI DELL'USO DEL COMPOST</i> .....	25
1.5.3 - <i>EFFETTI POTENZIALMENTE NEGATIVI</i> .....	27
1.6 - LA VITE E IL TERROIR .....	28
1.7 - I COLLI EUGANEI .....	29
<b>2 – SCOPO DEL LAVORO</b> .....	<b>33</b>
<b>3 – MATERIALI E METODI</b> .....	<b>37</b>
3.1 - I VIGNETI OGGETTO DI STUDIO .....	39
3.2 - ANALISI SUL COMPOST .....	39
3.3 – ANALISI DEL TERRENO E CARATTERIZZAZIONE DEI SUOLI .....	40
3.3.1 - <i>ANALISI DEI PARAMETRI A SCARSA VARIABILITÀ</i> .....	40
3.3.2 – <i>ANALISI DEI PARAMETRI AD ELEVATA VARIABILITÀ</i> .....	43
3.3.3 - <i>FRAZIONAMENTO DEL CARBONIO ORGANICO</i> .....	45
3.3.4 - <i>VALUTAZIONE QUALITATIVA DELLE SOSTANZE UMICHE</i> .....	47
3.3.5 - <i>STIMA DEL CARBONIO E DELL'AZOTO DELLA BIOMASSA MICROBICA</i> .....	48
3.3.6 - <i>ANALISI DELLA FRAZIONE MINERALE COSTITUENTE IL SUOLO DEI VIGNETI</i> .....	51
3.3.7 - <i>STIMA DELL'ATTIVITÀ MICROBICA DEI DUE VIGNETI</i> .....	53
3.4 - OSSERVAZIONI VEGETATIVE E PRODUTTIVE DELLA VITE .....	55
3.4.1 - <i>FENOLOGIA</i> .....	55
3.4.2 – <i>RILIEVI SULL'APPARATO FOGLIARE</i> .....	55

3.4.3 – <i>MONITORAGGIO DEI PARAMETRI DELLA MATURAZIONE</i> .....	56
3.4.4 – <i>RILIEVI ALLA VENDEMMIA</i> .....	57
3.5 - ANDAMENTO METEOROLOGICO.....	57
3.6 - ELABORAZIONE STATISTICA.....	57
<b>4 - RISULTATI.....</b>	<b>59</b>
4.1 – ANALISI SUL COMPOST.....	61
4.2 - ANDAMENTO METEOROLOGICO.....	61
4.3 - ANALISI DEL TERRENO.....	61
4.3.1 - <i>CARATTERIZZAZIONE DEI SUOLI</i> .....	61
4.3.2 - <i>ANALISI DEL TERRENO DOPO IL TRATTAMENTO</i> .....	63
4.3.2.1 - VIGNETO DI VALNOGAREDO .....	63
4.3.2.2 - VIGNETO DI ZOVON.....	65
4.3.2.3 - ANALISI DELLA FRAZIONE MINERALE COSTITUENTE IL SUOLO DUE VIGNETI.....	68
4.3.2.4 - STIMA DELL'ATTIVITÀ MICROBICA DEI DUE VIGNETI .....	69
4.4 - <i>OSSERVAZIONI VEGETATIVE E PRODUTTIVE DELLA VITE</i> .....	70
4.4.1 - <i>FENOLOGIA</i> .....	70
4.4.2 - <i>VIGNETO DI VALNOGAREDO</i> .....	70
4.4.2.1 - DIAGNOSTICA FOGLIARE.....	70
4.4.2.2 - CONTENUTO IN CLOROFILLA .....	74
4.4.2.3 - RILIEVI DI SPAD.....	74
4.4.2.4 - MONITORAGGIO DEI PARAMETRI QUALITATIVI DURANTE LA MATURAZIONE .....	76
4.4.2.5 - RILIEVI ALLA VENDEMMIA .....	77
4.4.3 - <i>VIGNETO DI ZOVON</i> .....	77
4.4.3.1 - DIAGNOSTICA FOGLIARE.....	77
4.4.3.2 - CONTENUTO IN CLOROFILLA .....	80
4.4.3.3 - RILIEVI DI SPAD.....	80
4.4.3.4 - MONITORAGGIO DEI PARAMETRI QUALITATIVI DURANTE LA MATURAZIONE .....	81
4.4.3.5 - VENDEMMIA.....	82
<b>5 - DISCUSSIONE E CONCLUSIONI .....</b>	<b>85</b>
<b>6 - BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>93</b>
<b>7 – FIGURE.....</b>	<b>109</b>
<b>8 – TABELLE .....</b>	<b>137</b>





## **RIASSUNTO**

---

Le attuali pratiche agricole possono causare, durante l'impianto dei vigneti, una riduzione della sostanza organica nel suolo a causa del movimento di grandi masse di terreno. Al fine di non compromettere la fertilità del suolo è fondamentale mantenere un equilibrio tra l'accumulo e l'utilizzazione della sostanza organica. L'uso del compost può aumentare la componente organica, migliorare la fertilità e influenzare le produzioni. La ricerca è stata condotta, dal 2007 al 2009 su due vigneti di varietà "Merlot", ubicati nella zona dei Colli Euganei (Valnogaredo e Zovon) al fine di valutare l'effetto del compost sulla sostanza organica e sulla produzione. Nel primo vigneto le viti erano innestate su Berl. x Rip. 161-49, allevate con sistema Guyot, mentre nel secondo erano innestate su Berl. x Rip. 157-11 allevate a cordone speronato. Sono stati confrontati due trattamenti: l'applicazione di 5 t / ha di compost rispetto a nessuna applicazione. Sono state effettuate analisi del terreno nel mese di febbraio, prima dell'aggiunta di compost, e nel mese di ottobre, dopo la stagione vegetativa, per tre anni. L'attività microbiologica è stata misurata in entrambi i terreni. Durante le stagioni vegetative sono stati monitorati valori SPAD e i contenuti in clorofilla a e b. Durante la maturazione delle uve sono stati misurati il contenuto in solidi solubili, l'acidità titolabile e i valori di pH, mentre alla vendemmia sono stati valutati peso e volume dei grappoli e delle bacche e le produzioni per pianta. I risultati hanno mostrato che entrambi i vigneti hanno suoli calcarei e scheletrici, con tessitura argillosa e pH alcalino. A Valnogaredo il contenuto di C organico è aumentato ma non a Zovon. I parametri di umificazione indicano che in entrambi i vigneti l'indice di umificazione è aumentato oltre alla biomassa microbica. L'incremento di questi due ultimi parametri è stato osservato nell'autunno del primo anno a Valnogaredo e in primavera a Zovon. Inoltre è stato evidenziato, in entrambi i vigneti, che, nel 2007 e nel 2008, i valori SPAD nelle foglie erano più elevati per le viti trattate con compost rispetto alle non trattate. Il contenuto di clorofilla è aumentato all'invasatura in Zovon il primo anno, mentre in Valnogaredo l'aumento del contenuto di clorofilla è stato rilevato anche all'invasatura del secondo anno. Una correlazione positiva è stata trovata tra i valori SPAD e contenuti in clorofilla nelle foglie. Alla vendemmia, nel 2007 e nel 2008 a Valnogaredo, nel 2008 e nel 2009 a Zovon, sono stati osservati un aumento della

produzione per ceppo, del peso e del volume delle bacche e dei grappoli in piante trattate con il compost. In conclusione, i risultati hanno mostrato che l'applicazione del compost può aumentare la materia organica del suolo e la biomassa microbica ma può anche influire sulla produttività della vite.

## **ABSTRACT**

---

Current agricultural practices can cause, during vineyard implantation, a reduction of the soil organic matter because of soil movement especially in slope conditions. In order to not compromise the soil fertility it is fundamental to maintain a balance between soil organic matter accumulation and utilization. The use of compost can increase the organic matter and improve the soil fertility, thus plant production. From 2007 to 2009, a research was carried out on two vineyards planted with the variety 'Merlot' in order to evaluate the effect of soil compost addition on soil organic matter and grapevine production and quality. The vineyards were established in Valnogaredo and Zovon, in the Colli Euganei area. In the first vineyard, vines are grafted on Berl. x Rip. 161-49 and Guyot training system is used. In Zovon, plants are grafted on Berl. x Rip 157-11 and the training system adopted is the spur pruned cordon.

Two treatments were compared: application of 5 t/ha of compost versus no compost application. Soil and microbiological analysis were performed in February, before compost addition, and in October, after the vegetative season, for three years. Microbiological activity was measured in both vineyard soils. During the growing season SPAD values and chlorophyll a and b content were measured. Soluble solid content, titratable acidity and pH values were measured during grape ripening, while at harvest, bunch and berry weight and volume were evaluated. Results showed that in both vineyard soils were calcareous and skeletal with clay texture and alkaline pH. In Valnogaredo the organic C content increased but not in Zovon. Humification parameters show that in both vineyard the humification index increased and the microbiological biomass also. The increment of these two last parameters was determinate in autumn of the first year in Valnogaredo and in spring in Zovon. Furthermore, it was highlighted that in some vegetative samples, of 2007 and 2008, SPAD values in the leaves were higher for the compost treated vines compared with those untreated. Chlorophyll content increased from fruit-set to veraison in Zovon the first year while in Valnogaredo the chlorophylls content increase in the second year, also. A positive correlation was found between SPAD values and chlorophylls content in the leaves. At harvest, in Valnogaredo in 2007 and 2008, in Zovon in 2008 and 2009, an increase of the yield/vine, bunch and berry weight and volume were observed in

plants treated with compost. In conclusion, the results showed that compost application can increase soil organic matter and microbiological biomass but can also affect vine productivity.





## **1 - INTRODUZIONE**

---



## 1.1 - PREMESSA

---

La tendenza dell'agricoltura convenzionale alla massimizzazione delle rese agricole (Belletti, 2002), attraverso tecniche colturali intensive e l'impiego di fertilizzanti chimici ha compromesso progressivamente la fertilità dei terreni agrari. Inoltre, la separazione delle attività zootecniche da quelle di coltivazione ha ridotto la disponibilità di sostanza organica, quale il letame, all'interno delle aziende agricole.

La sostanza organica ha funzione ammendante ed è necessaria per conservare la fertilità del suolo intesa come complesso di caratteristiche chimiche, fisiche, biologiche e meccaniche favorevoli alle funzioni fisiologiche delle piante. L'utilizzo di ammendanti compostati favorisce l'incremento della porosità del suolo, la sua stabilità strutturale, la ritenzione idrica e la riduzione dell'erosione (Borselli *et al.*, 2002) oltre ad incrementare il contenuto di sostanza organica e ad essere fonte di nutrienti per le produzioni (Pinamonti, 1998).

Nei terreni destinati alla coltivazione della vite si è assistito ad interventi antropici come lo scasso e lo sbancamento che, comportando lo spostamento di ingenti quantità di terreno spesso hanno indotto una perdita di fertilità dovuta ad una riduzione della presenza delle popolazioni microbiche (Diacono *et al.*, 2006).

Le nuove tendenze volte ad una gestione sostenibile del vigneto portano a salvaguardare la fertilità del suolo preservando le risorse non rinnovabili e valorizzando al massimo le risorse territoriali. La viticoltura condotta senza l'uso di prodotti chimici di sintesi si stabilisce sulla base di una gestione agronomica fondata sull'osservazione della fisiologia e dei ritmi fenologici delle piante, in modo da renderle meno esigenti e meno suscettibili ad attacchi fungini.

## 1.2 - IL SUOLO

---

### 1.2.1 - DEFINIZIONE

---

Due classificazioni romane del suolo sono per secoli rimaste invariate. La prima risale a Catone (II sec. a.c.) che definisce "le terre propizie ai vigneti, agli orti, al grano e alle querce", quindi sotto l'aspetto colturale. La seconda riguarda i caratteri fisici del terreno ed è attribuita a Columella nel *De re rustica* (I sec. a.c.) che suddivide le terre in grasse, magre, solide e friabili.

Nel XII secolo l'arabo Ibn al-Awan (Ibn al-Awan, 1977) cominciò a distinguere i suoli classificandoli per colore e quindi secondo un ordine di fertilità decrescente: terre nere, viola, cineree, cineree tendenti al bianco, gialle, rosse.

Dumont (Dumont, 1909) all'inizio del XX secolo grazie alle nuove tecnologie che permettono valutazioni percentuali delle componenti tessiturali del suolo (sabbia, limo, argilla) creò una nuova classificazione. Egli, classificava i suoli rapportandoli ad un campione ideale chiamato "terra franca". Lo scopo della classificazione era trovare le attitudini agricole di un suolo. Successivamente ci si rese conto che l'analisi fisica di un suolo non è sufficiente a dare informazioni necessarie per comprenderne l'attitudine.

Anche Rissler (Rissler, 1931) tentò una classificazione del suolo sulla base di studi geologici. Successivamente tale classificazione risultò eccessivamente semplificata poiché non sempre la roccia madre rende conto dei caratteri del suolo che ne deriva.

Furono prima i russi con Dokouchaev (Dokouchaev, 1883) e successivamente americani e francesi a fare della pedologia una scienza che considerasse il suolo non solo come substrato inerte di crescita delle piante ma come ambiente dinamico e complesso soggetto a nascita, crescita e morte.

Le definizioni attuali di suolo presenti in bibliografia variano in funzione delle materie di studio in cui è preso in considerazione: ogni settore tende a dare un significato al suolo in funzione delle peculiarità della materia che lo prende in esame.

Per la chimica agraria il suolo è un sistema disperso plurifasico, costituito dallo strato superficiale roccioso alterato della crosta terrestre, le cui fasi (solida, liquida e gassosa) concorrono a conferire ad esso la capacità di mantenere la vita vegetale, con possibilità di produzione economicamente redditizia.

Per la scienza del suolo è il prodotto della trasformazione di sostanza minerali e organiche, operata da fattori ambientali attivi per lungo periodo di tempo sulla superficie della terra, caratterizzato da specifica organizzazione e morfologia, capace di provvedere allo sviluppo delle piante superiori e conseguentemente, di assicurare la vita all'uomo e agli animali.

Per la pedologia, il suolo è l'insieme dei corpi naturali esistenti sulla superficie terrestre, in luoghi modificati o anche fatti dall'uomo con materiali terrosi, contenente materia vivente, che sostiene o è capace di sostenere all'esterno le piante. Il suo limite superiore è rappresentato dall'aria o da acque poco profonde. I suoi margini laterali arrivano alle

acque profonde o alle aree sterili costituite da roccia o da ghiaccio. Passa per gradi, in profondità, alla roccia compatta o a materiali terrosi privi di ogni forma di attività biologica.

Per l'agronomia il suolo è lo strato superficiale della litosfera, permeato da humus e dotato di fertilità (Violante, 2002).

Indipendentemente dalle diverse definizioni, seguendo un approccio olistico, il suolo è un'entità dinamica che grazie all'interazione dei diversi fattori ambientali (clima, substrato, vegetazione, uomo) prende vita e svolge fondamentali funzioni ecologiche (produzione di biomassa, trasformazione materia organica, filtro) (Gobat, 2004).

### 1.2.2 - ORIGINE

---

Il suolo deriva da legami tra composti minerali e composti organici. La roccia madre origina le parti minerali mentre quelle organiche derivano dalla lettiera. La roccia madre è costituita principalmente da silice, ossigeno, idrogeno, ferro e alluminio mentre i composti organici da residui animali e vegetali a diversi stadi di decomposizione. Sotto l'impulso del clima e delle entità biotiche presenti nel suolo, la frazione minerale e quella organica costituiscono i composti colloidali: argille e humus si uniscono a formare il complesso argillo umico. La roccia madre, sotto l'attacco dell'acqua piovana, del clima, delle radici e dei microbi si disgregherà per dare prima pietre, poi sabbia quindi limo ed infine argille.

Il suolo non può pertanto formarsi se l'una o l'altra parte è assente ad esempio nei deserti torridi o gelati. Può succedere che l'evoluzione della roccia madre resti separata da quella della lettiera, in questi casi si assiste alla formazione di torbiere acide che poggiano su rocce calcaree basiche (Gobat, *l.c.*).

Il suolo è quindi una sinergia tra le argille della roccia madre e gli humus provenienti dai detriti organici.

L'unione tra argille e humus è dovuta ai colloidi. Essi possono disperdersi e rimanere in sospensione in un liquido polare. L'acqua rispondendo a questo requisito lega debolmente argille e humus. Per sfuggire alla presa dell'acqua i colloidi devono potersi legare a poli positivi forniti dagli ioni calcio, magnesio, ferro e alluminio. Questi serviranno da ponti d'attacco tra le particelle d'argilla e particelle di humus. Il complesso argillo umico così formato precipita e resiste all'erosione. L'alterazione delle

rocce e della lettiera avviene per motivi fisico – chimici e biologici. Nei primi sono coinvolte le temperature che accelerano esponenzialmente la velocità delle reazioni chimiche quindi in zone equatoriali i processi di disgregazione saranno più rapidi rispetto alle zone polari. Gli eventi meteorici sono un fattore determinante sia per la disgregazione della roccia madre che per la decomposizione dei residui organici e, assieme al tipo di vegetazione presente e l'altitudine, influenzano la velocità della formazione del suolo. L'attività radicale e microbica, inoltre, sono fondamentali alla creazione del suolo; essi attaccano la roccia prelevandone ciò che più interessa la loro nutrizione e lasciando nell'acqua del terreno tutto ciò che non è utilizzato al loro scopo trofico: preleveranno quindi elementi come potassio, fosforo, zolfo, calcio e magnesio lasciando disciolti silice, ferro, alluminio. Allorché questi elementi avranno raggiunto un certo livello di concentrazione la silice, il ferro e l'alluminio si cristallizzeranno in silicati di ferro e alluminio: la formazione di argille.

La migrazione delle sostanze in un suolo sarà verticale, dal fondo alla superficie, se il suolo ospita una vita biologica intensa. Se la migrazione di ioni e delle sostanze sarà laterale o verticale, dalla superficie verso il fondo, vorrà dire che il suolo è stato distrutto dal punto di vista biologico dagli eccessi di lavorazioni come l'aratura e dalla sovrabbondanza dell'uso di pesticidi. Piante e lombrichi portano gli elementi verso la superficie. L'accumulo di sostanze potrà avvenire in superficie del suolo nel caso di grosse particelle come le sabbie o gli humus, o in profondità, nel caso di ossidi di ferro o delle argille nei suoli biologicamente poco attivi. Il risultato della decomposizione, migrazione e accumulo sarà la maturità del suolo con la costituzione degli orizzonti.

### 1.2.3 - LE COMPONENTI ORGANICHE DEL TERRENO

Minerali, sostanza organica, acqua e aria sono i costituenti principali del suolo. La loro composizione percentuale può variare notevolmente ma essi sono comunque intimamente connessi tra loro a formare un tessuto poroso, permeato da acqua e aria che determina un ambiente favorevole alla vita delle piante, dei microrganismi e degli animali. L'acqua, costituendo la soluzione del suolo, contiene soluti organici ed inorganici. L'aria del suolo presenta in genere concentrazioni di anidride carbonica più elevate di quelle contenute nell'atmosfera e tracce di altri gas che derivano dal metabolismo dei microrganismi. I minerali sono invece la parte inorganica del suolo mentre la quota percentuale più bassa è legata alla sostanza organica.

Secondo la definizione riportata nel Glossary of Soil Science Terms edito dalla Soil Science Society of America (Madison Wisconsin) nel 1965 la sostanza organica del terreno include residui di piante, di animali e di microrganismi, ai vari stadi di decomposizione, e sostanze sintetizzate dalla popolazione vivente del terreno. La frazione organica del terreno è quindi costituita dalle biomasse vegetali, animali e microbiche, dalle necromasse integre o in fase più o meno avanzata di demolizione delle strutture cellulari; da tutta una serie di unità molecolari semplici che si liberano dalle biomasse o necromasse anche in seguito a reazioni idrolitiche che interessano i polimeri dalla struttura cellulare e da molecole umiche che si originano dalle unità molecolari semplici per effetto di una serie di reazioni di ossidazione, ciclizzazione, polimerizzazione e policondensazione (Nannimpieri, 1993).

La morte degli organismi, i loro resti e secrezioni provvedono quindi a rifornire il suolo di sostanza organica fresca.

La prima categoria di sostanza organica può essere considerata la lettiera che, composta da tutto il materiale organico di origine biologica ai differenti stadi di decomposizione, forma l'orizzonte superficiale O e rappresenta una potenziale forma di energia per tutti quegli organismi che li utilizzano a scopi trofici.

Sebbene alcune macromolecole siano direttamente ereditate dalla matrice di partenza come lignina, cellulosa, proteine e lipidi, molte altre sono sintetizzate nel suolo seguendo complessi processi chimici e biochimici che costituiscono l'umificazione. Nel primo gruppo predominano cellulosa, lignina, proteine e lipidi. Nel secondo si possono trovare complessi aromatici con diversi gradi di policondensazione che formano macromolecole stabili entrando a far parte dell'umina. Naturalmente la differenza tra i due gruppi di macromolecole non è ben definita, specialmente nell'umina che può essere composta da residui vegetali o di neoformazione. Le proporzioni tra i due gruppi di composti, quelli ereditati tal quali e quelli di neoformazione, sono variabili in funzione dell'orizzonte considerato, dell'ambiente fisico e chimico e anche dal tipo di vegetazione.

## TECNICHE DI ANALISI

Se la lettiera intesa nel senso stretto del termine è facile da definire, non si può dire lo stesso per le altre forme di sostanza organica. La loro determinazione fu, inizialmente,

empirica e basata su separazione fisica o chimica con vari reagenti: acqua, alcol, acidi, basi, ecc. In relazione all'affinità del substrato con il reagente le macromolecole sono state raggruppate in categorie più o meno omogenee. Successivamente tecniche analitiche sempre più precise come la spettrometria UV o IR, la gel cromatografia, l'HPLC (high performance liquid chromatograms) e la risonanza magnetica nucleare (NMR) hanno permesso la caratterizzazione dei diversi gruppi funzionali (Stevenson, 1994). Nonostante i molti metodi disponibili una frazione della sostanza organica, strettamente legata ai minerali, risulta di difficile identificazione (Tate, 1987).

## GLI ORGANISMI DEL SUOLO

“L'aratro è una delle invenzioni più antiche e più preziose dell'uomo, ma molto prima che fosse introdotto il suolo era, in realtà, arato regolarmente dai lombrichi e non smetterà mai di esserlo. È lecito dubitare che esistano molti altri animali il cui ruolo, nella storia del globo, abbia avuto un'importanza pari a quella di queste creature d'organizzazione così inferiore” (Darwin, 1882).

Il suolo, infatti, è un biotopo per numerosi organismi che ospita e lo plasmano. Un suolo in buone condizioni contiene fino a un miliardo di microrganismi per grammo e da una a quattro tonnellate di lombrichi per ettaro.

Quando l'attività antropica semplifica un ecosistema, si ha come inevitabile conseguenza una riduzione qualitativa e quantitativa della fauna edafica (Nannimpieri, *l.c.*).

Il ruolo della pedofauna negli agroecosistemi è caratterizzato da uno scarso interesse dagli addetti al settore, concentrandosi esclusivamente su quegli organismi dannosi alle colture. Questo scarso interesse è dovuto anche al fatto che alcune pratiche agronomiche sostituiscono l'azione svolta degli animali del suolo negli ecosistemi naturali.

Una pratica agronomica che incide notevolmente sulle caratteristiche della pedofauna è l'aratura, la cui azione meccanica provoca un decremento qualitativo e quantitativo del popolamento animale. Il rovesciamento della zolla è causa di morte di alcuni animali mentre altri possono restare intrappolati. Inoltre l'esposizione all'aria causa un rapido disseccamento dello strato più superficiale del terreno non più protetto dalla copertura vegetale che interrata non potrà essere fonte di cibo per gli organismi epiedafici. Alcuni gruppi di animali possono invece venire avvantaggiati da queste pratiche avendo un

tasso riproduttivo più elevato dei rispettivi predatori e causando, di conseguenza, pullulazioni indesiderate.

#### MICROORGANISMI – microflora

Il ruolo della microflora nel ciclo della sostanza organica si può riassumere in: trasformazione dei residui animali e vegetali; ossidazione, riduzione, precipitazione e solubilizzazione di ioni minerali, controllo dei cicli degli elementi in particolare carbonio, ossigeno, azoto, zolfo e ferro; trasformazione del materiale parentale. La microflora si distingue in quattro gruppi: alghe, funghi, attinomiceti e batteri. Le alghe vivono solo sulla superficie terrestre necessitando di luce, la loro attività è limitata ai periodi in cui il suolo è umido. Fonte di materia organica e fissatici di azoto in simbiosi con le alghe azzurre sono presenti con circa 100000 individui per grammo di suolo.

I funghi, presenti in uno o due tonnellate per ettaro, rappresentano circa due terzi della biomassa del suolo. Essi hanno svariate funzioni esercitando funzione meccanica sulla struttura del suolo, serrando le particelle tra le maglie del micelio ed assicurando la stabilità strutturale del suolo. L'azione più rilevante dei funghi è la capacità di decomporre la lignina, fonte principale di humus. Un'altra caratteristica di questi microrganismi è la capacità, in comune con gli attinomiceti, di secernere sostanze antibiotiche che permettono la resistenza agli attacchi dei batteri, più numerosi e prolifici. Gli attinomiceti presenti da 1 a 100 milioni per grammo di terra con un peso di circa una tonnellata per ettaro di terreno partecipano alla formazione degli humus, in particolare nei compost, in cui fanno parte dei germi termofili, che permettono la pastorizzazione dei rifiuti e che preparano, grazie alla secrezione di antibiotici, le nicchie ecologiche per i funghi. Inoltre, mineralizzano la materia organica partecipando alla nutrizione delle piante. Talune specie sono in grado di fissare l'azoto atmosferico in associazione con alcuni arbusti e alberi come l'ontano e l'olivello spinoso. Infine, il più vario e numeroso gruppo di microrganismi sono i batteri, la loro densità in un grammo di suolo può variare da dieci milioni a un miliardo ma a causa delle loro ridotte dimensioni il loro peso per ettaro è inferiore alla tonnellata. I batteri di maggiori dimensioni rimescolano, aerano e amalgamano in modo da creare un ambiente favorevole ad ospitare la vita. I batteri di dimensioni minori lavorando a livello molecolare fanno entrare nel mondo vivente gli elementi inerti contenuti nella frazione

minerale e organica dei suoli. Infine, nell'ampio termine di microrganismi del suolo, rientrano le amebe, presenti con 130 kg per ettaro, si nutrono di materia organica e di batteri. Il loro ruolo appare importante se si analizza le fasi di degradazione di un substrato di cellulosa. Il primo attacco del substrato sarà opera dei batteri cellulolitici, successivamente protozoi come le amebe, nutrendosi di batteri permetteranno ai funghi di intervenire sulle fibre di lignina da essi liberate.

LA PEDOFAUNA: microfauna e mesofauna

Gli invertebrati del suolo appartengono a tutti i gruppi: crostacei (onischi), aracnidi (ragli e acari), insetti, collemboli, proturi, tisanuri, molluschi, vermi e nematodi.

Recenti applicazioni di nuove tecniche di cattura della fauna del suolo mostrano che il quadro sistematico odierno è ancora molto incompleto comunque, grazie alle loro diverse capacità, la pedofauna svolge un ruolo fondamentale in tutti i tipi di terreni: macroartropodi nelle lettiere dei paesi temperati, termiti di suoli tropicali, microartropodi nei terreni torbosi e lombrichi in tutti i climi. Ogni gruppo interviene nel trasferimento di materia ed energia al suolo (Gobat *l.c.*).

Nei campi coltivati il prelievo periodico del raccolto priva il suolo di nutrienti; tale perdita viene controbilanciata dall'aggiunta dei fertilizzanti organici o inorganici. Entrambi i tipi di concime hanno effetti sulle popolazioni animali anche se agiscono in maniera differente. I fertilizzanti organici agiscono direttamente su alcune componenti della pedofauna aumentando la disponibilità di cibo ed favorendo quindi il loro incremento numerico. I fertilizzanti organici possono far aumentare la diversità della fauna essendo, dal punto di vista qualitativo, un nuovo tipo di alimento. Man mano che il concime viene degradato cambia la composizione delle specie (Gittings, 1994).

L'effetto dei fertilizzanti minerali è meno sensibile ma riconoscibile attraverso un aumento quantitativo della fauna del suolo. Questo effetto indiretto è dovuto al fatto che il fertilizzante favorendo la crescita delle piante e delle loro radici porta ad un aumento di sostanza organica e di conseguenza anche dei detritivori, dei microrganismi e dei loro consumatori.

Sia i fertilizzanti organici che minerali possono influenzare negativamente la microflora e la pedofauna agendo come inquinanti se usati a dosi eccessive o in luoghi non idonei. Alte dosi di concime possono alterare caratteristiche chimiche del suolo come pH e

rapporto C/N. I fertilizzanti inorganici se somministrati ad alte dosi possono portare ad un eccessivo contenuto salino causando un decremento nel numero delle specie e nella loro densità di popolamento. Gli effetti negativi sulla pedofauna, dovuti a dosi eccessive di fertilizzanti hanno solitamente una durata limitata (Gittings, *l.c.*).

### 1.3 - IL CONCETTO DI FERTILITÀ

---

Tra le varie definizioni di fertilità proposte in tempi diversi da vari autori quella che meglio corrisponde all'uso corrente del termine è l'attitudine del suolo, o del terreno più in generale, a fornire determinati risultati produttivi relativamente ad una data coltura o categorie di colture, in determinate condizioni climatiche e con l'adozione di tecniche agronomiche ordinarie (AAVV, 1992).

Ogni terreno comunque avrà un'attitudine alla produzione variabile in funzione delle condizioni meteorologiche e alle lavorazioni. Le differenze tra due sistemi agricoli possono essere notevoli modificando anche solo una delle variabili che lo determinano ciò risulta evidente confrontando ad esempio i risultati produttivi di sistemi agricoli analoghi posti in luoghi diversi.

Il concetto di fertilità implica un'attività produttiva che porta inevitabilmente ad un'alterazione del sistema ecologico di partenza. Da sempre l'attività agricola permette di sfruttare e aumentare la produttività degli ecosistemi fornendo input supplementari di tipo energetico, chimico e fisico (lavorazioni, fertilizzazione, irrigazione). Il risultato tra attività umana ed ambiente naturale costituisce il "sistema agricolo". Negli ultimi decenni con lo sviluppo e l'industrializzazione dei processi, la produttività agricola è aumentata notevolmente, permettendo di supplire alle necessità alimentari di una popolazione mondiale in rapido aumento. Proprio per queste caratteristiche intrinseche, l'agricoltura influisce profondamente sugli equilibri e sulla struttura degli ecosistemi. L'impatto ambientale delle attività agricole ha sia un effetto di diminuzione di fertilità dell'agroecosistema stesso, sia sugli ecosistemi esterni (Masoni, 2002).

Le variazioni che un sistema agricolo o naturale può subire, di origine antropica o meno, provocano in genere modifiche che richiedono tempi lunghi per il raggiungimento dell'equilibrio. Se le variazioni avvengono invece in modo rapido come può essere un approfondimento di lavorazione del terreno o il disboscamento il sistema suolo tenderà ad evolversi con trasformazioni per lo più a carattere asintotico.

Si evidenzia quindi un feed-back negativo ovvero le variazioni nel tempo tendono ad attenuarsi col tempo stesso portando ad un nuovo equilibrio.

### 1.3.1 - LA FERTILITÀ DEI TERRENI ITALIANI

Il 30% del territorio italiano è a rischio di desertificazione: per il 5% le cause sono imputabili a fattori legati al clima, a idrologia, topografia e vegetazione particolarmente fragili, per il 25% ad attività antropiche (agricoltura, turismo, industria, urbanizzazione ed attività estrattive) (Iannetta, 2006).

In Italia negli anni 60-70 sono state apportate importanti modifiche delle tecniche e degli ordinamenti colturali. Le superfici a prato e leguminose sono diminuite assieme all'allevamento bovino con un contemporaneo incremento dell'uso di concimi minerali di lavorazioni profonde e frequenti. Notevole è stato il ricorso all'irrigazione prelevando acqua da profondità sempre maggiori con conseguente aumento della salinizzazione dei terreni. I terreni in pendio sono invece stati soggetti al frequente abbandono dalle colture. Negli ultimi anni, anche sotto la spinta della crisi energetica, sono state riviste alcune tecniche colturali ed introdotte di nuove come il la lavorazione a doppio strato. La crescente consapevolezza di tutela dell'ambiente ha portato anche a vincolare l'impiego degli scarti delle aziende zootecniche e degli stessi concimi azotati.

### 1.4 - IL COMPOST

La sostanza organica rappresenta il perno su cui ruota l'intero agroecosistema rappresentando il punto di partenza e di arrivo del ciclo dei processi di organizzazione della materia.

Nei suoli naturali le variazioni di sostanza organica sono molto lente al contrario dei suoli messi a coltura dove si stima una diminuzione del 25-50% in mezzo secolo di coltivazione.

Le biomasse vegetali prodotte negli agroecosistemi vengono spesso asportate ed i terreni possono restare nudi per diverso tempo creando poi la necessità di lavorazioni. Le operazioni di campo, soprattutto a notevoli profondità, causano oltre ad un deterioramento delle proprietà fisiche anche una degradazione della sostanza organica più veloce rispetto ad un terreno mai messo a coltura in funzione delle condizioni

climatiche e della tessitura del terreno. La modificazione delle condizioni della struttura del terreno potrà comportare problemi di drenaggio, di assorbimento degli elementi nutritivi e di suscettibilità a fitopatologie. Infine, la perdita di sostanza organica potrebbe comportare un decremento delle produzioni delle colture. Le attività antropiche degli ultimi decenni volte all'aumento delle rese per mezzo delle concimazioni minerali hanno consentito di far fronte alle richieste alimentari all'uscita del secondo conflitto mondiale. L'uso a lungo termine della concimazione minerale può però aumentare l'entità dei processi naturali di decomposizione della sostanza organica e delle sostanze umiche.

Il processo di compostaggio può essere considerato come un'accelerazione del naturale processo aerobico che prende luogo in natura nella lettiera. La degradazione e la stabilizzazione naturale delle sostanze organiche però avvengono in tempi lunghi ed in modo discontinuo, come ad esempio la lettiera di bosco o la maturazione del letame (Bohn *et al.*, 1985). Il compostaggio accelerato mira ad ottenere un risultato analogo in un tempo più breve ed in modo omogeneo creando le condizioni più favorevoli all'attività microbica.

Il compost risultante possiede una duplice natura: quella di ammendante poiché include i componenti precursori dell'humus e quella di fertilizzante data dal contenuto in bioelementi. Ben noto è comunque che l'apporto di ammendanti compostati può bloccare la perdita di sostanza organica e ripristinare la fertilità del suolo potendo compensare il deficit di humus e migliorando la struttura del terreno anche nel lungo termine.

#### 1.4.1 - IL PROCESSO DI COMPOSTAGGIO

Il processo di compostaggio è un processo di maturazione biologica controllata, in ambiente aerobico, di residui animali e vegetali attraverso il quale si ha produzione di materiali a catena molecolare più semplice, più stabili, igienizzati, ricchi di composti umici. Il processo avviene per opera di diversi ceppi di microrganismi operanti in ambiente aerobico quali batteri, funghi, alghe, protozoi, presenti naturalmente nelle biomasse organiche che traggono l'energia necessaria per le funzioni metaboliche degradando il substrato. Nel contempo vengono liberati acqua, sottoforma di vapore e di percolato, calore, anidride carbonica, ammoniacca, sali minerali e, dopo alcuni mesi di trasformazione, nuovi composti organici stabilizzati.

I materiali compostabili possono essere di diversa origine: scarti vegetali, rifiuti biodegradabili derivanti da attività produttive, frazioni organiche provenienti da utenze domestiche, fanghi di depurazione urbani e agroalimentari, deiezioni zootecniche. La preparazione corretta del materiale da trattare e la sua sdeguata collocazione nel cumulo/reattore permette nella gran parte dei casi l'attivazione del sistema senza la necessità di innesco per mezzo di inoculazione di microrganismi (Mustin, 1987).

## FASI DEL PROCESSO

Durante il processo di biossidazione per mezzo del quale si ottiene la produzione di compost, l'attività di differenti popolazioni microbiche induce trasformazioni progressive che conducono alla piena stabilità biologica dei materiali. Nel compostaggio possono essere distinte quattro fasi in funzione delle temperature che si raggiungono e dalla tipologia di microrganismi coinvolti. La fase iniziale mesofila, una fase termofila, un'ulteriore fase mesofila terminale ed infine la fase di maturazione.

Quando il substrato da compostare raggiunge un volume sufficiente, all'interno del cumulo avviene, a causa dell'intensa attività dei microrganismi aerobi, un processo esotermico durante il quale i materiali facilmente decomponibili e quindi assimilabili (zuccheri semplici, lipidi e polipeptidi a catena corta) vengono attaccati da batteri prima mesofili e successivamente dalle popolazioni di termofili che degradano anche macropolimeri metabolizzabili (polisaccaridi, proteine e lipidi) e acidi nucleici.

La crescita di temperatura è assicurata quindi dai batteri termofili, in particolare gli actinomiceti che producono antibiotici. Questi bloccano lo sviluppo dei batteri mineralizzatori che si moltiplicano con una rapidità di 20 volte superiore a quella dei funghi umificatori i quali sono resistenti agli antibiotici in quanto li producono.

Durante la respirazione e la fermentazione della sostanza organica si liberano nel suolo elementi minerali come N, P, Ca, K e Mg insieme a molecole organiche non completamente degradate utilizzate per la sintesi di nuove molecole e sostanze degradate da altri microrganismi tellurici.

Una parte del carbonio e dell'azoto derivante dalla decomposizione viene utilizzato dalla microflora eterotrofa a fini biosintetici, incorporandoli in molecole organiche rispettando un definito rapporto tra i due elementi. I miceti del suolo contengono circa il 45% di carbonio e dal 3 al 10% di azoto con un C/N, quindi, variabile da 15:1 a 4,5:1.

I batteri hanno un C/N minore (da 3:1 a 5:1), in quanto, oltre all'azoto citoplasmatico è presente anche azoto nei componenti della parete cellulare come i peptoglicani.

In condizioni anaerobiche l'energia che un microrganismo ricava dalla decomposizione della sostanza organica è molto bassa. Il calore prodotto durante l'attività metabolica anaerobica è modesta rispetto a quella generata dal processo aerobico raggiungendo temperature che raramente superano i 30-40°. L'incremento di temperatura è continuo finché è disponibile il materiale facilmente metabolizzabile. Le sostanze rimanenti sono gradualmente consumate con sempre più difficoltà e quindi lentamente degradate. A ciò consegue un progressivo abbassamento di temperatura. Quando il cumulo raggiunge la temperatura ambiente, è terminata la fase di maturazione.

#### 1.4.2 - EVOLUZIONE DELLA NORMATIVA RIGUARDANTE IL COMPOST

La produzione di compost è regolata da leggi a livello europeo e nazionale. L'esame dell'evoluzione del quadro normativo di riferimento necessita di un'analisi della normativa che riguarda la gestione dei rifiuti. Fin dagli anni 70 la gestione dei rifiuti è stata una delle problematiche di maggior rilievo per le politiche ambientali della Comunità Europea. Il quadro normativo a livello europeo comprende la Direttiva Quadro sui rifiuti (75/442/CEE), la Direttiva sui rifiuti pericolosi (91/689/CEE) ed il Regolamento sul trasporto dei rifiuti (Reg. 259/93). Queste normative avevano il compito di regolare la gestione dei rifiuti per evitare danni all'ambiente ed alle persone. Successive integrazioni furono introdotte con normative riguardanti il trattamento dei rifiuti con la Direttiva sulle discariche (99/31/CE), la normativa sull'incenerimento (2000/76/CE) e le operazioni di smaltimento con la Direttiva fanghi (86/278/CEE) e la direttiva sugli imballaggi (94/62/CE). La politica dei rifiuti dell'Unione Europea è basata sul concetto di "gerarchia dei rifiuti" secondo la quale esistono delle opzioni preferenziali fra le diverse modalità di gestione dei rifiuti iniziando dalla prevenzione e terminando con lo smaltimento in discarica. Fra le opzioni intermedie figurano il riciclaggio con la produzione di compost ed il recupero dell'energia.

L'Italia, nel 1997, ha pubblicato il Decreto Legislativo n.22 del 5 febbraio "Attuazione delle direttive 91/156/CEE, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e sui rifiuti da imballaggio". L'originalità del Decreto Legislativo 22/97 (Decreto Ronchi) era quello di riconoscere il ruolo del riciclaggio come tecnologia

appropriata per la gestione dei rifiuti, oltre ad unificare sotto il medesimo quadro le legislazioni precedenti. Inoltre, fissava obiettivi specifici da raggiungere negli anni successivi in termini di recupero della frazione organica dei rifiuti solidi urbani. Infine il Decreto 22/97 ha attribuito alla legge 748/84 sui fertilizzanti tutte le competenze riguardanti la definizione delle caratteristiche di qualità dei compost utilizzabili in agricoltura senza alcuna restrizione di tipo quantitativo se non del rispetto delle buone pratiche agricole.

La legge “Nuove norme per la disciplina dei fertilizzanti” del 19 ottobre 1984 n. 748 e successive modifiche ed integrazioni, individuava, prima della sua recente abrogazione, quattro tipologie di ammendanti: ammendante vegetale semplice non compostato, ammendante compostato verde, ammendante compostato misto ed ammendante torboso composto.

L'utilizzo del compost in agricoltura sta lentamente crescendo, dopo un inizio difficile che aveva generato una comprensibile diffidenza. Per la mancanza di una normativa appropriata, erano stati prodotti e commercializzati compost scadenti, che avevano provocato danni evidenti alla diffusione di quelli di qualità certificata.

La presenza di metalli pesanti facilmente accumulabili nel terreno e tossici per le colture rappresentava il pericolo maggiore. Una modifica alla legge 748/84 (Decreto 27 marzo 2000) ha fissato per tutte le tipologie di compost dei limiti massimi di concentrazione di metalli pesanti. La normativa prevede inoltre per gli ammendanti compostati misti una limitazione nell'uso dei fanghi.

Ciononostante specialmente negli ultimi anni si è sempre più consolidata l'idea di dover procedere alla revisione di alcune caratteristiche chimiche e fisiche ma anche di natura microbiologica e sanitaria trattati in maniera superficiale al momento della pubblicazione dei decreti ministeriali; in particolare le principali perplessità riguardano il carbonio organico, gli inerti, i parametri biologici e microbiologici (Rossi *et. al*, 2005; Franz, 2005).

La pubblicazione sul Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale n.141 del 20 giugno 2006, del decreto legislativo 29 aprile 2006 n. 217, “Revisione della disciplina in materia di fertilizzanti”, in recepimento del Reg. 2003/2003 relativo ai concimi, norma le caratteristiche del compost e detta regole sulla disciplina dei fertilizzanti e prevede sanzioni amministrative per la commercializzazione non conforme alle

disposizioni dettate. Tuttavia tale decreto non regola lo spandimento su terreno, a scopo di deposito finalizzato alla produzione di compost, la concimazione o correzione dei residui o reflui, i quali restano soggetti alla disciplina sui rifiuti o alla normativa sulle acque, ovvero disposizioni che regolano lo spandimento di fanghi in agricoltura.

Attualmente il quadro normativo Comunitario mette in stretta relazione i temi di recupero della sostanza organica e di gestione dei rifiuti organici con la tutela del suolo, dei terreni e con le più ampie tematiche affrontate dal Protocollo di Kyoto sulla protezione del pianeta dai cambiamenti climatici (Working Document on Sludge 3th Draft, 2000; Working Document on Biological Treatment of Biowaste 2th, 2001, Protocollo di Kyoto).

Andando ad affrontare i collegamenti tra compost e problematiche di tutela dei terreni, si deve tenere in prima considerazione la Direttiva Nitrati (Dir. 91/676/CEE) che ha dettato i principi fondamentali sulle pratiche di fertilizzazione dei terreni agricoli nell'ottica della salvaguardia delle acque sotterranee e superficiali dall'inquinamento causato da nitrati.

La normativa nazionale fa riferimento a due principali argomenti d'intervento: la gestione dei rifiuti e la commercializzazione e l'utilizzo dei fertilizzanti.

Il Testo Unico in materia ambientale n.152 del 3 aprile 2006, che abroga il D.lgs 22/97, interessa per diversi aspetti il settore degli ammendanti e del compost in particolare coordina la legislazione ambientale per quanto concerne le procedure per le autorizzazioni ambientali integrate (IPPC), la difesa del suolo e la lotta alla desertificazione, la tutela delle acque e la gestione delle risorse idriche e la gestione dei rifiuti,. Recentemente il Testo Unico è stato modificato dal d.lgs n.4 del 16 gennaio 2008 riportante ulteriori disposizioni correttive ed integrative in particolare viene riportata la definizione di "compost di qualità" come "prodotto ottenuto dal compostaggio di rifiuti organici raccolti separatamente, che rispetti i requisiti e le caratteristiche stabilite dell'allegato 2 del D.Lgs. n. 217 del 2006 e successive modifiche ed integrazioni".

## 1.5 - IL COMPOST IN VITICOLTURA

---

### 1.5.1- CENNI STORICI

---

Il vino è stato coltivato per millenni nei paesi del Mediterraneo, da dove si è diffuso con l'Impero Romano. Per la maggior parte di questo tempo la vite è stata fertilizzata con l'utilizzo dei rifiuti organici prodotti, sia dai residui di vinificazione che da altri residui colturali, e concimi di origine animale. Queste tradizionali tecniche di produzione sono state applicate anche nel Nuovo Mondo laddove la produzione di vino è stata istituita successivamente (le Americhe, Australia, Nuova Zelanda), con un adeguamento alle condizioni locali. Un'alternativa al tradizionale ammendamento come gestione del suolo e dell'apporto di elementi nutritivi dei vigneti divenne disponibile durante il 1950 e il 1960 con l'introduzione sul mercato di fertilizzanti in forma chimica. Ciò ha portato a un graduale passaggio di molti viticoltori all'utilizzo di sostanze chimiche fertilizzanti. Inoltre c'è stato uno sviluppo parallelo che ha visto la progressiva riduzione di animali nelle aziende agrarie e viticole in particolare, in parte dovute all'uso di macchine agricole e in parte dovuto al fatto che sostanze nutritive contenute nei concimi di sintesi sono più rapidamente disponibili per le piante.

Le prime ricerche sull'uso del compost e sulla capacità soppressiva a carico degli agenti patogeni delle piante sono state effettuate in Germania nel 1960 (Biala, 2000) dove gli autori giunsero alla conclusione che l'uso di compost e dei concimi organici era antieconomico di fronte al prezzo dei fertilizzanti chimici.

Tuttavia tra il 1960 e il 1970, alcune autorità locali introdussero il compostaggio dei rifiuti solidi urbani (RSU) e, dove possibile, i vigneti furono i primi obiettivi per la commercializzazione di compost di bassa qualità. Era diventato evidente, in particolare in alcuni dei vigneti in zone in ripido pendio, che l'abbandono dell'aggiunta di materia organica al suolo, aveva portato ad una maggiore erosione e degrado. Anche l'utilizzo in vigneti di rifiuti solidi urbani e fanghi di depurazione compostati è stato fonte di ricerca e monitoraggio.

Tuttavia, a causa della scarsa qualità dei compost derivante da RSU (vetro, plastica, metalli pesanti), sono sorti nel tempo problemi di commercializzazione.

Il compostaggio dei rifiuti solidi urbani è stato sostituito quindi da un sistema in cui i rifiuti organici sono separati alla fonte e raccolti separatamente prima di essere

compostati. Fino ad oggi questo è il modo migliore per garantire la produzione di compost con la minor contaminazione e impurità (Ravara, 2006).

L'uso del compost in viticoltura può, come in altri ambiti, avere una vasta gamma di effetti positivi. Tuttavia, vi è la possibilità di effetti potenzialmente pregiudizievoli.

### 1.5.2 - EFFETTI POSITIVI DELL'USO DEL COMPOST

L'uso del compost ha effetti diretti ed indiretti sulla vite. Mentre quelli diretti come gli apporti di nutrienti o gli effetti sulla produzione e sulla qualità sono facilmente quantificabili, quelli indiretti che hanno un effetto sulla fertilità del suolo sono di difficile valutazione. In genere un suolo fertile è associato ad un elevato contenuto in sostanza organica.

Apporto di humus: per i vigneti dell'Europa centrale è stata stimata una perdita in humus approssimativamente di 4 t/ha all'anno in terreni pesanti, 6 t/ha in suoli leggeri e 8 t/ha in suoli ricchi di scheletro ed in pendenza (Biala, *l.c.*).

L'impiego di compost comporta una ricostituzione e una riserva di humus nel suolo, che è risultata particolarmente carente in particolare nei terreni coltivati; l'uso di compost a lungo termine ha dimostrato di aumentare i livelli di materia organica, scarsamente presente nei terreni. Un compost maturo contiene elevati livelli di composti organici stabili che aiutano la formazione di composti umici e di humus stabile, mentre il compost non completamente maturo risulta avere un effetto stimolante sull'attività microbica del suolo. Tra il 1970 e il 1974 è stata condotta una prova di applicazione di compost derivante dalla frazione organica proveniente dai residui solidi urbani su un vigneto Riesling. Prima dell'applicazione del compost (35 t/ha all'anno e 200 ogni tre anni) le viti ricevettero una fertilizzazione minerale (200 kg/ha N, 80 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 250 kg/ha K<sub>2</sub>O). Dopo cinque anni il contenuto in humus dei terreni ammendati ha subito un incremento di livello tra il 3,5% e il 6% mentre il suolo senza compost ha mostrato un incremento di solo 1,5% (Biala, *l.c.*).

Apporto di sostanze nutritive per le piante: il compost contiene tutti i macro e micronutrienti essenziali per la crescita delle piante. Tuttavia, non tutti i nutrienti sono prontamente disponibili in forme minerali per l'assorbimento delle piante. Notevoli

quantità di azoto e di fosforo sono organicamente legate e vengono rilasciate solo dopo che la materia organica ha subito la mineralizzazione microbica.

L'ammontare dei nutrienti contenuti nel compost risulta in un effetto evidente sulla crescita delle piante. La vite ha esigenze nutritive relativamente basse e variano a seconda delle varietà e delle produzioni. Secondo Loehnertz (Loehnertz, 1988) il fabbisogno di azoto dovrebbe essere compreso tra 35 e 80 kg/ha, il fosforo 10 - 25 kg/ha, il potassio tra 70 e 100 kg/ha ed il magnesio dovrebbe essere compreso tra 8 e 15 kg/ha per una produzione di circa 12 t/ha. Per la stessa quantità di uva prodotta Kadisch (Kadisch, 1985) suggeriva un fabbisogno di azoto di 100 kg/ha, di fosforo 30 kg/ha, di potassio 120 kg/ha ed infine di 30 kg/ha di magnesio.

Altre ricerche dimostrano che l'applicazione di compost di circa 10 t s.s./ha (20 m<sup>3</sup>/ha), paragonabile a un'applicazione ogni due o tre anni è sufficiente ad incontrare la domanda, fatta eccezione per l'azoto. Può essere comunque assunto che l'apparente carenza di azoto è sopperita dall'azoto fornito dalle precipitazioni (30 – 50 kg/ha all'anno) ed attraverso la mineralizzazione delle riserve di humus del suolo.

Gran parte del fosforo, potassio magnesio e calcio presente nel compost misto e verde è prontamente disponibile o diventa disponibile nel tempo per la pianta. Circa il 20% del fosforo nel compost si comporta come P presente nei fertilizzanti minerali essendo prontamente disponibile alla pianta mentre il rimanente è più fortemente legato diventando disponibile più avanti (Peretzki, 1994).

La situazione è più complessa quando l'azoto prontamente disponibile inizialmente è basso e il resto è reso disponibile solo dopo alcuni anni. É generalmente assunto che approssimativamente il 5% del totale dell'azoto nel compost è presente in forma minerale e direttamente assorbibile dalla pianta e che il 10% o meno del totale mineralizzato annualmente nei successivi cinque anni (Peretzki, *l.c.*).

Il tasso di mineralizzazione dei composti organici e dell'azoto prodotto dipende tanto dal livello di azoto presente e dalla maturità del compost (dal grado di stabilizzazione) quanto dalle condizioni ambientali presenti nel vigneto.

Miglioramento delle proprietà fisiche, chimiche e biologiche del suolo. Il compost può migliorare lo stato fisico, chimico e biologico del suolo, fattori importanti per determinare lo stato di fertilità. Il miglioramento delle proprietà del suolo comporta spesso benefici indiretti come la riduzione dell'erosione, la facilità di coltivazione,

l'aumento di efficienza del concime, l' incremento della capacità di scambio e una ridotta incidenza delle malattie.

Diverse prove effettuate con diversi tipi di compost hanno mostrato il positivo effetto dell'ammendante sul volume dei pori del terreno, sulla capacità di ritenzione idrica, sulla stabilità degli aggregati. Diversi autori hanno studiato i risultati dell'apporto di compost sugli spazi dei pori e sulla capacità di ritenzione idrica in tre diversi suoli vitati e dimostrano che il rapporto dei pori di aerazione si accresce (Gobat, *l.c.*).

Incremento dell'attività biologica: i parametri biologici giocano un ruolo importante nel concetto di fertilità. È generalmente accettato che l'ammendamento del suolo con sostanza organica, per esempio compost, migliora le condizioni ambientali del suolo e stimola l'attività biologica (Gobat, *l.c.*).

Resa ed effetti sulla qualità del prodotto: attraverso l'uso del compost è possibile mantenere la fertilità e incrementare le proprietà fisiche del suolo, fattori importanti per un'adeguata crescita delle piante. La somma dei diversi aspetti positivi associati all'uso del compost risulta in un mantenimento della quantità e qualità del raccolto e a volte in un incremento della resa. L'effetto del compost ha mostrato effetti variabili sulla resa di uva, a seconda del tipo di compost usato e del terreno presente nel vigneto. Le ricerche riguardo l'effetto del compost sulla qualità dell'uva e del mosto hanno evidenziato un miglioramento soprattutto a lungo termine. Alcune ricerche hanno dimostrato che i benefici del compost rispetto a diversi tipi di pacciamatura si mantengono anche nel lungo periodo (Pinamonti, *l.c.*).

### 1.5.3 - EFFETTI POTENZIALMENTE NEGATIVI

Gli effetti potenzialmente negativi del compost sono legati sia a contaminazioni di tipo fisico che chimico. Entrambi sono legati alla qualità del materiale che viene sottoposto al processo di compostaggio.

Le contaminazioni fisiche riguardano le impurità che possono essere presenti. Queste possono essere estratte manualmente o meccanicamente fino ad un determinato livello dimensionale ma se il materiale da compostare è di bassa qualità, impurità come plastica e vetro resteranno tal quali.

Le contaminazioni chimiche riguardano soprattutto l'eccesso di sostanze nutritive; in particolare, azoto e fosforo sono potenzialmente in grado di provocare effetti

ambientali dannosi se il compost è usato impropriamente. In genere, il compost ha un buon contenuto di elementi nutritivi ma solo una quantità limitata del totale delle sostanze nutritive contenute è immediatamente disponibile. Tuttavia una delle conseguenze dovute all'utilizzo di grandi quantità di compost o all'applicazioni a suoli con un elevato livello di materia organica è la lisciviazione dei nitrati. Questo è un potenziale problema in particolare in viticoltura in quanto la vite è relativamente poco esigente e un eccesso di nutrienti potrebbe danneggiare la qualità delle uve.

La presenza di metalli pesanti è un ulteriore fonte di contaminazione che è possibile rilevare negli ammendanti compostati. La vite assorbe molto poco i metalli pesanti e molto poco è depositato nelle uve. Qualunque residuo potenziale è eliminato durante il processo di produzione di vini, ciò comporta che i metalli pesanti non siano un problema per i consumatori (Biala, *l.c.*).

Tuttavia, elevati livelli di metalli pesanti possono avere effetti negativi sulla crescita delle piante e sulla vita microbica. I metalli pesanti in vigneto sono pertanto fonte di preoccupazione per quanto concerne la protezione a lungo termine e gestione del suolo.

## 1.6 - LA VITE E IL TERROIR

---

Il “terroir” è il più importante concetto in viticoltura poiché mette in relazione gli attributi sensoriali del vino alle condizioni ambientali nelle quali le viti crescono. Comunque non è semplice studiare il “terroir” su basi scientifiche poiché i fattori coinvolti sono molteplici e includono clima, suolo, cultivar, interventi antropici e l'interazione di questi fattori.

Il terroir definisce infatti quell'insieme di fattori che vanno dall'ambiente alle tecniche di coltivazione. La conoscenza dei terroir, fattori durevoli della qualità, e della loro interazione con l'annata e le varietà, è per i produttori una condizione indispensabile per gestire gli aspetti commerciali e giuridici legati al mercato vinicolo, permettendo l'elaborazione di strategie di gestione geografica delle potenzialità di produzione (Vaudour, 2005).

Il concetto di suolo in questo lavoro verrà considerato nel suo insieme e in tutti i suoi aspetti cercando di superare la settorialità con cui in genere è considerato. L'approccio multidisciplinare all'argomento è necessario poiché il suolo entra a far parte dell'ampio ciclo della sostanza organica, che coinvolge tutte le discipline suddette.

## 1.7 - I COLLI EUGANEI

---

I Colli Euganei occupano la parte sud occidentale della provincia di Padova. Si estendono per una superficie di circa 100 kmq, l'elevazione del complesso risulta relativamente modesta con altitudine dei colli principali oscillante tra 400 ed i 500 metri. Il colle più alto è il monte Venda che supera di poco i 600 m. I Colli Euganei sono compresi tra i grandi fiumi padani Brenta a nord est e Adige a sud e sud-ovest. Emergono isolati dalla pianura costituita da alluvioni quaternarie che li separano dai vicini Colli Berici ai quali sono geologicamente legati. I colli Euganei costituiscono l'estremità meridionale di una dorsale rocciosa profonda che dalle piccole Dolomiti-Lessini, attraverso i Berici e gli Euganei stessi, si protende nella Pianura Padana.

I Colli Euganei si sono formati conseguentemente a due differenti cicli vulcanici. Nel corso dell'Eocene superiore (43 milioni di anni fa) colate sottomarine di lave basaltiche fluide si sono riversate sul fondo del mare mescolandosi coi sedimenti marnosi che si stavano depositando in quel periodo. Tali colate sono state accompagnate dall'emissione di grande quantità di prodotti piroclastici costituiti da ceneri, lapilli, frammenti solidi grossolani a volte vetrosi, di composizione basaltica.

Dopo alcuni milioni di anni, tra i 35 ed i 30 milioni di anni, l'attività eruttiva è ripresa nell'Oligocene inferiore con l'apertura di nuove fratture e con l'emissione di magmi vulcanici viscosi di composizione diversa dai precedenti. A questa seconda fase è attribuibile la formazione dei corpi eruttivi riolitici, trachitici e latitici. Questa fase si è conclusa con la formazione di filoni basaltici, subordinati rispetto alle corrispondenti lave basaltiche del primo ciclo.

Le eruzioni euganee per la loro particolare natura hanno coinvolto rocce sedimentare marine che costituivano il fondo dell'antico mare euganeo nell'Oligocene inferiore; è possibile quindi osservare rocce sedimentarie molto antiche sollevate da quei particolari fenomeni vulcanici che hanno interessato la zona dei colli.

La morfologia dei Colli Euganei è molto spezzata: il gruppo centrale è accostato da rilievi isolati nella pianura parzialmente coperti dalle alluvioni quaternarie. Dal rilievo centrale si staccano dorsali rocciose che si estendono nella pianura circostante. I motivi morfologici osservabili nei Colli Euganei sono essenzialmente tre: la pianura alluvionale che circonda il complesso, una fascia altimetrica meno elevata, costituita

prevalentemente da formazioni sedimentarie marine, dove lo stile morfologico è dolce e morbido ed una fascia altimetrica più elevata, costituita prevalentemente da formazioni vulcaniche, dove prevalgono le formazioni coniche e piramidali dai ripidi pendii.

L'aspetto attuale è dovuto sia all'origine eruttiva dei rilievi ed alla grande varietà dei fenomeni geologici e di tipi di rocce presenti, sia all'azione modellatrice di agenti esogeni che hanno esplicato da milioni di anni e continuano ad esplicare tuttora. L'azione morfologica della gravità si esplica attraverso frane di crollo in blocco che interessano soprattutto le rocce rigide e compatte lungo i margini e le scarpate ripide che circondano le cave. Frane di smottamento lente interessano invece i depositi di detrito, le coltri di alterazione e le rocce più plastiche come marne e tufi.

Gli agenti esogeni (sole, acqua, gelo e vento) operano con meccanismi fisici, chimici e biologici che agiscono a seconda dell'umidità, della presenza di acqua libera e delle sostanze in essa disciolte, della presenza di organismi. Essi causano erosione ed alterazione delle rocce, trasporto ed accumulo di frammenti che attaccando le rocce meno compatte e più tenere come le rocce sedimentarie e piroclastiche, portano all'esposizione le rocce più dure e resistenti come le rocce eruttive.

Lo stato della risorsa suolo viene descritto dal Piano Ambientale del Parco Regionale dei Colli Euganei del 1998 individuando 18 categorie di uso del suolo sui 18.695 ettari che costituiscono il Parco. Su tutte prevalgono i seminativi, che rappresentano il 37.2% dell'intera superficie. Anche i vigneti ricoprono una superficie considerevole (3561 ha, 17.7%). Tra gli usi forestali predominano, i robinieti.

Il paesaggio agrario dei colli è caratterizzato da quattro tipologie: la pianura circumcollinare con i seminativi cerealicoli, bieticoli e i vigneti, il rilievo, dove sui terrazzi vengono coltivate le viti, gli ulivi e altri alberi da frutto, i pianori con la vite e l'ulivo, i coni sommitali dove sono presenti i boschi e i castagneti da frutto

La tendenza attuale vede l'abbandono dell'azienda ad ordinamento misto con la presenza anche di animali da stalla, per concentrarsi nell'attività vitivinicola anche su superfici di ridotte dimensioni.

All'agricoltura dell'area dei Colli Euganei viene riconosciuta un'importante funzione di conservazione delle caratteristiche del paesaggio euganeo, di difesa del suolo e degli equilibri ecologici.





## **2 – SCOPO DEL LAVORO**

---



I terreni utilizzati per la coltura della vite sono tra i più sensibili ai fenomeni di precipitazioni molto intense. Nel nord ovest Italia, ad esempio, sono stati riscontrati valori di perdita di suolo, su vigneto, dovuta ad erosione pari a 47-70 t ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup> (Tropeano, 1983). Questi processi di erosione vengono accelerati dai cambiamenti d'uso del suolo; così come dall'introduzione di modelli colturali adatti alla meccanizzazione delle operazioni agricole, cambiamenti che se non eseguiti seguendo un criterio di sostenibilità, provocano l'aumento del rischio di erosione e una perdita di fertilità dei suoli. Nella presente prova si è voluto osservare come l'impiego di ammendanti compostati possa aumentare la componente organica, non solo dal punto di vista quantitativo ma soprattutto qualitativo, con l'incremento delle frazioni biologicamente più attive e di riflesso indurre ricadute sul comportamento vegeto produttivo delle viti.



### **3 – MATERIALI E METODI**

---



### 3.1 - I VIGNETI OGGETTO DI STUDIO

---

Nel 2007 sono stati individuati due vigneti di “Merlot” ubicati uno a Valnogaredo (V) e l'altro a Zovon di Vò (Z) nei Colli Euganei in provincia di Padova. Le coordinate geografiche dei vigneti sono per Valnogaredo N 45.29832° E 11.65016° e per Zovon N 45.33372° E 11.66775°. La messa a dimora del primo vigneto è stata nel 2003 mentre il secondo nel 2002. Le viti del vigneto di Valnogaredo sono innestate su Berl. x Rip. 161-49 e allevate a Cordone speronato con sesti di impianto 1,7 x 0,7 m mentre quello di Zovon su Berl. x Rip. 157-11 con forma d'allevamento a Guyot e sesto di impianto di 2,2 x 0,8 m. Nel vigneto di Valnogaredo era prevista l'irrigazione a goccia.

Il vigneto di Valnogaredo è esposto a Est-Sud-Est mentre il vigneto di Zovon è esposto a Nord-Ovest. I trattamenti fitosanitari effettuati sono stati quelli previsti dal piano aziendale. Non erano previsti piani di concimazione. A Valnogaredo non sono state effettuate lavorazioni né sulla fila né nell'interfila mentre a Zovon il terreno è stato mantenuto nudo per mezzo di fresatura dell'interfila.

#### PIANO SPERIMENTALE

In ciascun vigneto sono state individuate 8 parcelle costituite da 10 piante ciascuna. Nel febbraio 2007, dopo i prelievi dei terreni per la caratterizzazione, su 4 parcelle (C) è stato distribuito, soltanto sulla fila, un ammendante compostato misto derivato dalla trasformazione aerobica di letame bovino e paglia in ragione di 5 t/ha (105 kg/ha) mentre le altre 4 parcelle (NC) sono state tenute come testimoni.

Durante i tre anni di ricerca sono state raccolti campioni per analisi del suolo e per valutare l'attività vegetativa e produttiva delle piante come lembi fogliari all'allegagione e all'invaiaitura, è stata monitorata la maturazione dell'uva, sono stati eseguiti rilievi alla vendemmia e raccolti i sarmenti della potatura.

### 3.2 - ANALISI SUL COMPOST

---

Le analisi chimiche sul compost sono state effettuate secondo le metodologie consigliate dal manuale ANPA (2001). Sono stati inoltre calcolati i parametri di umificazione secondo le seguenti formule (Violante, 2000):

Tasso di umificazione  $HR\% = (HA+FA) / TOC \times 100$ ;

Grado di umificazione  $HD\% = (HA+FA) / TEC \times 100$ ;

Indice di umificazione  $HI = NH / HA+FA$  dove  $NH=TEC-(HA+FA)$

### 3.3 – ANALISI DEL TERRENO E CARATTERIZZAZIONE DEI SUOLI

Prima della distribuzione del compost, nel febbraio 2007, in ogni vigneto, per ognuna delle quattro parcelle considerate sono stati effettuati otto punti di prelievo. In ognuno di essi, dopo l'eliminazione dello strato erboso, se presente, sono state raccolte due porzioni di suolo fino a 50 cm (circa 3 kg).

Per le analisi del terreno è stata seguita la metodologia indicata nel D.M. 185/99 e modifiche del D. 25/03/2002 e qui di seguito brevemente descritta.

#### 3.3.1 - ANALISI DEI PARAMETRI A SCARSA VARIABILITÀ

##### SCHELETRO

I campioni dopo essiccazione all'aria sono stati setacciati a 2 mm dopo frantumazione degli aggregati in un mortaio. Il materiale rimasto sul setaccio è stato lavato con acqua per eliminare le particelle di terra fine eventualmente aderenti, essiccato e pesato per ricavare la quantità di scheletro per mezzo della relazione:  $C = (\text{massa dello scheletro}/\text{massa del campione}) \times 1000$ .

L'umidità residua è stata calcolata come differenza tra la massa del campione di terra fine e la massa dello stesso campione dopo essiccamento a 105° C fino a massa costante. Sono stati pesati 20 g di terra fine in un crogiolino preventivamente tenuto in stufa a 105° C e tarato dopo il raffreddamento e successivamente tenuto in essiccatore con il campione per 16 ore. L'umidità, espressa in g/kg è stata calcolata  $(\text{massa del campione prima dell'essiccazione} - \text{massa del campione dopo dell'essiccazione}) / (\text{massa del campione prima dell'essiccazione}) \times 1000$ .

I risultati analitici sono stati riferiti al peso del campione secco in stufa a 105°C e si è quindi proceduto alla determinazione dell'umidità residua prima di ogni determinazione analitica. Determinata l'umidità è stato possibile calcolare il fattore di correzione.

##### GRANULOMETRIA

La metodologia di analisi si basa sulla differente velocità di sedimentazione delle particelle in un fluido (*legge di Stokes*). Con l'impiego dell'idrometro di Bouyoucos è

stata misurata la massa volumica della sospensione di suolo e acqua dopo un tempo di sedimentazione prestabilito, è possibile risalire alla distribuzione di particelle elementari di dimensioni diverse. Il procedimento prevede una prima fase di dispersione fisica del campione di terreno e successivamente si è proceduto alla determinazione delle diverse frazioni mediante l'immersione dell'idrometro. La determinazione è stata effettuata su un campione di 50 g di suolo miscelato con una soluzione di sodio esametafosfato. La soluzione con il terreno è stata posta nel disaggregatore per cinque minuti. La sospensione è stata raccolta, versata in un cilindro e portata a 1130 mL con acqua distillata. Dopo l'agitazione si sono attesi i primi quattro minuti ed è stata rilevato il primo valore. Trascorse due ore è stata effettuata la seconda lettura. È stata inoltre effettuata una prova in bianco in cui sono stati miscelati 100 mL di sodio esametafosfato e acqua distillata. La percentuale di limo è stata ottenuta sottraendo al valore letto sul densimetro dopo quattro minuti il valore letto alle due ore. Su questo valore è stata eseguita la correzione per la temperatura. La percentuale di argilla è stata ottenuta sottraendo al valore letto sul densimetro dopo due ore il valore letto sul bianco. La percentuale di sabbia è stata calcolata sottraendo a cento i risultati ottenuti dai calcoli precedenti. Applicando poi il sistema di classificazione della U.S.D.A. (1994) sono stati classificati i terreni da un punto di vista tessiturale.

#### DETERMINAZIONE DEL GRADO DI REAZIONE

Il pH è stato determinato per via potenziometrica, dopo taratura del sistema di misura su sospensione di acqua e suolo. A 20 grammi di suolo setacciato a 2 mm seccato all'aria sono stati aggiunti 50 mL di acqua deionizzata (rapporto 1:2,5), dopo un'ora di riposo mescolando vigorosamente la soluzione ogni 15 minuti, è stato letto il valore di pH immergendo l'elettrodo del pH-metro nella soluzione. Il grado di reazione è stato espresso come unità di pH.

#### DETERMINAZIONE DELLA CONDUTTIVITÀ ELETTRICA

Il metodo consiste nella determinazione diretta della conduttività elettrica in estratto acquoso dei suoli a rapporto 5:1. Utilizzando una beuta sono stati trasferiti 30 g di terra fine e sono stati aggiunti 150 mL di acqua deionizzata. Dopo agitazione meccanica di due ore le soluzioni sono state lasciate a riposo per altre due ore. Successivamente i campioni sono stati filtrati su carta Whatman 42. Utilizzando un conduttimetro che

fornisce direttamente i valori di conduttività riportati a 25° C, è stato rilevato il valore espresso in dS/m.

#### DETERMINAZIONE DEL CALCARE TOTALE

La conoscenza del contenuto in carbonati totali ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{NaCO}_3$ ) impropriamente definito “calcare totale” viene determinato per via gas – volumetrica della  $\text{CO}_2$  che si svolge trattando un campione di terra fine con acido cloridrico. Per la determinazione del calcare totale viene è stato utilizzato il calcimetro di Dietrich-Fruhling. È stato collocato 1 grammo di terra fine nel calcimetro con 10 mL di HCl (1:1 v/v). Il dato registrato è stato poi corretto in base ai valori di temperatura ambiente e pressione atmosferica (che influenzano il volume di  $\text{CO}_2$  formatasi), diviso per il peso del campione utilizzato ed espresso come g/kg di  $\text{CaCO}_3$  alle condizioni standard di 0 °C e 101,325 KPa.

#### CALCARE ATTIVO

Per la valutazione del calcare attivo, 5 g di terreno sono stati aggiunti a 100 mL di ossalato ammonico 0.2 N (= 0,1 M), agitati per 2 ore e filtrati su carta. Per la quantificazione dell'ossalato ammonico in eccesso, 20 mL dell'estratto ottenuto sono stati aggiunti a 10 mL di  $\text{H}_2\text{SO}_4$  96% 1:4 v/v e 70 mL di acqua distillata e titolati a caldo (70 – 80 °C) con una soluzione di permanganato di potassio 0,2 N (0,04 M). Parallelamente e' stata preparata una prova in bianco utilizzando 20 mL di acqua distillata in sostituzione dell'estratto con ossalato ammonico.

La quantità di calcare attivo è espressa come  $\text{CaCO}_3$  (g/kg) ed è stata calcolata utilizzando la formula sotto riportata:

$$\text{calcare attivo (g/kg)} = (A-B) * M * (2,5 / 1000) * 100 * (V1/V2) / (1000/m)$$

dove:

A = volume della soluzione di  $\text{KMnO}_4$  utilizzato per titolare la prova in bianco (mL)

B = volume della soluzione di  $\text{KMnO}_4$  utilizzato per titolare il campione (mL)

M = molarità' della soluzione di  $\text{KMnO}_4$  (0,04 M)

2,5 = fattore di conversione tra la molarità della soluzione di ossalato e di permanganato

100 = peso molecolare  $\text{CaCO}_3$

V1 = volume iniziale della soluzione di ammonio ossalato

V2 = volume di estratto utilizzato per la titolazione

m = massa del campione utilizzata (g)

La concentrazione della soluzione di permanganato di potassio è stata corretta titolando 20 mL di una soluzione di acido ossalico 0,2 N.

#### DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO IN FERRO

Il ferro può presentarsi in tre forme, distinte attraverso la modalità utilizzata per la loro estrazione: il ferro libero, non legato nel reticolo cristallino dei silicati ma presente sotto forma di ossido, idrossido o umato nei complessi organo-minerali. Questo tipo di ferro viene estratto, tramite l'utilizzo di ditionito-citrato-bicarbonato, e per questa ragione viene definito  $Fe_d$ ; il ferro estratto in ossalato, indicato con  $Fe_o$ , anch'esso caratteristico di alcuni altri ossidi amorfi e di alcuni chelati con acido fulvico ed il ferro estratto in pirofosfato, indicato con  $Fe_p$ , caratteristico dei complessi organo-minerali. La proporzione relativa del ferro presente in queste diverse forme varia secondo l'età del suolo: in particolare, il rapporto  $Fe_o/Fe_d$  (*indice di ferro attivo*), che può essere compreso nell'intervallo fra 0 e 1, decresce al crescere dell'età del suolo in esame. Dalla differenza tra Fe estratto in ossalato ammonico e quello estratto con pirofosfato è stato possibile calcolare il contenuto in Fe in forma amorfa; inoltre sottraendo dal Fe estraibile con ditionito citrato i contenuti in Fe in forma amorfa e quello legato alla sostanza organica, è stato possibile calcolare il contenuto di ferro in forma cristallina nei terreni (Casati, 1996).

#### 3.3.2 – ANALISI DEI PARAMETRI AD ELEVATA VARIABILITÀ

##### CAPACITÀ DI SCAMBIO CATIONICA

A 2 g di terreno (peso A) in tubi da centrifuga, sono stati aggiunti 25 mL di una soluzione di  $BaCl_2$  (100g  $BaCl_2 \cdot 2H_2O/L$ ) e trietanolammina (TEA, 22,5 mL/L) tamponata a pH 8,2. Il campione è stato agitato per 2 ore mediante un agitatore orizzontale e centrifugato a 4100 rpm per 5 minuti. Il soprannatante è stato raccolto mentre il residuo è stato lavato con lo stesso procedimento sopra descritto per altre 2 volte. All'ultimo residuo sono stati aggiunti 25 mL di acqua distillata e quindi mescolato manualmente e centrifugato. Dopo avere scartato il surnatante il tubo da centrifuga contenente il residuo è stato nuovamente pesato (peso B). Infine sono stati

aggiunti 25 mL di una soluzione di  $MgSO_4$  0,05M (0,1N). I campioni sono stati agitati per 2 ore e centrifugati.

Dieci mL dell'estratto sono stati aggiunti a 100mL di acqua distillata e 10 mL di soluzione tampone di ammonio cloruro a pH 10 e titolati con una soluzione di EDTA 0,05N con indicatore nero eriocromo fino a colorazione azzurra.

Parallelamente è stato preparato un bianco campione utilizzando acqua distillata in sostituzione all'estratto.

Per il calcolo e' stata utilizzata la seguente formula:

$$CSC \text{ (cmoli (+)/kg)} = ((V_b - V_c) * 0,25 * (25 + \text{peso B} - \text{peso A}) * 2) / m$$

Dove:

$V_b$  = mL di EDTA utilizzati per la titolazione della prova in bianco

$V_c$  = mL di EDTA utilizzati per la titolazione del campione

Peso A = peso iniziale del tubo da centrifuga con il terreno

Peso B = peso del tubo da centrifuga con il campione dopo saturazione con  $BaCl_2$  e lavaggio con  $H_2O$

0,25 = concentrazione della soluzione di EDTA espressa in cmoli/l

m = peso di suolo utilizzato (g)

#### BASI DI SCAMBIO

Le basi di scambio quali potassio, magnesio, sodio e calcio sono state determinate per ICP - OES (SPECTRO CIROS VISION) dopo un'estrazione da 2,5g di suolo e 50 mL di bario cloruro tamponato a pH 8,2 in agitazione per 1 ora. Successivamente la soluzione è stata filtrata con carta Whatman 42 e diluita 1: 10.

#### FOSFORO TOTALE

Il fosforo totale è stato determinato per via ICP-OES. Due grammi di campione sono stati aggiunti a 40 mL di sodio bicarbonato a pH 8,5 e 0,5 g di carbone attivo. Dopo 30 minuti di agitazione a temperatura ambiente il campione è stato centrifugato a 10000 rpm per 5 minuti e filtrato su carta Whatmann n°42 fino al raggiungimento di una soluzione limpida.

### CARBONIO ORGANICO E AZOTO TOTALE

L'analisi è stata effettuata mediante l'utilizzo di un analizzatore elementare C/N (VARIO MACRO, ELEMENTAR) il cui funzionamento si basa sul metodo Dumas (1831). Duecento milligrammi di terreno setacciato a 0,5 mm sono stati pesati in piccole capsule di stagno che sono state chiuse e introdotte automaticamente nello strumento dopo eliminazione dell'aria presente grazie ad un particolare dispositivo che permette di insufflare azoto. Nello strumento avvengono le seguenti reazioni: a livello del tubo di combustione (contenente CuO) le alte temperature (960°C) e la presenza di O<sub>2</sub> (30 mL/min per 30 s e 100 mL/min per 120 s) portano all'incenerimento del campione. Grazie anche al successivo passaggio su catalizzatore nel tubo di post combustione (contenente CuO e Pt come catalizzatore) si ha una completa ossidazione del campione con la trasformazione di tutte le sostanze organiche e inorganiche in prodotti gassosi (N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>). Questi sono trasportati da un flusso di He, utilizzato come gas carrier, a livello di una colonna di riduzione contenente W per ridurre gli ossidi di azoto ad N<sub>2</sub>. Gli altri gas presenti, diversi da N<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, vengono quindi eliminati per condensazione o adsorbimento. La separazione di CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>, resa necessaria dall'utilizzo di un detector a conducibilità termica non specifico, è effettuata "bloccando" la CO<sub>2</sub> per adsorbimento a livello della colonna riscaldabile, mentre l'N<sub>2</sub> viene rilevato dal detector (primo picco). In seguito la colonna della CO<sub>2</sub> è riscaldata provocando la liberazione del composto che può essere quindi rilevato dal detector (secondo picco). Il software collegato allo strumento permette di controllare il flusso di gas CO<sub>2</sub> e la temperatura applicata alla colonna della CO<sub>2</sub>. La quantificazione è effettuata grazie alla creazione di una apposita retta di calibrazione.

Il valore di C ottenuto rappresenta il C totale al quale va sottratto il C inorganico (misurato tramite calcimetro) per la stima del C organico (TOC). Considerando pari al 58% il contenuto medio di carbonio nella sostanza organica del suolo, è possibile utilizzare il fattore 1,724 per trasformare i g/kg di carbonio organico accertati nel corrispondente contenuto di sostanza organica:  $\text{sostanza organica} = C * 1,724$ .

### 3.3.3 - FRAZIONAMENTO DEL CARBONIO ORGANICO

Le analisi per il frazionamento del carbonio sono state condotte secondo la metodologia suggerita dal Violante (2000).

Le sostanze umiche vengono solubilizzate da una soluzione alcalina di sodio pirofosfato e sodio idrossido che provoca la dissociazione dei gruppi funzionali e la sostituzione di cationi bivalenti e trivalenti con ioni sodio. La sostituzione degli ioni polivalenti con il catione disperdente è favorita anche dalla capacità chelante del pirofosfato. L'estraente può solubilizzare, però, anche sostanze non umiche ed in particolare carboidrati ed amminoacidi provenienti da residui vegetali ed animali solo parzialmente decomposti. Per questo motivo è necessario separare la frazione non umica (NH) da quella umica (HA+FA, parametro che indica la somma del carbonio dell'acido umico e dell'acido fulvico) mediante cromatografia di adsorbimento in fase solida (SPE) su resina di polivinilpirrolidone. Dopo aver separato per precipitazione gli acidi umici, la frazione degli acidi fulvici, che è costituita da sostanze di natura polifenolica, viene trattenuta dalla resina in ambiente acido, per formazione di legami idrogeno con gruppi fenolici, mentre le sostanze non fenoliche restano in soluzione e possono venire allontanate. Successivamente, gli acidi fulvici adsorbiti vengono eluiti con una soluzione di sodio idrossido che provoca la distruzione dei legami ad idrogeno per ionizzazione a pH elevato dei gruppi fenolici.

Il C estraibile totale (TEC) è stato estratto aggiungendo a 10 g di terreno pesato in tubi da centrifuga 100 mL di una soluzione di sodio idrossido e sodio pirofosfato 0,1N. I campioni sono stati posti in agitazione in bagno Dubnoff a 65 °C per 16 ore con 80 scosse per minuto, dopo gorgogliamento della soluzione con azoto gassoso. Dopo raffreddamento i campioni sono stati centrifugati (2700 rpm per 20 minuti) e filtrati con filtri in fibra di vetro (0,8 µm). Le frazioni umiche (HA) e fulviche (FA) sono state estratte da 25 mL della soluzione così ottenuta per centrifugazione (20 minuti) dopo aggiunta di 2 mL di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 50%. La concentrazione permette infatti di separare gli HA (nel precipitato) dagli FA (nell'estratto). La frazione degli FA è stata purificata su resina acidificata di PVPP per mezzo di un lavaggio con 25 mL di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5M ed eliminazione con 25 mL di NaOH 0,5N. Parallelamente gli HA contenuti dal tubo da centrifuga sono stati resi solubili con 25 mL di NaOH 0,5M.

La determinazione del C contenuto nel TEC, negli HA e FA è stata determinata per via ossidimetrica trasferendo 10 mL delle rispettive soluzioni in altrettanti matracci. Successivamente è stato aggiunto K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 0,33M e 20 mL di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Trascorsi 30 minuti è stata interrotta la reazione con aggiunta di acqua distillata fino ad un volume di

100 mL. La quantità di C è stata determinata mediante una misura spettrofotometrica a 600 nm dopo taratura dello spettrofotometro con soluzioni di glucosio a diversa concentrazione preparate con la stessa procedura utilizzata per i campioni.

La prova in bianco è stata effettuata in un matraccio da 100 mL prelevando 10 mL della soluzione di sodio idrossido e sodio pirofosfato.

Le percentuali di TEC, HA e FA sono state calcolate con la seguente formula:

$$C \% = (A_{600} * 47,09 / H) * (Estr / 1000) / p.s. * 100$$

Dove

A<sub>600</sub> = valore della lettura effettuata allo spettrofotometro alla lunghezza d'onda di 600 nm

H = mL di estratto utilizzati per l'analisi

Estr = mL di soda e sodio pirofosfato utilizzati per l'estrazione

p.s. = grammi peso secco del campione utilizzato

Sono stati inoltre calcolati i parametri di umificazione secondo le seguenti formule:

$$\text{Tasso di umificazione HR\%} = (HA+FA) / TOC \times 100;$$

$$\text{Grado di umificazione HD\%} = (HA+FA) / TEC \times 100;$$

$$\text{Indice di umificazione HI} = NH / HA+FA \text{ dove } NH=TEC-(HA+FA)$$

### 3.3.4 - VALUTAZIONE QUALITATIVA DELLE SOSTANZE UMICHE

La valutazione delle sostanze umiche è stata effettuata secondo la metodologia proposta da Dell'Agnola e Ferrari (1971).

La gel-filtrazione è un metodo cromatografico che separa le sostanze in base alle loro dimensioni molecolari. Il sistema cromatografico è costituito da una certa quantità di gel sospesa in tampone che si lascia sedimentare in una "colonna" di vetro. Il volume di eluizione ( $V_e$ ) delle molecole da una gel-filtrazione è regolato dalla formula  $V_e = V_0 + K_d V_i$ .

$K_d$  è il coefficiente di distribuzione (che può assumere tutti i valori compresi tra 0 e 1) della molecola in questione. Le molecole di dimensioni maggiori dei pori del gel non penetrano nei pori ( $K_d = 0$ ) e sono eluite per prime; il volume di tampone necessario alla eluizione di tali molecole viene definito  $V_0$  (volume vuoto o escluso). Le molecole

di dimensioni tali da penetrare completamente nei pori del gel ( $K_d = 1$ ) sono eluite per ultime; il volume di tampone necessario per l'eluizione di tali molecole corrisponde a  $V_e = V_0 + V_i$  cioè al volume totale ( $V_T$ ) del gel. Le molecole il cui peso molecolare è compreso tra i due casi descritti ( $0 < K_d < 1$ ) sono eluite con un volume di eluizione compreso tra  $V_0$  e  $V_T$ .

In questo esperimento la valutazione delle sostanze umiche è stata effettuata per mezzo della tecnica della gel-filtrazione utilizzando una colonna in vetro (50 x 2,7 cm) con riempimento di Sephadex G-100. Un millilitro di TEC portato a pH 8 è stato posto nella colonna ed eluito mediante sodio tetraborato decaidrato ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$  0,02M). Il TEC è stato così frazionato in tre classi differenti per dimensione molecolare apparente: minore di 10 kDa, comprese tra 10 e 100 kDa e superiori a 100 kDa.

### 3.3.5 - STIMA DEL CARBONIO E DELL'AZOTO DELLA BIOMASSA MICROBICA

---

Per quantificare la biomassa microbica è stato adottato il metodo della fumigazione – estrazione (Benedetti, Gianfreda, 2004).

In seguito alla fumigazione del suolo con cloroformio alcol etilico esente, si osserva un incremento nella quantità di C e N estraibile con solfato di potassio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) 0,5 M. Vance *et al.* (1987) hanno dimostrato che le quote aggiuntive di questi elementi provengono dai lisati cellulari della biomassa microbica prodotti dalla fumigazione. Tramite un'appropriata calibrazione, tali quote aggiuntive di carbonio e azoto possono fornire una stima della quantità dei due elementi presenti nella biomassa del suolo.

#### Preparazione dei suoli

I campioni di suolo fresco sono stati omogeneizzati e sono state pesate tre aliquote da circa 20 g per ogni tesi in crogiolino di ceramica.

#### Fumigazioni

Per la fumigazione dei campioni è stato utilizzato un essiccatore sul fondo del quale sono stati posti 2-3 mL di acqua, alcune scaglie di soda e un contenitore con palline di vetro contenente cloroformio. I campioni sono stati posti nell'essiccatore ed è stato creato il vuoto.

L'essiccatore è stato posto al buio a temperatura ambiente per 16 ore. Trascorse le quali l'essiccatore è stato posto sotto cappa ed è stata verificata la tenuta del vuoto.

Successivamente è stato aperto il rubinetto lentamente per rompere il vuoto. È stato aperto l'essiccatore per un minuto per eliminare una buona quota del cloroformio, richiuso e collegato alla linea del vuoto. È stato creato il vuoto per un minuto e successivamente interrotto. L'operazione è stata ripetuta sei volte.

#### Estrazione

La quota di campione fresco calcolata è in funzione della quantità di sostanza secca contenuta nei campioni. L'umidità residua viene calcolata come differenza tra la massa del campione di terra e la massa dello stesso campione dopo essiccamento a 105 °C fino a massa costante. Sono stati pesati 20 g di terra fine in un pesafiltri preventivamente tenuto in stufa a 105 °C e tarato dopo il raffreddamento e successivamente tenuto in essiccatore.

La quantità corrispondente a 20 g di terreno fresco è stata posta in contatto con 80 mL di solfato di potassio ( $K_2SO_4$  0,5M) e collocata su di un agitatore alternativo per 30 minuti a 120 r.p.m.

Allo scadere dei 30 minuti i campioni sono stati centrifugati a 6000 giri al minuto per 5 minuti. I campioni sono stati poi filtrati con filtri Whatman GF/C e versati in contenitori di polietilene. L'estrazione è stata effettuata sui campioni di terreno fresco sia fumigati che non fumigati.

#### Determinazione

Le determinazioni del carbonio e dell'azoto organico degli estratti di suolo sono state effettuate secondo la tecnica suggerita da Kircher, Wollum and King (1993).

#### Carbonio organico

In un matraccio da 100 mL vengono versati 20 mL dell'estratto di terreno, sono stati aggiunti 10 mL di bicromato di potassio 0,066 M e 20 mL di acido solforico concentrato. Dopo 30 minuti la reazione è stata interrotta con l'aggiunta di acqua distillata fino al volume di 100 mL e a raffreddamento concluso la quantità di C è stata determinata mediante una misura spettrofotometrica a 600 nm, dopo taratura dello spettrofotometro con soluzioni di glucosio a diversa concentrazione preparate con la stessa procedura utilizzata per i campioni.

La prova in bianco è stata effettuata in un matraccio da 100 mL prelevando 20 mL della soluzione di solfato di potassio in sostituzione degli estratti di terreno.

La quantità di C organico espressa in mg / kg s.s. è stata calcolata con la seguente formula:

$$\text{mg C} = \% \text{ acqua} * \text{p.f.} / 100 + [(A600 - \text{bia}) * 53,058] * 1000 / \text{p.s.}$$

dove:

% acqua = percentuale d'acqua contenuta nel campione

p.f. = grammi di campione fresco utilizzato

A600 = lettura a 600 nm

p.s. = grammi peso secco del campione utilizzato

bia = valore rilevato per la prova in bianco

Azoto totale

#### *Campioni fumigati*

Sono stati posti in provette con tappo a vite: 1,5 mL di campione estratto con solfato di potassio 0,5 M; 1,5 mL di solfato di potassio 0,5 M e 3 mL di soluzione ossidante (25 g di potassio persolfato a basso contenuto di N, 15 g di acido borico, 50 mL di NaOH 3,75 M).

#### *Campioni non fumigati*

Sono stati posti in provette con tappo a vite 3 mL di campione estratto con solfato di potassio 0,5 M e 3 mL di soluzione ossidante (25 g di potassio persolfato a basso contenuto di N, 15 g di acido borico, 50 mL di NaOH 3,75 M).

#### *Bianco*

La prova in bianco è stata effettuata in ponendo 3 mL di solfato di potassio 0,5 M con 3 mL di soluzione ossidante (25 g di potassio persolfato a basso contenuto di N, 15 g di acido borico, 50 mL di NaOH 3,75 M).

Tutti i campioni fumigati, non fumigati e bianchi sono stati mineralizzati in autoclave a 120° C per 30 minuti.

In provette di vetro sono stati posti 0,2 mL dei campioni mineralizzati in autoclave e 0,8 mL di acido salicilico al 5% in acido solforico. Si sono attesi 20 minuti al termine dei quali sono stati aggiunti 19 mL di NaOH 2N. A completo raffreddamento dei campioni la quantità di N è stata determinata mediante una misura spettrofotometrica a 410 nm dopo taratura dello spettrofotometro con soluzioni di KNO<sub>3</sub> a diversa concentrazione preparate con la stessa procedura utilizzata per i campioni.

La quantità di N organico espressa in mg / kg s.s. è stata calcolata con la seguente formula:

$$\text{mg N / kg s.s.} = [(A_{410} / K_2SO_4\text{camp}) * (p.f. - p.s. + K_2SO_4\text{estr}) / p.s.] / (14 / 62)$$

dove

A 410 = valore della lettura spettrofotometrica a 410 nm

K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>camp. = mL di solfato di potassio 0,5 M utilizzato nei campioni prima della mineralizzazione in autoclave (1,5 mL per i fumigati e 3 mL per i non fumigati).

p.f. = grammi di campione fresco utilizzato

p.s. = grammi peso secco del campione utilizzato

K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>estr = mL di solfato di potassio 0,5 M utilizzato per l'estrazione

### 3.3.6 - ANALISI DELLA FRAZIONE MINERALE COSTITUENTE IL SUOLO DEI VIGNETI

---

Per identificare i minerali presenti nei suoli di Valnogaredo e Zovon è stata adottata la tecnica di diffrazione ai raggi X (XRD) per il riconoscimento dei singoli minerali.

I risultati diffrattometrici offrono informazioni sulla struttura cristallina dei minerali, la carica di strato, ma anche indicazioni riguardo l'interazione dei minerali presenti nel suolo con gli altri elementi chimici.

I minerali sono costituiti da atomi di diversa natura legati tra di loro ed organizzati su piani cristallografici, i quali si ripetono in modo regolare a formare un reticolo cristallografico e quindi il minerale stesso. Ogni minerale può essere identificato utilizzando soprattutto una caratteristica diagnostica del reticolo: la distanza fra i vari piani reticolari di ogni minerale.

Per queste analisi è stato utilizzato un diffrattometro ai raggi X per polveri (Philips, modello X'Pert). Questo strumento compie una misura della distanza interstrato di ciascuno dei minerali costituenti un suolo, cioè fornisce i dati grezzi che consentono l'identificazione dei minerali.

L'analisi diffrattometrica si avvale della radiazione ai raggi X, prodotta da apposite lampade costituite da un catodo in tungsteno e un anodo metallico; tra anodo e catodo viene applicata una differenza di potenziale che genera un flusso di elettroni, il quale viene orientato per colpire un campione precedentemente preparato.

La legge di Bragg descrive il fenomeno dell'interferenza causata dalla riflessione dell'onda elettromagnetica da parte dei piani cristallografici:

$$n\lambda = 2d\sin(\theta)$$

dove:

n = ordine di diffrazione,

$\lambda$  = lunghezza d'onda della riflessione,

d = distanza tra due piani cristallografici adiacenti,

$\theta$  = angolo tra fascio incidente e piano cristallino.

Gli elettroni sono riflessi con un preciso angolo che viene misurato dal diffrattometro, che misura contemporaneamente anche l'intensità dei raggi X diffratti. Vari cristalli dello stesso minerale presenti nel campione producono diffrazione di raggi X al medesimo angolo  $\theta$ , in corrispondenza del quale si registra un massimo di intensità diffratta ("picco"). Misurando l'integrale di ciascun picco (utilizzando il software Winfit) è possibile risalire alla quantità percentuale di ciascun minerale rispetto al totale (Barahona, 1974).

Le analisi mineralogiche sono state condotte su campioni di suolo tal quale per poter ottenere una stima semiquantitativa della totalità di minerali presenti; una seconda indagine è stata compiuta solo sulla frazione mineralogica inferiore ai 2 micron.

Campioni di suolo provenienti dalle due tesi dei vigneti di Valnogaredo e Zovon sono stati prelevati dallo strato superficiale (0-30 cm), seccati all'aria e setacciati a 2 mm. L'analisi del campione totale di terreno è stata eseguita seguendo la metodologia Barahona (*l.c.*), che consiste nel macinare a mano con un mortaio in agata circa un grammo di suolo, fino ad ottenere una polvere molto fine. Una volta polverizzato, il campione viene posto su di un vetrino in alluminio retro caricato, il quale evita orientazioni preferenziali dei piani cristallografici; il campione così preparato viene analizzato con XRD.

L'analisi della frazione fine è stata effettuata separando i minerali di dimensioni inferiori ai 2 micron dal resto del campione, questo è stato possibile sfruttando la legge di Stokes:

$$v = 2r^2(pt - pl)g/9n$$

dove:

v = velocità di caduta,

$r$  = raggio della particella,  
 $\rho_t$  = massa volumica della particella,  
 $\rho_l$  = massa volumica del liquido,  
 $g$  = accelerazione di gravità,  
 $n$  = viscosità del liquido.

Selezionando lo spazio di caduta è possibile, quindi, calcolare il tempo che la particella impiega a sedimentare e, quindi, tutti i dati necessari a compiere la separazione della frazione selezionata. Per questo tipo di analisi i campioni sono stati idratati per 48 ore con un rapporto di diluizione 1:100. Una volta idratati, i campioni sono stati mescolati con agitatore automatico per un'ora. Quando l'agitazione del campione è stata interrotta ed è stato atteso il tempo necessario alla sedimentazione, è stato prelevato il volume di sospensione contenente la frazione fine di minerali. Per poter concentrare le particelle minerali il campione è stato centrifugato a 9000 giri (10 minuti) il precipitato è stato distribuito, con l'aiuto di una lametta, su di un vetrino fino ad ottenere una superficie perfettamente liscia, allo scopo di orientare i cristalli del campione. I vetrini così preparati sono stati sottoposti alla lettura diffrattometrica. Le stime quantitative dei minerali argillosi nella frazione fine sono state condotte secondo le procedure indicate da Biscaye (1965) e la composizione degli interstratificati secondo Moore e Reynolds (1997).

### 3.3.7 - STIMA DELL'ATTIVITÀ MICROBICA DEI DUE VIGNETI

L'attività microbica dei suoli è stata valutata con la misura diretta della capacità degradativa della biomassa.

Allo scopo di individuare la natura e la vitalità dei microbi presenti nel terreno (attività degradativa), anziché ricorrere ai normali metodi di analisi microbiologica (conta su piastra, ecc..) è stata adottata una metodologia di pratica applicazione (Squartini, com. pers.). A tal fine sono stati costruiti dei telai in ferro plastificato adatti ad accogliere 12 cavi di diverso materiale, tesi da un lato all'altro del telaio. Le fibre costituenti i fili utilizzati durante questa sperimentazione sono di natura animale (lana e seta) e vegetale (cotone); l'utilizzo di questi substrati ha consentito la valutazione delle attitudini proteolitiche o cellulolitiche delle popolazioni microbiche presenti nei suoli analizzati. I filamenti utilizzati durante questa prova sperimentale sono:

- LANA: Lane Monterosa, lana merino, zephir 2/25,

- SETA: Tre stelle, art2624, seta bozzolo reale, titolo n24,
- COTONE SOTTILE: Grignasco, Giada, cotone makó gasato mercerizzato, nm2/54,
- COTONE SPESSO: Tre stelle, extraforte, titolo n16.

Per poter valutare eventuali limitazioni alla vita microbica conseguente alla bassa concentrazione o alla mancanza di alcuni macronutrienti, oltre ai telai contenenti i fili tal quali, alcuni di questi sono stati impregnati con una soluzione di azoto, altri con una di fosforo. L'arricchimento di azoto è avvenuto immergendo i telai in una soluzione di  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  con una concentrazione di 3 g/l; l'immersione nella soluzione di  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  con una concentrazione di 6 g/l è servita invece ad aggiungere fosforo ai filamenti; in entrambi i casi dopo un'immersione di 15 minuti le fibre sono state asciugate all'aria.

Questa prova è stata svolta nella settimana decorsa dal 06/05/09 al 13/05/09. Nelle parcelle delle due tesi dei due vigneti, i telai di ogni tipo (non trattato, trattato con azoto, trattato con fosforo) sono stati interrati in una fenditura del terreno ad una profondità di 15 cm. In ogni sito e per ogni tesi, sono stati poste tre ripetizioni di telai. Trascorsi sette giorni i telai sono stati prelevati e asciugati all'aria.

Per poter valutare il grado di degradazione avvenuta a carico dei filamenti sono state confrontate le tensioni a cui i fili interrati si rompevano rispetto a testimoni non interrati. A questo scopo, ogni filo è stato posto tra due morsetti e con l'aiuto di una tanica è stato aggiunto un volume d'acqua crescente fino a raggiungere il punto di rottura del filamento; in questo modo per ciascuna fibra è stato possibile ottenere i valori di resistenza (media di 10 valori).

I dati di resistenza dei filamenti sono stati trasformati in percentuale di resistenza utilizzando la formula:

$$\% \text{ Resistenza} = R_i / R_{ni} * 100$$

dove:

$R_i$  = Peso che ha provocato la rottura del filamento interrato,

$R_{ni}$  = Peso che ha provocato la rottura del filamento non interrato.

La percentuale di degradazione dei filamenti è stata calcolata sottraendo a 100 il valore percentuale di resistenza.

### 3.4 - OSSERVAZIONI VEGETATIVE E PRODUTTIVE DELLA VITE

---

#### 3.4.1 - FENOLOGIA

---

Sono state seguite, a cadenza settimanale le principali fasi fenologiche della vite utilizzando la scala BBCH (1994), fino alla fase di maturazione. Per il rilievo è stata predisposta un'apposita scheda sulla quale è riportato, per ogni gemma nelle diverse posizioni del capo a frutto, lo stadio fenologico in cui essa si trovava. Il rilievo ha interessato le gemme su speroni o di capi a frutto di 7 piante per ogni parcella di tutte le tesi. I risultati ottenuti sono stati elaborati considerando come fase fenologica raggiunta dalle piante ad ogni data, quella più avanzata presente in oltre il 10% delle gemme degli organi delle piante valutate.

#### 3.4.2 – RILIEVI SULL'APPARATO FOGLIARE

---

##### DIAGNOSTICA FOGLIARE

All'allegagione e all'invaiaatura nei tre anni di ricerca sono stati prelevati campioni di foglie secondo la metodologia proposta dal Fregoni (1980). Sul cordone speronato del vigneto di Valnogaredo è stata prelevata la foglia opposta al grappolo basale dello sperone centrale del cordone permanente. Nel vigneto di Zovon, sul Guyot classico, è stata raccolta la foglia opposta al grappolo basale del germoglio intermedio del capo a frutto. Ad ogni prelievo sono state raccolte 30 foglie per tesi per ogni vigneto. Le foglie dopo essere state lavate e asciugate sono state sminuzzate e pesate su bilancia analitica. Le foglie posizionate su crogioli di ceramica sono state seccate in stufa ad 80 °C per 16 ore al fine di determinare il peso secco. Successivamente i crogioli sono stati messi in muffola a 550 °C per 2 ore. Le ceneri fogliari sono state riprese con 1 mL di HCl al 30% e portato a volume di 10 mL per la determinazione dei contenuti di elementi nutritivi tramite ICP/OES.

##### CLOROFILLA

All'allegagione e all'invaiaatura è stato determinato il contenuto in clorofilla nelle foglie adottando il metodo di Welburn e Lichtenthaler (1984). Il campione utilizzato per l'analisi delle clorofille è stato ottenuto prelevando da un germoglio di 5 piante una foglia in posizione apicale, mediana e basale per ogni tesi e per ogni vigneto. Le foglie sono state poi sminuzzate e sottoposte a trattamento con azoto liquido prima di essere

pestellate fino a raggiungere la massima superficie da porre a contatto con il tampone di estrazione. Successivamente è stato aggiunto 25 mL di etanolo puro (96%) a 0,25 g di campione fogliare. Dopo avere posizionato i campioni al buio in luogo fresco, allo scadere delle 24 ore di attesa i campioni sono stati filtrati ed è stata eseguita la lettura allo spettrofotometro alle lunghezze d'onda di 665 e 649. Il contenuto dei singoli pigmenti (microg/g p.f.) è ricavato dalle seguenti formule:

$$\text{Chl a} = 13,95 * A_{665} - 6,88 * A_{649}$$

$$\text{Chl b} = 24,96 * A_{649} - 7,32 * A_{665}$$

#### RILIEVI DI SPAD

Tra l'allegagione e la maturazione sono stati misurati settimanalmente con tre letture per foglia, i valori SPAD (utilizzando lo strumento SPAD-502 Leaf Chlorophyll Meter, Minolta Camera Co., Ltd, Osaka, Japan).

#### ANALISI DELL'INDICE SPAD

L'indice di colore SPAD misurato sulla lamina fogliare è influenzato dall'assorbimento della luce dovuto alla presenza di clorofilla e può essere utilizzato per una stima indiretta del contenuto di clorofilla stessa. Il campione è investito da due fasci luminosi con lunghezza d'onda pari a 650 nm (picco di assorbimento della clorofilla) e 940 nm (assorbimento della clorofilla nulla) mentre un fotodiode raccoglie l'energia trasmessa misurando la trasmittanza della lamina fogliare in queste due bande spettrali. Il rapporto dell'energia trasmessa nelle due zone dello spettro è linearmente proporzionale al contenuto in clorofilla totale presente nella foglia. Data l'esistenza di una relazione lineare tra il contenuto in clorofilla e quello di elementi nutrizionalmente importanti (in particolare N), l'indice SPAD è anche utilizzato per avere una stima dello stato nutrizionale della pianta (Porro *et al.*, 2001). L'analisi dell'indice di colore SPAD è stata effettuata in tre punti della lamina fogliare su 10 foglie apicali, 10 mediane e 10 basali per ogni tesi.

#### 3.4.3 – MONITORAGGIO DEI PARAMETRI DELLA MATURAZIONE

---

Dall'inviatura, con cadenza settimanale in ogni vigneto fino alla vendemmia, è stato monitorato l'andamento della maturazione analizzando sul mosto, ottenuto dalla spremitura di 150 acini suddivisi in tre repliche e prelevati da 10 piante per tesi, il

contenuto in solidi solubili (°Brix) mediante rifrattometro (mod. 107, SPER Scientific Ltd, Scottsdale, Arizona, US), il pH e l'acidità titolabile, espressa il g/L di acido tartarico, mediante titolazione colorimetrica utilizzando NaOH 0,1 N e indicatore blu di bromotimolo.

#### 3.4.4 – RILIEVI ALLA VENDEMMIA

In entrambi i vigneti, alla vendemmia, sono stati considerati, su dieci piante per tesi, i parametri produttivi e qualitativi come: numero di grappoli per pianta, peso medio e volume medio del grappolo, produzione per ceppo, peso e volume dell'acino.

Sul mosto ottenuto da 4 grappoli di 10 piante per tesi sono stati analizzati i parametri qualitativi misurati durante il monitoraggio della maturazione.

Durante le potature invernali sono stati raccolti e pesati i sarmenti di potatura delle dieci piante dalle quali sono stati determinati i parametri produttivi, per poter mettere in relazione la quantità di legno asportato con la produzione raccolta in modo da ottenere l'indice di Ravaz (1906).

#### 3.5 - ANDAMENTO METEOROLOGICO

Dalla stazione meteo dell'ARPAV di Teolo e di Faedo in vicinanza rispettivamente dei vigneti di Zovon e di Valnogaredo sono stati rilevati i dati delle temperature minime, massime e medie a cadenza mensile e la piovosità da gennaio a dicembre del triennio 2007-2009 comparandole del decennio 1996-2006.

#### 3.6 - ELABORAZIONE STATISTICA

Tutti i dati relativi alle caratteristiche dei suoli e alle caratteristiche qualitative e produttive delle piante, rilevati con più ripetizioni sono stati sottoposti ad analisi della varianza (A.N.O.VA) e le differenze tra le medie sono state saggiate con il test di Duncan. Per le elaborazioni è stato utilizzato il pacchetto CoHort Costat, versione 6.3 (CoHort Software, Monterey, CA, U.S.A.) e i coefficienti di correlazione tra i parametri sono stati calcolati con lo stesso software.



## **4 - RISULTATI**

---



#### 4.1 – ANALISI SUL COMPOST

---

In Tabella 4.1 è riportata la caratterizzazione dell'ammendante compostato misto impiegato nella sperimentazione. I valori mostrano che il compost utilizzato ha un pH sub alcalino, una conducibilità elettrica elevata, un buon contenuto in sostanza organica ed è ricco in azoto totale. Buono il contenuto nei principali elementi nutritivi. I parametri di umificazione (Tasso di umificazione  $HR\% = (HA+FA) / TOC \times 100$ ; Grado di umificazione  $HD\% = (HA+FA) / TEC \times 100$ ; Indice di umificazione  $HI = NH / (HA+FA)$  dove  $NH=TEC-(HA+FA)$ ) e il rapporto C/N pari a 15 indicano un compost a media maturazione.

#### 4.2 - ANDAMENTO METEOROLOGICO

---

Dai dati meteo è stato possibile osservare che, nel triennio, nelle zone di Valnogaredo e di Zovon, la piovosità media annuale oscilla tra i 700 e i 900 mm, con una media mensile tra i 40 e i 90 mm, massimi assoluti tra i 1200 e i 1400 e minimi assoluti tra i 450 e i 600 mm. La distribuzione delle piogge presenta due punte massime, in primavera ed in autunno e due minime in inverno ed in estate; frequenti risultano essere i periodi siccitosi della durata di un mese i quali si presentano con ricorrenza ciclica (figure 4.2 a, b).

Nel sito delle prove le temperature medie, minime e massime del triennio di prove sono state superiori in tutti i mesi rispetto al decennio precedente, fatta eccezione solamente per il mese di gennaio del 2009 dove le temperature medie rilevate sono risultate inferiori rispetto a quelle rilevate nel decennio 1996-2006.

#### 4.3 - ANALISI DEL TERRENO

---

##### 4.3.1 - CARATTERIZZAZIONE DEI SUOLI

---

Dalle analisi eseguite sul terreno del vigneto di Valnogaredo prelevato in più punti del vigneto prima dell'apporto di compost è risultato che il suolo del vigneto di Valnogaredo presenta una elevata quantità di scheletro, oltre 50%; è prevalentemente argilloso, la reazione è alcalina ed è fortemente calcareo. La conducibilità elettrica (CE) è elevata, buono il contenuto in sostanza organica ma povero in azoto. Presenta un rapporto C/N equilibrato. La capacità di scambio è alta con scarsa dotazione in K,

media in Mg e buona in Ca; il contenuto in Na è normale, mentre è molto ricco in P. Dalle analisi eseguite, il suolo di Valnogaredo, confrontato con quanto riportato in precedenti indagini (A.A.V.V., 2001), risulta essere secondo la classificazione USDA (1994) un “Lithic Rendoll clayey-skeletal, carbonatic, mesic” o secondo la classificazione FAO-UNESCO (1994) un “Calcaric Regosol” (tab. 4.3.1).

Nel vigneto di Zovon il suolo presenta una elevata quantità di scheletro (48,6%), la tessitura è fortemente argillosa, la reazione alcalina, è fortemente calcareo e la CE è elevata. La buona dotazione in sostanza organica e lo scarso contenuto in N totale attribuiscono al suolo un rapporto C/N leggermente basso. La CSC è molto alta. Le analisi relative alle basi scambiabili hanno dimostrato uno scarso contenuto in K e Mg mentre è elevata la dotazione in Ca, la quantità di Na è normale. Il contenuto in P assimilabile è molto elevato. Il suolo è classificabile secondo la classificazione USDA (*l.c.*) come “Typic Eutrochrept, clayey-skeletal, carbonatic, mesic” o la classificazione FAO-UNESCO (*l.c.*) come un “Haplic Calcisol” (tab. 4.3.1 a).

Dalle analisi effettuate per la caratterizzazione delle forme di ferro presenti è emerso che i contenuti in ferro estratto in ditionito citrato sono superiori nel vigneto di Zovon rispetto al vigneto di Valnogaredo. L'estrazione con questo reagente fornisce un indice sul contenuto in ferro degli ossidi liberi e quindi di tutte le specie non silicatiche, può quindi dare un'indicazione sullo stato di alterazione del suolo. Dai valori evidenziati nel vigneto di Valnogaredo si può evincere che il terreno di questo vigneto ha subito una scarsa alterazione al contrario di quello di Zovon. L'estrazione del ferro effettuata con sodio pirofosfato porta in soluzione il ferro e l'alluminio presenti come fasi amorfe complessate dalle sostanze umiche. Anche in questo caso i valori superiori sono nel vigneto di Zovon. Infine, l'estrazione con ammonio ossalato porta in soluzione gli alluminio silicati amorfi e paracristallini (Casati, *l.c.*) e, come visto anche per le forme di ferro precedenti, anche i contenuti di Fe estraibile in ammonio ossalato sono superiori nel vigneto di Zovon.

L'indice di ferro attivo, calcolato mettendo in rapporto il ferro estratto con ossalato ammonico e quello estratto con ditionito, misura il grado di cristallinità degli ossidi di ferro libero. Tale rapporto diminuisce all'aumentare dell'alterazione; più è basso e maggiore è lo sviluppo pedogenetico. Potendo confrontare i due vigneti è possibile

evincere che il terreno del vigneto di Valnogaredo è più alterato e possiede un maggiore sviluppo pedogenetico. Infine l'indice di potere clorosante (I.P.C.) risulta dal rapporto tra il contenuto in calcare attivo e il ferro estratto con ditionito citrato. In questo caso l'I.P.C. più elevato è stato riscontrato nei terreni del vigneto di Valnogaredo (tab. 4.3.1 b).

#### 4.3.2 -ANALISI DEL TERRENO DOPO IL TRATTAMENTO

---

##### 4.3.2.1 -VIGNETO DI VALNOGAREDO

---

La capacità di scambio cationica (CSC) del terreno del vigneto di Valnogaredo all'inizio della prova è risultata alta in tutte le parcelle. Dopo l'apporto del compost, in corrispondenza del secondo campionamento di ottobre 2007, i livelli di CSC rilevati sono risultati uguali nelle due tesi (tab.4.3.2.1 a).

Il contenuto in magnesio dei terreni prelevati in autunno del 2007 e nella primavera successiva all'apporto di compost è risultato maggiore nei suoli delle parcelle in cui era stato distribuito il compost. Nei due rilievi successivi il contenuto in magnesio non è risultato diverso fra le tesi (tab.4.3.2.1 a).

Il terreno del vigneto è stato classificato come ben dotato in potassio e dopo l'apporto del compost il contenuto dell'elemento nei terreni delle due tesi non è risultato differente nei rilievi effettuati nel triennio successivo(tab.4.3.2.1 a).

Il sodio dei terreni all'inizio della prova era risultato leggermente alto. Nei rilievi eseguiti dopo l'apporto di compost non sono stati rilevati valori diversi fra le tesi(tab.4.3.2.1 a).

L'elevato contenuto in calcio ha portato a classificare i terreni dei vigneti come molto ricchi dell'elemento. Dopo l'apporto di compost non sono state osservate differenze nel contenuto di questo elemento nei suoli delle due tesi (tab.4.3.2.1 a).

Anche il contenuto in fosforo, dopo l'apporto di compost, non ha presentato differenze nei suoli delle due tesi (tab.4.3.2.1 a).

Il terreno di Valnogaredo, già ricco in sostanza organica, dopo l'apporto di compost, al primo prelievo, ha subito un incremento significativo nei valori del carbonio organico nelle parcelle trattate rispetto a quelle testimoni. Tale differenza è stata rilevata anche

nel prelievo di terreno eseguito nelle primavera successiva. Nei rilievi eseguiti a fine 2008 e nel 2009 non sono state osservate differenze nel contenuto in carbonio organico fra le due tesi (tab.4.3.2.1 b).

Il terreno del vigneto di Valnogaredo è risultato scarso in azoto totale fin dall'inizio della sperimentazione. Questi valori si sono mantenuti tali per tutto il periodo della ricerca. Dopo l'apporto di compost il contenuto in azoto non è risultato differente fra i suoli delle due tesi (tab.4.3.2.1 b).

Per quanto riguarda il rapporto C/N dopo l'apporto di compost non sono state osservate differenze nei suoli delle due tesi (tab.4.3.2.1 b).

I valori di carbonio estraibile in soda e sodio pirofosfato, nell'autunno del primo anno, dopo l'apporto di compost erano risultati superiori nelle parcelle con compost. Nei rilievi successivi non sono emerse differenze tra le tesi (tab.4.3.2.1 b).

Dopo la purificazione dell'estratto umico e la separazione degli acidi umici (HA) e fulvici (FA) è emerso che i contenuti di acidi umici delle parcelle testimoni erano superiori rispetto alle altre. Nei rilievi successivi non sono emerse differenze nel contenuto di acidi umici e fulvici (tab.4.3.2.1 b).

Il tasso di umificazione (HR) e il grado di umificazione non è risultato differente fra le tesi in tutti i rilievi eseguiti. Per quanto riguarda l'indice di umificazione questo parametro è risultato superiore nelle parcelle con compost al primo rilievo ma successivamente non sono state osservate differenze (tab.4.3.2.1 b).

Le analisi sugli estratti umici effettuati con la gel filtrazione ha portato ad ottenere tre picchi riconducibili rispettivamente a molecole ad alto, a medio e a basso peso molecolare apparente.

I contenuti molecolari ad alto peso apparente degli estratti umici dei campioni prelevati prima dell'apporto di compost sono simili nei suoli delle tue tesi e i valori percentuali sono rientrati nel range tra il 19 e il 25% (tab. 4.3.2.1 c).

Le percentuali dei contenuti di molecole a medio peso molecolare all'inizio della prova sono variate tra il 62 e il 64%. Dopo l'apporto di compost, nel prelievo eseguito a ottobre del primo anno, i valori rilevati sono risultati superiori nelle parcelle testimoni.

Nei rilievi successivi non sono state riscontrate differenze nei valori ottenuti dalle analisi dei suoli delle due tesi (tab. 4.3.2.1 c).

Le percentuali legate ai picchi rappresentanti le molecole a basso peso molecolare degli estratti umici, all'inizio della prova non sono risultati differenti tra le tesi. Dopo l'apporto di compost, nelle parcelle trattate, al primo rilievo, le percentuali sono risultate superiori rispetto a quelle delle parcelle testimoni. Successivamente non sono state osservate differenze fra le due tesi. Un comportamento analogo è stato rilevato anche nelle letture effettuate a una lunghezza d'onda di 664nm, relativamente al terzo picco (tab. 4.3.2.1 c).

Il contenuto di carbonio del terreno legato alla presenza di biomassa microbica è risultato simile nelle parcelle testimoni e in quelle trattate fino al terzo campionamento effettuato nella primavera del secondo anno di ricerca. A quest'ultima epoca il contenuto in carbonio della biomassa è stato superiore nelle parcelle trattate con compost. Successivamente i valori di carbonio dei campioni delle parcelle trattate con compost sono risultati simili a quelli delle parcelle testimoni (Tab. 4.3.2.1 d).

Per quanto riguarda il contenuto di azoto della biomassa, nei primi due rilievi, non sono state osservate differenze fra i suoli delle due tesi. Nei due rilievi eseguiti nel 2008, nelle parcelle trattate, è stato misurato un contenuto di azoto superiore rispetto a quello delle parcelle testimoni. Nel rilievo successivo non sono state riscontrate differenze tra le due tesi (tab. 4.3.2.1 e).

Relativamente al rapporto C/N nella biomassa, in tutti i rilievi non sono state osservate differenze tra le tesi (tab. 4.3.2.1 f).

#### *4.3.2.2 - VIGNETO DI ZOVON*

---

La CSC del terreno del vigneto dalle analisi iniziali è risultata omogenea e molto elevata in tutte le parcelle. Nei rilievi eseguiti subito dopo l'apporto di compost non sono state osservate differenze fra le tesi nei valori di CSC (tab.4.3.2.2 a).

Nel rilievo effettuato nella primavera del 2008 è stato osservato un valore della CSC maggiore nelle parcelle che non avevano ricevuto compost. Nei rilievi successivi, invece, i valori sono rimasti simili in tutte le due tesi (tab.4.3.2.2 a).

Per quanto riguarda le BS il contenuto in Mg, nel primo rilievo, è risultato simile fra le tesi. Nel rilievo eseguito dopo sei mesi dall'apporto di compost, il contenuto in Mg è risultato superiore nelle parcelle trattate e questo è stato osservato anche nelle analisi eseguite nella primavera 2008 (tab.4.3.2.2 a) nei rilievi successivi non sono state osservate differenze tra le due tesi.

Relativamente al potassio, i terreni del vigneto sono stati classificati come ben dotati di K ma l'apporto di compost non ha influito sul contenuto di questo elemento fra le tesi (tab.4.3.2.2 a).

Anche per il sodio non sono state osservate differenze fra le tesi a seguito dell'apporto di compost (tab.4.3.2.2 a).

Per l'elevata dotazione in calcio del suolo del vigneto, l'apporto di compost non ha influito su questo elemento e non sono state osservate differenze fra le tesi (tab.4.3.2.2 a).

I valori relativi al contenuto di fosforo sono risultati simili nei terreni delle due tesi fin dall'inizio della prova e sono stati classificati come molto poveri di questo elemento. A seguito dell'apporto di compost non sono state osservate influenze del trattamento nei contenuti di questo elemento nei suoli delle due tesi (tab.4.3.2.2 a).

Il terreno del vigneto di Zovon è risultato avere un buon contenuto di carbonio organico e non diverso fra le tesi. L'apporto del compost non ha portato in tutti i rilievi a significative differenze nei contenuti di carbonio organico tra le parcelle con compost e quelle testimoni. I valori rilevati all'inizio della sperimentazione nelle due tesi non sono variati fino al termine della prova se non di frazioni percentuali e omogeneamente in tutte le parcelle. Il terreno del vigneto di Zovon è risultato molto povero in azoto totale fin dall'inizio della ricerca. Questi valori si sono mantenuti tali in tutti i rilievi eseguiti dopo l'apporto di compost e non sono state evidenziate differenze fra le due tesi (tab.4.3.2.2 b).

Per quanto riguarda il rapporto C/N non sono state osservate differenze significative tra le tesi (tab.4.3.2.2 b).

Il contenuto del terreno in carbonio totale estraibile in soda e sodio pirofosfato rilevato nelle parcelle delle due tesi al primo rilievo dopo l'apporto di compost è risultato

differente con valori superiori nelle parcelle testimoni. Nei rilievi successivi, i contenuti in TEC non sono risultati diversi fra le tesi (tab.4.3.2.2 b).

Il contenuto in HA degli estratti umici dei terreni è risultato maggiore nella tesi testimone. Nei rilievi successivi non sono state osservate differenze fra le due tesi (tab.4.3.2.2 b).

Per quanto riguarda i contenuti di FA degli estratti umici dei suoli delle due tesi, sono risultati simili in tutti i rilievi eseguiti (tab.4.3.2.2 b)..

I valori del tasso di umificazione (HR) e del grado di umificazione non sono risultati differenti fra le tesi in tutti i rilievi (tab.4.3.2.2 b)..

Relativamente ai valori dell'indice di umificazione (HI) nei rilievi del 2007, non sono state osservate differenze fra le tesi. Nel prelievo eseguito nella primavera 2008, sono stati osservati valori maggiori nella tesi in cui era stato somministrato il compost, ma nei rilievi successivi non sono state riscontrate differenze (tab.4.3.2.2 b).

I valori delle percentuali del primo picco a lunghezza d'onda 472 relativo a frazioni ad alto peso molecolare, dei prelievi eseguiti nel 2007, non sono risultati differenti fra le due tesi. Il contenuto nel TEC di frazioni ad alto peso molecolare apparente della tesi testimone, è risultato superiore rispetto a quello della tesi in cui era stato apportato il compost nel primo rilievo eseguito nel 2008. Nelle analisi successive non sono state osservate differenze fra le tesi (tab.4.3.2.2 c).

I contenuti di frazioni a medio peso molecolare apparente sono state comprese tra 47 e 67% e, in tutti i rilievi non si sono evidenziate differenze (tab.4.3.2.2 c).

Le percentuali quantificate per i contenuti di frazioni a basso peso molecolare degli estratti umici sono risultati uguali nel primo rilievo. Nel campionamento eseguito nell'ottobre 2007 tali valori sono risultati superiori nei suoli dove era stato apportato il compost. Nei rilievi successivi non sono evidenziate differenze fra le due tesi (tab.4.3.2.2 c).

Per quanto riguarda le determinazioni effettuate a 664 nm non sono state rilevate differenze significative (tab.4.3.2.2 c).

I contenuti in carbonio ed in azoto legato alla biomassa sono risultati maggiori nei suoli in cui era stato apportato il compost in corrispondenza del prelievo effettuato

nell'autunno del primo anno (tab.4.3.2.2 d). Il contenuto in azoto è risultato superiore nel suolo con apporto di compost anche nel rilievo successivo (tab.4.3.2.2 e). Per quanto riguarda il rapporto C/N i valori di questo parametro sono risultati superiori nella tesi con compost nel prelievo eseguito a ottobre 2007. Nei rilievi successivi non sono state osservate differenze fra le tesi (tab.4.3.2.2 f).

#### *4.3.2.3 - ANALISI DELLA FRAZIONE MINERALE COSTITUENTE IL SUOLO DUE VIGNETI*

---

La figura 4.2.2.3 a mostra l'analisi diffrattometrica eseguita sui campioni di suolo totale. La stima quantitativa è indicativa ed utilizzabile esclusivamente per un confronto tra campioni.

Dal punto di vista qualitativo i campioni di suolo sono molto simili fra loro e i minerali argillosi sono abbondanti; fra questi prevale nettamente l'interstratificato (i), il quale ha un riflesso basale tipicamente largo e poco intenso. Nei campioni sono presenti anche piccole quantità di miche e minerali del tipo clorite e/o caolinite, troppo poco abbondanti da poter essere determinati.

I campioni prelevati dalle due tesi sono simili tra loro, ma molto diversi nei campioni di Valnogaredo per la presenza di un fillosilicato smectitico, ben ordinato, tipico dei substrati vulcanici. La presenza nei campioni di Zovon di una zeolite del tipo heulandite-clinoptilolite assieme alla scarsa concentrazione di quarzo conferma l'origine vulcanica di questo suolo.

Le analisi sulla frazione fine dei terreni è stata condotta ponendo a confronto i campioni in condizioni naturali e gli stessi dopo l'esposizione per una notte ai vapori di glicol etilenico. Questa tecnica viene eseguita allo scopo di rendere più evidenti i minerali espandibili.

Le analisi svolte sui campioni di Valnogaredo (fig. 4.2.2.3 b) non mostrano differenze di composizione tra suolo compostato e controllo; in entrambi i casi il tracciato risulta essere molto rumoroso, probabilmente perché i fillosilicati non si orientano correttamente. Il motivo della scarsa orientazione potrebbe essere la dimensione estremamente ridotta dei domini di diffrazione e/o l'abbondanza di granuli non argillosi inferiori ai 2 micron (ad esempio quarzo e calcite).

I risultati dicono che i minerali argillosi di Valnogaredo sono costituiti da illite (49%) e da un interstratificato tipo illite- smectite (49%) con impilamento casuale (60% di componente illitica). Sono presenti anche tracce di clorite e/o caolinite i cui riflessi sono troppo deboli per poter essere più precisi. La stima quantitativa riportata tra parentesi, risulta essere molto indicativa per i motivi riportati in precedenza.

L'analisi XRD della frazione fine dei suoli di Zovon, non indica differenze di composizione tra parcelle compostate e di controllo. I risultati rivelano che i minerali argillosi sono costituiti per il 90 % da smectite (fig. 4.2.2.3c).

#### 4.3.2.4 - STIMA DELL'ATTIVITÀ MICROBICA DEI DUE VIGNETI

I risultati riguardanti questo studio vengono suddivisi tra i dati di degradabilità ottenuti nei vigneti di Valnogaredo e Zovon così da rendere più semplice il confronto tra le varie tesi. Il risultato del test rappresenta una misura di stima della capacità di decomposizione in situ della sostanza organica e fornisce pertanto informazioni sulla velocità di mineralizzazione dei nutrienti. I filati non trattati (controllo) sono stati analizzati con un analizzatore elementare CNS, per poter avere un'indicazione sulla loro composizione di base, espressa in percentuale di azoto, carbonio e zolfo.

Come si nota nella tabella 4.3.2.4.a, le fibre di natura proteica (lana e seta) si distinguono da quelle costituite prevalentemente da cellulosa (cotone) per il contenuto percentuale di azoto molto più elevato; mentre la seta e la lana differiscono tra loro per la quantità di zolfo contenuta nelle rispettive fibre (rispettivamente sericina-fibroina e cheratina).

Allo scopo di calcolare la percentuale di degradazione dei filamenti dopo una settimana di interrimento è stato necessario misurare la resistenza dei fili originali, non interrati (tab. 4.3.2.4.b).

Confrontando la figura 4.3.2.4.a e b, relative al vigneto di Valnogaredo, si può notare che nelle parcelle trattate è avvenuta una diversa degradazione dei fili dei diversi materiali che componevano i telai rispetto alle parcelle testimoni; in particolare nella seta, nel cotone fine e grosso. Nel caso della lana la presenza di compost ha incrementato la degradazione.

Anche nel vigneto di Zovon (fig. 4.3.2.4.c, d) vi è stata un'attività di degradazione ed è stata diversa tra tesi con compost e senza, in particolare in presenza di compost l'attività degradativa sul cotone fine è stata maggiore.

Osservando i dati di stima degradativa nei due vigneti, la fibra di seta mostra un effetto di rinforzo conseguente all'aggiunta di azoto o fosforo rispetto al controllo. I valori di stima dell'attività microbica indicano che, nella tesi Valnogaredo senza compost l'attività di degradazione su lana (proteolitica) è limitata dall'azoto rispetto alla presenza di compost; nel caso dei telai con fibra impregnata di nitrato ammonico la degradazione della lana viene, infatti, sensibilmente incrementata. Nello stesso sito l'aggiunta di compost promuove l'attività di degradazione della lana e la rende non più dipendente all'aggiunta di nitrato ammonico, la cui presenza nei telai impregnati di azoto non comporta incrementi di degradazione.

Nel sito di Zovon è possibile osservare attività degradativa meno pronunciata di Valnogaredo verso le varie fibre, ad eccezione della lana su cui si dimostra invece più attivo. In termini di stimolo provocato dal compost, a differenza del sito di Valnogaredo, il terreno di Zovon non esprime un incremento relativamente all'aggressività della microflora verso le varie fibre.

#### 4.4 - OSSERVAZIONI VEGETATIVE E PRODUTTIVE DELLA VITE

---

##### 4.4.1 - FENOLOGIA

---

Il comportamento fenologico delle viti nel triennio di prova non è stato diverso fra le tesi dei due vigneti. È stato riscontrato un ritardo di qualche giorno nella fenologia nel vigneto di Zovon rispetto al vigneto di Valnogaredo (tab. 4.4.1).

Nel 2008 le fasi fenologiche sono avvenute in ritardo rispetto all'anno precedente e al successivo. Infatti nel secondo anno la vendemmia è avvenuta nella seconda decade di settembre.

##### 4.4.2 - VIGNETO DI VALNOGAREDO

---

###### 4.4.2.1 - *DIAGNOSTICA FOGLIARE*

---

I risultati di queste analisi vengono condotte per ogni elemento e sono confrontati con i valori proposti da Fregoni (2006).

Azoto – 2007 – La diagnostica fogliare ha messo in evidenza che il contenuto di N all'allegagione è leggermente inferiore al valore considerato come sufficiente per lo svolgimento delle attività metaboliche della pianta (Fregoni, *l.c.*) con un contenuto di N del 2% nelle foglie delle parcelle non trattate e carente nelle foglie delle parcelle trattate. All'invasatura la leggera carenza riscontrata nelle foglie delle parcelle non trattate permane mentre un leggero eccesso di N è stato riscontrato nelle parcelle trattate con compost in quanto ci può essere stato un assorbimento di questo elemento.

Per entrambe i periodi i valori dell'elemento nelle parcelle non trattate risultano sotto il livello di sufficienza; i valori delle parcelle trattate variano notevolmente passando da carenti ad un leggero eccesso (tab. 4.4.2.1 a).

2008 – Nel periodo dell'allegagione è stata riscontrata una leggera carenza nelle foglie provenienti dalle parcelle trattate mentre il valore relativo alle foglie delle parcelle non trattate è risultato compreso nel range dell'optimum. Lo stesso anno, all'invasatura, il contenuto dell'elemento nelle foglie è diminuito in entrambe le tesi mantenendo una leggera carenza nelle foglie delle parcelle trattate e portando invece ad una forte carenza nelle parcelle non trattate. Le foglie delle parcelle non trattate hanno mostrato fra l'allegagione e l'invasatura un decremento nel contenuto dei N da un valore di sufficienza ad uno di carenza mentre le parcelle trattate hanno mantenuto un livello di leggera carenza dell'elemento, (tab. 4.4.2.1 b).

2009 – I contenuti in azoto delle foglie di tutte le parcelle analizzate all'allegagione rientravano nei valori ottimali. Una leggera carenza è stata trovata nelle foglie delle parcelle senza compost mentre valori ottimali sono stati rilevati per le foglie delle piante che avevano ricevuto il compost. Come nell'anno precedente i valori di azoto sono diminuiti dall'allegagione all'invasatura (tab. 4.4.2.1 c).

Fosforo – 2007 – Il contenuto di fosforo nelle foglie delle parcelle non trattate all'allegagione è stato nel range dell'optimum mentre nelle parcelle trattate il contenuto in questo elemento è risultato in eccesso. Dall'allegagione all'invasatura il contenuto delle foglie in fosforo è diminuito risultando carente in entrambe le tesi (tab. 4.4.2.1 a)..

2008 – All'allegagione le foglie delle parcelle non trattate hanno presentato valori di fosforo che rientravano nel range dell'optimum mentre quelle delle parcelle trattate hanno presentato una leggera carenza. Nel periodo dell'invasatura in entrambe le parcelle è stato rilevato uno scarso contenuto dell'elemento. Come nell'anno precedente

dall'allegagione all'invaiaatura il contenuto fogliare di fosforo ha subito un decremento (tab. 4.4.2.1 b).

2009 – Un leggero eccesso di fosforo, all'allegagione, ha caratterizzato le foglie delle parcelle testimoni. Le foglie delle piante delle parcelle ammendate presentavano valori nell'optimum. Dall'allegagione all'invaiaatura i valori di fosforo sono diminuiti in tutte le parcelle come negli anni precedenti (tab. 4.4.2.1 c).

Potassio – Il contenuto di questo elemento nelle foglie delle piante con compost e di controllo, nel triennio di prove, è risultato sempre a livelli di carenza (tab. 4.4.2.1 a, b, c) e dall'allegagione all'invaiaatura è stata accertata una diminuzione portando le foglie a livelli anche di forte carenza.

Calcio – 2007 – Il contenuto di calcio nelle foglie, all'allegagione, nelle parcelle non trattate è risultato leggermente carente mentre le foglie delle parcelle trattate hanno mostrato un contenuto dell'elemento nel range dell'optimum. All'invaiaatura la quantità dell'elemento nelle foglie delle parcelle non trattate è aumentata passando ad un valore ottimale, mentre, è stato rilevato un leggero eccesso nelle foglie delle parcelle dove era stato applicato il compost (tab. 4.4.2.1 a).

2008 – I campioni di foglie prelevati all'allegagione hanno presentato un contenuto di calcio nel range dell'optimum in tutte le parcelle, mentre all'invaiaatura il contenuto dell'elemento è diminuito in entrambe le tesi portando ad una leggera carenza le foglie delle piante delle parcelle che non avevano ricevuto il compost e mantenendo a valori ottimali il contenuto nelle foglie delle parcelle con compost (tab. 4.4.2.1 b).

2009 – All'allegagione e all'invaiaatura del terzo anno tutte le foglie prelevate hanno mostrato un contenuto sufficiente dell'elemento calcio. Dal primo prelievo al secondo il valore è aumentato con un contenuto ottimale nelle foglie delle parcelle ammendate (tab. 4.4.2.1 c).

Magnesio – 2007 - Il contenuto di magnesio rilevato nelle foglie prelevate all'allegagione è risultato a livelli di carenza in entrambe le tesi. All'invaiaatura, nelle foglie delle parcelle senza compost, i valori di magnesio hanno confermato la carenza mentre quelli relativi alle foglie delle parcelle trattate con compost sono aumentati raggiungendo valori di eccesso (tab. 4.4.2.1 a).

2008 – Sia all'allegazione che all'invaiaatura, i contenuti di magnesio delle piante testimoni sono risultati ottimali mentre quelli delle piante che avevano ricevuto il compost sono risultati in eccesso. (tab. 4.4.2.1 b).

2009 – Il contenuto di magnesio nelle foglie provenienti sia delle piante testimoni che da quelle con compost, in entrambe le epoche di prelievo è risultato in eccesso. I valori sono diminuiti da una fase fenologica all'altra mantenendo però contenuti elevati dell'elemento (tab. 4.4.2.1 c).

Ferro - 2007 – All'allegazione il contenuto in ferro delle foglie delle piante provenienti dalle parcelle non trattate con compost è risultato a livelli di carenza, al contrario nelle foglie delle piante che avevano ricevuto il compost, il valore è risultato a livelli dell'optimum. All'invaiaatura il contenuto di ferro nelle foglie è aumentato sia nelle piante delle parcelle testimoni che in quelle delle parcelle con compost (tab. 4.4.2.1 a).

2008 – Per ogni epoca e per ogni tesi il contenuto di ferro nelle foglie è risultato a livelli di carenza (tab. 4.4.2.1 b).

2009 – Quest'anno i contenuti di ferro nelle foglie delle piante di entrambe le tesi e nei due prelievi sono risultati a livelli di carenza leggera anche se il contenuto in Fe è aumentato passando dal primo al secondo rilievo (tab. 4.4.2.1 c).

Boro – 2007 – All'allegazione, nelle foglie delle parcelle non trattate, il contenuto di boro è stato a livelli ottimali, mentre un leggero eccesso ha caratterizzato le foglie delle piante con compost. All'invaiaatura il contenuto in boro è diminuito e nelle foglie delle piante trattate è rimasto a livelli ottimali mentre in quelle delle piante trattate ha raggiunto livelli di leggera carenza (tab. 4.4.2.1 a).

2008 - Per ogni epoca e per ogni tesi il contenuto di boro nelle foglie è stato inferiore ai livelli considerati ottimali. Come nell'anno precedente da una fase fenologica all'altra il contenuto in boro è diminuito (tab. 4.4.2.1 b).

2009 – La quantità di boro delle foglie è stato ottimale in tutte le tesi e nelle due fasi fenologiche. Il contenuto dell'elemento nelle foglie è diminuito da una fase fenologica all'altra.

Sodio – Nel triennio per ogni epoca di rilievo e per ogni tesi il contenuto dell'elemento è risultato eccessivo (tab. 4.4.2.1 a, b, c).

Rame – Nel triennio il contenuto in rame è stato a livelli di eccesso in entrambe le tesi e nei due rilievi. Ciò è imputabile ai trattamenti fitosanitari effettuati (tab. 4.4.2.1 a, b, c).

Zinco - 2007 – Questo elemento è risultato a livelli di carenza in ogni epoca e in tutte le tesi (tab. 4.4.2.1 a).

2008 - Una leggera carenza di zinco è stata rilevata in entrambe le tesi durante l'allegagione, aggravata all'invaiaitura (tab. 4.4.2.1 b).

2009 – Come negli anni precedenti i valori del contenuto di zinco nelle foglie sono stati al di sotto dei livelli ottimali. All'allegagione una carenza leggera nelle piante della tesi testimone e una carenza più accentuata nelle parcelle trattate. Come già visto negli anni precedenti dalla fase dell'allegagione a quella dell'invaiaitura i valori sono diminuiti (tab. 4.4.2.1 c).

#### 4.4.2.2 - CONTENUTO IN CLOROFILLA

Nel 2007 i contenuti in clorofilla a e b delle foglie provenienti dalle parcelle sia trattate che non trattate con compost all'allegagione non hanno presentato differenze. All'invaiaitura sia il contenuto di clorofilla b che totale è risultato maggiore nelle foglie provenienti dalle viti delle parcelle con compost. Il contenuto di clorofilla A non è risultato diverso fra le due tesi (4.4.2.2 a).

Nel 2008 i contenuti in clorofilla a e b delle foglie provenienti sia dalle piante delle parcelle non trattate che da quelle trattate con compost non hanno presentato differenze tra le tesi in nessuna epoca di rilievo (4.4.2.2 b).

Nel 2009 all'allegagione non sono state riscontrate differenze nei contenuti di clorofilla nelle foglie delle viti delle due tesi. All'invaiaitura il contenuto di clorofilla a e di clorofilla totale è risultato significativamente superiore nelle foglie provenienti dalle piante delle parcelle non compostate mentre non sono state rilevate differenze nei valori di clorofilla b (4.4.2.2 c).

#### 4.4.2.3 - RILIEVI DI SPAD

Nel 2007 le letture di SPAD, registrate nelle foglie delle piante dopo l'allegagione, avvenuta nella seconda decade di giugno, sono state più alte nelle viti trattate per tre rilievi. Successivamente non sono state riscontrate differenze tra le tesi se non all'ultimo rilievo dove i valori superiori sono stati osservati nelle foglie delle parcelle che erano state ammendate (tab. 4.4.2.3 a). Per quanto riguarda le letture di SPAD effettuate in funzione della posizione delle foglie sul tralcio, i valori maggiori sono stati rilevati,

inizialmente, nelle foglie basali successivamente non sono state riscontrate differenze e dall'invaiaatura i valori di SPAD maggiori sono stati rilevati in quelle mediane e apicali. Questo può essere imputato all'invecchiamento delle foglie situate nella parte basale del tralcio (fig. 4.4.2.3 a).

Nel 2008 i valori SPAD rilevati dall'allegagione alla vendemmia sono stati superiori nelle foglie delle piante delle parcelle trattate a quelli rilevati sulle foglie delle parcelle testimoni per quasi tutto il periodo di osservazioni. Le differenze statisticamente significative sono state riscontrate in cinque rilievi su di un totale di undici. L'andamento generale dei valori SPAD è stato decrescente dall'allegagione alla vendemmia (tab. 4.4.2.3 b).

I valori di SPAD rilevati sulle foglie apicali, mediane e basali, durante la prima parte della stagione vegetativa, sono stati significativamente differenti tra loro nella maggior parte dei rilievi effettuati. Inizialmente i valori maggiori sono stati rilevati sulle foglie basali. Dopo l'invaiaatura, i valori SPAD delle foglie mediane sono risultati superiori rispetto ai valori rilevati sia delle foglie basali che apicali fino alla vendemmia (fig. 4.4.2.3 b).

Nel 2009 i valori SPAD, rilevati durante la stagione vegetativa dalla fioritura all'inizio invaiaatura non sono risultati differenti tra le tesi. Differenze significative sono state rilevate solo nell'ultimo rilievo effettuato prima della vendemmia dove il valore SPAD rilevato nelle foglie delle parcelle testimoni è risultato maggiore rispetto a quello delle foglie delle piante nelle parcelle con compost (tab. 4.4.2.3 c). Per quanto riguarda la posizione delle foglie sul tralcio, i rilievi SPAD, effettuati durante la prima parte della stagione vegetativa evidenziano valori significativamente maggiori nelle foglie basali. Dopo l'allegagione il valore SPAD delle foglie mediane ha superato quello sia delle basali che delle foglie apicali. Non sono state rilevate differenze significative nell'ultimo rilievo prima della vendemmia ( fig. 4.4.2.3 c).

Nel triennio di prove, sia per quanto riguarda le piante testimoni che quelle trattate con il compost, sono state osservate correlazioni tra i valori di clorofilla totali e i valori di SPAD (fig. 4.4.2.3 d).

#### *4.4.2.4 - MONITORAGGIO DEI PARAMETRI QUALITATIVI DURANTE LA MATURAZIONE*

---

Nel 2007 dalle analisi condotte durante la maturazione delle uve nelle due tesi, nel primo periodo non sono state osservate differenze nell'accumulo di solidi solubili. Dal prelievo del 9 agosto il contenuto zuccherino dei mosti delle uve delle piante senza compost è stato superiore rispetto alle piante che avevano ricevuto il compost, e questo è stato rilevato fino al rilievo prevendemmiale (tab. 4.4.2.4 a). Per quanto riguarda l'acidità titolabile è stato osservato un decremento piuttosto lineare e sono state riscontrate differenze tra le tesi all'inizio di agosto e al rilievo prevendemmiale (tab. 4.4.2.4 b). Per il pH è stato notato sostanzialmente un andamento simile tra le tesi e valori di pH più alti sono stati osservati nel prelievo prevendemmiale nei mosti delle uve provenienti dalle piante trattate con compost (tab. 4.4.2.4 c).

Nel 2008 il contenuto dei solidi solubili dei mosti provenienti dalle uve delle piante testimoni, nei rilievi successivi all'invaiaatura e nei due precedenti la vendemmia, è risultato superiore nei rilievi di luglio e di settembre nelle uve delle piante con compost. Solamente in un rilievo su otto il contenuto zuccherino dei mosti delle uve delle parcelle testimoni è stato significativamente superiore a quello delle parcelle con compost (tab. 4.4.2.4 d).

L'acidità titolabile è stata significativamente superiore nei mosti delle uve delle parcelle senza compost nei primi due campionamenti e in quello prevendemmiale (tab. 4.4.2.4 e). Negli altri rilievi non sono state osservate differenze fra le tesi. I valori di pH dei mosti provenienti dalle uve delle piante con compost è risultato superiore rispetto alle uve delle piante testimoni nel rilievo di luglio e in quello prevendemmiale (tab. 4.4.2.4 f).

Nel 2009 l'accumulo di solidi solubili dalla metà di agosto in poi è stato superiore nelle uve delle parcelle con compost. All'epoca prevendemmiale non ci sono state differenze tra le tesi (4.4.2.4 g). Per quanto riguarda l'acidità titolabile non sono state rilevate differenze tra le tesi nei tre prelievi (4.4.2.4 h). I valori di pH sono stati superiori nei mosti delle uve provenienti dalle parcelle compostate solamente nel rilievo del 27 agosto (4.4.2.4 i).

#### 4.4.2.5 - RILIEVI ALLA VENDEMMIA

---

Alla vendemmia del 2007, nella tesi con apporto di compost, è stato osservato un peso dei grappoli e un volume degli stessi maggiore nelle piante trattate con compost e questo ha influito sulla produzione per pianta aumentandola. Anche il peso e il volume degli acini è risultato superiore nelle uve delle piante della tesi in cui era stato somministrato il compost. Da un punto di vista qualitativo il mosto proveniente dalle uve delle piante testimoni ha presentato un contenuto in solidi solubili maggiore rispetto a quello delle piante trattate. Non sono state osservate differenze nell'acidità dei mosti delle due tesi, mentre il pH è risultato più elevato nei mosti delle uve delle piante dove era stato distribuito il compost. Dal rapporto tra il peso dell'uva con quello del legno di potatura è stato ottenuto l'indice di Ravaz che è variato fra 1,3 nelle piante non trattate e 0,8 in quelle con compost dimostrando che le piante da un punto di vista vegetativo erano in equilibrio.

Nel 2008 i parametri produttivi rilevati alla vendemmia quali: numero, peso e volume dei grappoli, produzione per pianta, peso e volume acino e solidi solubili sono stati statisticamente superiori nelle piante che avevano ricevuto il compost mentre acidità titolabile e pH sono stati superiori nelle uve provenienti dalle piante testimoni. Nell'indice di Ravaz non sono state notate differenze tra le tesi; il valore indica che le piante erano in un buon equilibrio vegeto-produttivo.

Alla vendemmia del 2009 non sono stati rilevati differenze tra i parametri vegeto-produttivi fatta eccezione per il volume medio degli acini che è risultato statisticamente superiore nelle piante delle parcelle con compost. Anche in quest'anno non sono state osservate differenze nell'indice di Ravaz (tab 4.4.2.5).

#### 4.4.3 - VIGNETO DI ZOVON

---

##### 4.4.3.1 - DIAGNOSTICA FOGLIARE

---

Anche in questo vigneto i risultati di queste analisi vengono condotte per ogni elemento e sono confrontati con i valori proposti da Fregoni (*l.c.*).

Azoto – 2007 – All'allegagione l'azoto è risultato carente nelle foglie delle viti delle due tesi. La carenza è perdurata nelle foglie delle piante testimoni mentre in quelle delle

viti che avevano ricevuto il compost è stato riscontrato un leggero eccesso (tab. 4.4.3.1 a).

2008 – All'allegagione il contenuto di azoto delle foglie delle due tesi è risultato in eccesso. All'invasatura il contenuto dell'elemento è diminuito in entrambe le tesi portando ad una situazione di carenza nelle foglie (tab. 4.4.3.1 b).

2009 – La quantità di azoto delle foglie delle viti di entrambe le tesi all'allegagione è risultato fortemente in eccesso. All'invasatura il contenuto di questo elemento, pur diminuito, ha mostrato valori ancora in eccesso (tab. 4.4.3.1 c).

Fosforo – 2007 – All'allegagione il contenuto in fosforo è risultato in leggero eccesso sia nelle piante testimoni che con compost. Nella fase dell'invasatura è stata rilevata una carenza di fosforo nelle foglie di entrambe le tesi (tab. 4.4.3.1 a).

2008 – All'allegagione il contenuto in fosforo nelle foglie è risultato leggermente in eccesso. All'invasatura il contenuto di fosforo nelle foglie è fortemente diminuito fino a livelli di carenza nelle foglie delle piante delle due tesi (tab. 4.4.3.1 b).

2009 – Come nel primo anno di ricerca, all'allegagione, nelle foglie delle piante di entrambe le tesi è risultato un contenuto di fosforo a livelli di eccesso, in particolare nelle foglie provenienti dalle piante testimoni. All'invasatura il contenuto dell'elemento è diminuito portando ad una leggera carenza nelle foglie delle piante delle due tesi (tab. 4.4.3.1 c).

Potassio – Nel 2007 nelle foglie delle piante allevate nelle parcelle con compost, all'allegagione, è stata rilevata una carenza di potassio e una leggera carenza in quelle della tesi testimone. All'invasatura, il contenuto di potassio nelle foglie delle piante testimoni ha raggiunto livelli ottimali mentre nelle foglie delle parcelle delle piante con compost è stata osservata una carenza leggera di potassio (tab. 4.4.3.1 a).

Nel biennio successivo il contenuto di potassio nelle foglie è sempre stato a livelli di carenza (tab. 4.4.3.1 b, c).

Calcio – 2007 – Il contenuto di calcio nelle foglie all'allegagione sia nelle piante delle parcelle testimoni o con compost, è risultato a livelli di carenza. All'invasatura il contenuto di calcio è risultato in eccesso nelle foglie delle piante di entrambe le tesi (tab. 4.4.3.1 a).

Nel 2008 sia all'allegagione che all'invaiaitura, nelle due tesi, è stata registrata una carenza di calcio con una diminuzione dell'elemento con il progredire della stagione vegetativa (tab. 4.4.3.1 b).

Nel terzo anno di ricerca il contenuto in calcio delle foglie sia all'allegagione che all'invaiaitura è risultato nel range dell'optimum. Passando dall'allegagione all'invaiaitura, i contenuti dell'elemento sono diminuiti mantenendo però valori sufficienti per l'ottimale svolgimento delle funzioni metaboliche della pianta (tab. 4.4.3.1 c).

Magnesio – Nel biennio 2007 -2008 in entrambe le epoche ed in entrambe le tesi è stata riscontrata una carenza di magnesio (tab. 4.4.3.1 a, b).

2009 – A differenza degli anni precedenti il contenuto in magnesio è risultato ottimale. Dalla fase dell'allegagione a quella dell'invaiaitura i contenuti dell'elemento sono leggermente aumentati in tutte le parcelle, mantenendo il valore entro un intervallo ottimale (tab. 4.4.3.1 c).

Ferro – Nel biennio 2007-2008, il contenuto di ferro nelle foglie delle viti di entrambe le tesi è aumentato dall'allegagione dove presentava livelli di carenza a valori ottimali all'invaiaitura (tab. 4.4.3.1 a, b).

Nel 2009 il contenuto fogliare di ferro all'allegagione, come il biennio precedente, è risultato carente in entrambe le tesi. Come negli anni precedenti il contenuto dell'elemento è aumentato dall'allegagione all'invaiaitura portando le foglie delle piante con compost a valori ottimali (tab. 4.4.3.1 c).

Boro -2007 – All'allegagione il contenuto di boro rilevato nelle foglie è risultato a livelli ottimali in entrambe le tesi. All'invaiaitura, il valore di boro si è mantenuto nell'optimum nelle foglie delle piante testimoni mentre una leggera carenza è stata rilevata in quelle delle piante con compost (tab. 4.4.3.1 a).

Nel 2008, all'allegagione un leggero eccesso di boro è stato rilevato nelle foglie delle piante delle due tesi mentre all'invaiaitura nelle foglie delle piante di entrambe le tesi è stata riscontrata una leggera carenza (tab. 4.4.3.1 b).

Nel 2009 all'allegagione il contenuto di boro nelle foglie sia delle piante delle parcelle con compost che delle piante testimoni è risultato in eccesso. I livelli dell'elemento

sono diminuiti dall'allegagione all'invaiaitura mantenendo, tuttavia, valori considerati ancora in eccesso nelle parcelle testimoni e di leggero eccesso nelle parcelle trattate (tab. 4.4.3.1 c).

Sodio - Nel triennio, come nel vigneto di Valnogaredo, questo elemento è risultato in eccesso in entrambe le tesi (tab. 4.4.3.1 a, b, c).

Rame - Anche in questo vigneto, nel triennio, sono stati riscontrati livelli di rame nelle foglie in forte eccesso e ciò è imputabile ai trattamenti (tab. 4.4.3.1 a, b, c).

Zinco -Il contenuto di questo elemento nel triennio, sia all'allegagione che all'invaiaitura, è sempre stato a livelli di carenza nelle foglie delle piante di entrambe le tesi, anche se non erano presenti evidenti sintomi di carenza nell'aspetto delle foglie (tab. 4.4.3.1 a, b, c).

#### *4.4.3.2 - CONTENUTO IN CLOROFILLA*

---

Nel 2007, all'allegagione, non sono state riscontrate differenze nel contenuto in clorofilla A, B e totale. All'invaiaitura la quantità di clorofilla B e di clorofilla totale è stata superiore nelle foglie delle piante delle parcelle con compost (tab. 4.4.3.2 a).

Nel 2008 e nel 2009 non sono state riscontrate differenze nel contenuto di clorofilla nelle foglie (tab. 4.4.3.2 b, c).

#### *4.4.3.3 - RILIEVI DI SPAD*

---

Nel 2007 i valori di SPAD sono risultati significativamente maggiori nelle foglie delle viti trattate con compost, fatta eccezione per due rilievi di luglio e per quello prevendemmiale (tab. 4.4.3.3 a).

Dall'allegagione all'invaiaitura non sono state riscontrate differenze nei valori SPAD delle foglie apicali, mediane e basali. Dall'invaiaitura alla vendemmia valori significativamente superiori sono stati rilevati sulle foglie mediane e apicali rispetto alle basali. Nel rilievo effettuato prima della vendemmia non sono state riscontrate differenze tra le posizioni delle foglie (fig. 4.4.3.3 a).

Nel 2008 i valori di SPAD nei rilievi di giugno e di inizio luglio non sono stati differenti tra le tesi. Successivamente nelle foglie delle piante trattate con compost sono state osservati valori superiori (tab. 4.4.3.3 b). Analizzando i valori di SPAD in funzione della posizione delle foglie sul tralcio sono stati rilevati valori superiori in quelle basali dall'allegagione fino all'invaiaatura avanzata ma successivamente il valore SPAD delle foglie mediane è risultato superiore rispetto a quelle in posizione basale e apicale (fig. 4.4.3.3 b).

Nel 2009 non sono state rilevate differenze tra le tesi nei valori SPAD tranne che nel rilievo della seconda decade di luglio che è risultato superiore nelle piante non trattate (tab. 4.4.3.3 c). Come l'anno precedente i valori maggiori di SPAD sono stati rilevati, per la prima parte della stagione vegetativa, sulle foglie basali mentre, successivamente, i valori delle foglie mediane sono risultati superiori rispetto ai valori delle foglie delle altre due posizioni (fig.4.4.3.3 c).

Come già visto per il vigneto di Valnogaredo, nel triennio di prove, sia per quanto riguarda le piante testimoni che quelle trattate con il compost, sono state osservate correlazioni tra i valori di clorofilla totali e i valori di SPAD (fig. 4.4.3.3 d).

#### *4.4.3.4 - MONITORAGGIO DEI PARAMETRI QUALITATIVI DURANTE LA MATURAZIONE*

---

Nel 2007 l'accumulo di solidi solubili nelle bacche nei primi rilievi non è stato diverso fra le due tesi. Solo dalla seconda decade di agosto è stato riscontrato un maggior accumulo di zuccheri nelle bacche provenienti dalle viti delle parcelle trattate (tab. 4.4.3.4 a).

L'acidità titolabile nei due rilievi successivi all'invaiaatura e in quello prevendemiale è risultata diversa tra le tesi mentre dal terzo al quinto rilievo sono stati riscontrati valori di acidità maggiori nei mosti delle uve delle piante con compost (tab. 4.4.3.4 b).

Per quanto riguarda il pH dei mosti nei primi due rilievi e in quello prevendemiale non sono state osservate differenze tra le due tesi mentre dal terzo al quinto rilievo il pH dei mosti provenienti dalle uve delle parcelle testimoni ha presentato valori maggiori (tab. 4.4.3.4 c).

Nel 2008 il contenuto in solidi solubili dei mosti all'inizio del periodo di accumulo non è stato diverso fra le tesi. Dalla fine di agosto è stata osservata una maggiore quantità di solidi solubili nei mosti provenienti dalle piante non trattate ma nel rilievo prevendemmiale non sono state riscontrate differenze fra le tesi. Per quanto riguarda l'acidità titolabile dei mosti non sono state riscontrate differenze (tab. 4.4.3.4 d).

I valori di pH riscontrati nei mosti sono stati superiori nelle uve prelevate dalle parcelle testimoni nei rilievi successivi a quello effettuato all'invaiaitura. Nel rilievo effettuato una settimana prima della vendemmia sono stati osservati valori più elevati nei mosti delle uve delle parcelle compostate (tab. 4.4.3.4 e).

Nel 2009 la quantità di solidi solubili nei mosti nell'ultima parte del periodo di maturazione delle uve è stato sempre superiore in quelli ottenuti dalle uve delle piante compostate (tab. 4.4.3.4 f).

Anche l'acidità titolabile è risultata superiore nelle uve provenienti dalle parcelle compostate (tab. 4.4.3.4 g) mentre non sono state osservate differenze nei valori di pH delle due tesi (tab. 4.4.3.4 i).

#### *4.4.3.5 - VENDEMMIA*

---

Nel primo anno di ricerca non sono state riscontrate differenze nei parametri produttivi e qualitativi dei mosti nelle due tesi (4.4.3.5). Anche per l'indice di Ravaz non sono state riscontrate differenze fra le tesi e in entrambi i casi è risultato inferiore ad un equilibrio vegeto produttivo.

Nel 2008, alla vendemmia, i parametri produttivi valutati come: numero, peso e volume dei grappoli, produzione per pianta, peso e volume degli acini sono stati maggiori nelle piante delle parcelle che avevano ricevuto il compost. Per quanto riguarda i parametri qualitativi dei mosti come solidi solubili, acidità e pH non sono state rilevate differenze. Anche quest'anno, l'indice di Ravaz non ha presentato differenze ed è stato in entrambe i casi inferiore ad un equilibrio vegeto produttivo.

Nel terzo anno di ricerca, come in quello precedente, alla vendemmia, tutti i parametri produttivi valutati sono stati superiori nelle piante delle parcelle con compost. Da un punto di vista qualitativo il contenuto in zuccheri e l'acidità titolabile dei mosti sono

stati risultati superiori nelle parcelle con compost mentre i valori di pH sono risultati simili nelle due tesi. Per l'indice di Ravaz non sono state riscontrate differenze e le piante sono rimaste al di sotto di un equilibrio vegeto produttivo.



## **5 - DISCUSSIONE E CONCLUSIONI**

---



Le analisi condotte per la caratterizzazione dei suoli dei due vigneti hanno messo in evidenza che i terreni sono diversi da un punto di vista pedogenetico anche se entrambi hanno una elevata presenza di scheletro e sono calcarei. L'apporto di compost, limitato alla porzione del filare ha influito in modo diverso e per breve tempo su alcune caratteristiche chimiche dei terreni dei due vigneti.

Nel vigneto di Valnogaredo l'effetto del compost sulla capacità di scambio cationica ha portato ad un equilibrio nelle parcelle delle due tesi, omogeneizzando le diverse zone analizzate. I valori sono risultati poi simili nelle diverse parcelle fino alla fine della prova. Nel vigneto di Zovon il compost ha avuto un effetto repressivo nei confronti della CSC. In corrispondenza del terzo campionamento è stato rilevato un decremento di CSC rispetto a quello precedente, maggiore nelle parcelle dove era stato dato il compost. Successivamente i valori di questo parametro sono risultati simili. Analizzando nel tempo, i valori della CSC dei due vigneti sono stati simili, decrescenti fino al terzo campionamento di marzo 2008 per poi crescere e mantenersi costanti.

A Valnogaredo il contenuto di Mg nel terreno è cresciuto nelle parcelle dove era stato ammendato il terreno. Questo effetto è risultato evidente fino dalla primavera del secondo anno di prova, mentre a Zovon il Mg non ha subito influenza dall'apporto di compost. Nei due vigneti l'andamento dell'elemento nel terreno è stato decrescente fino alla primavera del secondo anno di prova e successivamente i valori sono cresciuti

Il contenuto in K dei terreni delle parcelle compostate di Valnogaredo è rimasto costante nel tempo fino alla primavera del secondo anno di prova. I valori inferiori dell'elemento sono stati rilevati nel secondo campionamento nelle parcelle testimoni. Il compost in questo caso ha permesso di mantenere costante il contenuto in potassio nel periodo successivo all'ammendamento.

Dopo il trattamento i contenuti di calcio nei terreni delle parcelle dei due vigneti non hanno subito variazioni imputabili all'apporto di compost.

La dotazione di azoto in entrambi i vigneti non è stata influenzata dall'apporto di compost.

Il compost ha influito sui livelli di carbonio organico soprattutto nel vigneto di Valnogaredo, portando ad avere differenze significative tra le due tesi subito dopo l'apporto dell'ammendante. I valori superiori sono stati rilevati nelle parcelle trattate.

Questa differenza creata con l'ammendamento si è mantenuta fino alla primavera del secondo anno di prova. Anche successivamente i valori delle parcelle con compost sono rimasti leggermente superiori a quelle dove il compost non era stato distribuito. Nel vigneto di Zovon, invece, non sono state rilevate differenze nel contenuto in carbonio organico.

I contenuti in TEC delle parcelle con compost di Valnogaredo sono aumentati dopo l'ammendamento mentre a Zovon, partendo da una situazione differente tra le parcelle prese in considerazione, è stata raggiunta una parità tra i contenuti in carbonio estraibile.

A Valnogaredo i contenuti di HA, simili nelle parcelle all'inizio della prova, sono stati inferiori nelle parcelle ammendate rispetto alle altre. Il compost, in questo caso, ha innescato processi di decomposizione portando ad una modificazione delle sostanze umiche già presenti nel terreno. Le parcelle testimoni, non avendo subito alcun apporto, hanno mantenuto costante il contenuto di HA per tutto il periodo. A Zovon l'apporto del compost ha portato ad una omogeneizzazione dei contenuti di HA che, a distanza di un anno dall'apporto di compost, è tendenzialmente aumentato nelle parcelle compostate.

Nel terreno delle parcelle con compost del vigneto di Valnogaredo i quantitativi di acidi fulvici è aumentato. In questo caso il trattamento ha portato ad un incremento di molecole di piccole dimensioni coinvolte nei processi di umificazione. A Zovon non sono evidenti variazioni nei contenuti di FA attribuibili all'apporto di compost.

Il tasso di umificazione è stato influenzato dal trattamento in entrambi i vigneti. Sia a Valnogaredo che a Zovon, partendo da valori differenti nelle parcelle, dopo l'apporto di compost, i valori del parametro sono risultati simili nelle parcelle, omogeneizzando i valori rilevati precedentemente. Il grado di umificazione non sembra essere influenzato dall'apporto del compost al contrario dell'indice di umificazione che, a Valnogaredo, ha mostrato un picco nelle parcelle con compost nelle analisi effettuate nell'autunno successivo all'ammendamento. A Zovon, l'effetto si è manifestato nella primavera del secondo anno di prova. Il compost ha stimolato nel terreno la quantità di sostanze non ancora umificate ma in fase di umificazione.

Come visto nella separazione degli estratti umici effettuate sui campioni di terreno del vigneto di Valnogaredo, anche per quelli prelevati a Zovon le differenze sono state rilevate in corrispondenza del terzo picco, relativo alle sostanze a basso peso

molecolare. L'apporto del compost ha, anche in questo caso, incrementato la percentuale di sostanze in fase di trasformazione.

I valori di C e N legati alla biomassa sono risultati superiori in entrambi i vigneti nelle parcelle con compost, dimostrando che, con l'apporto di compost, è possibile incrementare anche la quantità di biomassa microbica. Confrontando il carbonio e l'azoto della biomassa microbica è possibile notare una quantità differente della stessa nei due vigneti, e nettamente superiore è stata la biomassa microbica del vigneto di Valnogaredo.

L'analisi mineralogica dei terreni indica che la principale differenza fra i due siti è la massiccia presenza di smectiti nel vigneto di Zovon. I risultati relativi alla capacità degradativa della biomassa microbica indicano che il vigneto di Valnogaredo presenta una condizione più favorevole alla vita microbica, infatti, il rapporto C/N vicino a 10, rappresenta un equilibrio ottimale per i batteri. Nel sito di Zovon l'assenza di equilibrio tra C e N unitamente alla lentezza nell'evoluzione della sostanza organica presente nel compost, indicano un ambiente meno favorevole alla vita dei microorganismi.

L'analisi mineralogica dei terreni indica che la principale differenza tra i due siti è la massiccia di smectite nel suolo di Zovon. Alcuni studi (Haydel *et al.*, 2007; Williams *et al.*, 2008) hanno indagato sulla natura di alcune argille in relazione ad un possibile effetto batteriostatico. Questi studi evidenziano che l'azione antibatterica può essere imputata sua ad uno o più cationi presenti nel reticolo cristallino di argille smectitiche che allo stato di ossidazione e alla carica dei cationi scambiati dal minerale.

Le considerazioni sopra espone permettono di ipotizzare una relazione significativa tra la presenza di minerali smectitici rilevati nel suolo di Zovon e i parametri microbiologici quali-quantitativi come la scarsa quantità di biomassa, l'attività degradativa meno pronunciata e la lentezza nel processo evolutivo della sostanza organica.

Il compost ha agito in modo diverso sulle caratteristiche chimiche e microbiologiche dei suoli dei due vigneti e questo ha influito anche sul comportamento vegetativo e produttivo delle viti.

Come è emerso dai risultati di diagnostica fogliare, nel vigneto di Valnogaredo, a seguito dell'apporto di compost, non è avvenuto un sostanziale cambiamento nel

contenuto in elementi nutritivi nelle foglie delle piante tranne per l'azoto che, a seguito del trattamento, è risultato superiore nelle piante delle parcelle trattate. Nel vigneto di Zovon è stato riscontrato nelle foglie un contenuto di azoto superiore sia all'allegagione che all'invasatura e in tutto il triennio nelle parcelle in cui era stato somministrato il compost. Per quanto riguarda gli altri elementi l'apporto di compost ha influito in maniera limitata o nulla sui contenuti delle foglie.

I quantitativi di clorofilla totale all'allegagione del vigneto di Valnogaredo sono risultati maggiori nelle foglie delle piante con compost nei primi due anni di analisi. Il secondo anno anche il contenuto in clorofilla a è risultato superiore nelle foglie delle piante delle parcelle che avevano ricevuto il compost. A Zovon valori maggiori di clorofilla totale sono stati rilevati all'invasatura del primo anno.

I valori di SPAD sono risultati superiori nelle foglie delle parcelle con compost nella prima parte della stagione vegetativa del primo anno e in quasi tutta la stagione del secondo. A Zovon, sono stati rilevati, in quasi tutti i rilievi effettuati sia il primo anno che il secondo, valori di SPAD superiori nelle foglie delle piante che avevano ricevuto il compost. Strette correlazioni sono emerse tra i valori SPAD rilevati in campo e i contenuti in clorofilla. Ciò conferma la validità di queste misure, non distruttive, per determinare lo stato nutrizionale e in particolare il contenuto dell'azoto nelle foglie delle piante (Porro *et al.*,2002).

Alla vendemmia, nel vigneto di Valnogaredo, i parametri produttivi rilevati nei primi due anni sono risultati superiori nelle piante delle parcelle con compost, nel terzo anno è stato rilevato soltanto un volume superiore degli acini delle piante che avevano ricevuto il compost rispetto a quelle testimoni. Da un punto di vista qualitativo, il contenuto in solidi solubili al primo anno è risultato superiore nelle piante delle parcelle testimoni mentre nel secondo anno i valori maggiori sono stati rilevati dove era stato dato il compost. Il pH dei mosti è stato superiore nelle uve delle parcelle con compost il primo anno mentre il secondo anno è risultato superiore nel mosto delle piante testimoni.

Per quanto riguarda il vigneto di Zovon i risultati dell'apporto di compost sono stati evidenti a partire dal secondo anno quando tutti i parametri produttivi sono stati superiori nelle uve delle parcelle che avevano ricevuto il compost. Il terzo anno oltre ai

parametri produttivi anche il contenuto in zuccheri e l'acidità sono risultati superiori nelle uve delle parcelle trattate.

I risultati riguardanti i parametri vegeto-produttivi dei vigneti analizzati indicano che l'aggiunta di compost nel sito di Valnogaredo ha avuto un effetto positivo immediato, rilevato sia nel 2007 che nel 2008, sul numero, peso e volume di grappoli prodotti; negli stessi anni si può notare anche un aumento dei valori di produzione per pianta, peso medio e volume degli acini presenti nelle viti su cui era stato distribuito compost.

Nel vigneto di Zovon, è possibile osservare che gli effetti dell'aggiunta di compost cominciano a comparire solo dopo un anno, nel 2008, e continuano ad essere presenti nel 2009. I dati riguardanti questi due anni indicano, infatti, un aumento significativo della produzione di grappoli (numero, peso e volume), della produzione per pianta e del peso e volume degli acini presenti sulle piante fertilizzate con compost.

In definitiva le presenti ricerche dimostrano che l'apporto di compost può avere un'influenza diversa in funzione del tipo di suolo. I processi che avvengono nel terreno, a livello di sostanza organica e da un punto di vista microbiologico, sono valutabili solo nel lungo periodo. Dalle presenti ricerche emerge che l'apporto di compost dovrebbe essere reiterato per poter influire sulle caratteristiche chimiche e microbiologiche del suolo e quindi per migliorare l'attività vegetativa e produttiva delle viti. Pertanto questo lavoro risulta preliminare a ulteriori ricerche sull'impiego del compost in viticoltura.



## **6 - BIBLIOGRAFIA**

---



AA.VV., 1992. Agricoltura e ambiente. Accademia Nazionale di Agricoltura, Ed agricole.

AA.VV., 1996. I suoli dell'area a DOC dei Colli Euganei. Ente di Sviluppo Agricolo del Veneto. Serie Pedologica n.4.

AA.VV., 2001. I suoli dei Colli Euganei. A cura di A. Garlato e F. Ragazzi, Veneto Agricoltura.

Abreu, X., 2005. Evaluacion del efecto de las propiedades hidrologicas y sistema de manejo sobre la susceptibilidad a erosion superficial y en masa en suelos pedregosos con vina del Priorato (Cataluna, Espana). Ph.D. Thesis. University of Lleida, Lleida, Spain.

Adamo, P., 2005. Metodi di analisi mineralogica del suolo. Ministero per le Politiche Agricole e Forestali. Osservatorio Nazionale Pedologico e per la qualità del suolo agricolo e forestale. Mineralogia del suolo (Angeli ed.).

Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, 2001. Metodi di analisi del compost; Manuale ANPA. Unita Normativa Tecnica , 3/2001.

Albuzio A., Ferrari G., 1989. Modulation of the molecular size of humic substance by organic acids in the root exudates. Plant and soil 113, p.237-241.

Allen, H.D., Randall, R.E., Amable, G.S., Devereux, B.J. 2006. The impact of changing olive cultivation practices on the ground flora of olive groves in the Messara and Psiloritis regions, Crete, Greece. Land Degrad. Dev. 17, 249-273.

Amman R., Ludwing W. e Schleifer K. H., 1995. Phylogenetic Identification of individual microbial cells without cultivation. Microbiological Reviews, 59: 143- 69.

Andfeux, F., 1996. Humus in World soils. p. 45-101. In A. Piccolo (ed.) Humic substances in terrestrial ecosystems. Elsevier, Amsterdam.

Audus L. J., 1972. Chemistry and physiology in plant growth substances, vol. 1. Leonard Hill, London.

Barahona, E., 1974. Arcillas de ladrillería de la provincia de Granada: Evaluación de algunos ensayos de materias primas. Ph.D. thesis, Granada, Spain, University of Granada, 398.

Beffa, T., Blanc M., Marilley L., Lott Fischer J., Lyon P., 1996. Taxonomic and metabolic microbial diversity during composting. In M. d M. Aragno, De Bertoldi, P. Sequi, B. Lemmes, and T. Papi (eds.), Blackies Academic & Professional, London, UK, p. 149-161.

Borselli L., Pellegrini S., Torri D., Bazzoffi P., 2002. Tillage erosion and land levelling: evidences in Tuscany (Italy). In: Proceedings of the Third International Congress Man and Soil at the Third Millennium. Ed by Rubio, J.L., Morgan, R.P.C., Asins, S., Andreu, V., Geofoma Ediciones, Logrono, Spain. 1341-1350.

Benedetti A., Gianfreda L., 2004. Metodi di analisi biochimica del suolo. MIPAF, Franco Angeli Ed. Milano. pp. 1-24.

Bohn H.L., McNeal B.L., O'Conner G.A., 1985. Soil Chemistry 2nd ed. John Wiley and Sons, New York.

Biala, J., 1999. Germans try compost in growing media, Australian Horticulture, 102 – 105.

Biala J., 2000. The use of compost in viticulture - A review of the international literature and experience. Environment Australia, Canberra.

Brown J.C., 1978. Mechanism of iron uptake in plants. Plant Cell Environ: 1, p.249-257.

Cacco G., Dell'Agnola G., 1984. Plant growth regulator activity of soluble humic complexes. Soil Sci., 64: 225-228.

Casati P., Pace F., 1996. Scienze della Terra. Vol 2 - L'atmosfera, l'acqua, i climi, i suoli. Città Studi Edizioni, pp 213- 266.

Castrignanò A., Stelluti M., 1997. Metodi di studio della variabilità spaziale e delle proprietà fisiche del suolo. Riv. di Agron., 31: 361-374.

Centemero M., 1997. Collocamento e valorizzazione dei materiali compostati nei diversi comparti agricoli. Compost e agricoltura. Ed. L' informatore agrario, 40:260-269.

Centemero M., 2002. Il ruolo del compost nei piani di fertilizzazione. Ed.L'informatore agrario, 40:57-60.

Chen Y., Aviad T., 1990. Effects of humic substances on plant growth. In P MacCarthy, Clapp C.E., Malcom R.L., Bloom P.R.. Humic Substances in Soils and Crop Science. Selected Readings. Soil Science Society of America, Madison, pp. 161-186.

Chen Y., Barak P., 1982. Iron nutrition of plants in calcareous soils. Adv. in Agronomy, 35: p. 217-240.

Crovetto Lamarca C., 2000. Les fondements d'une agriculture durable. Panam, Villemur-sul-Tarn.

Darwin C., 1882. Il ruolo dei vermi nella formazione della terra vegetale. Rainwald, Parigi.

De Bertolodi M., Sequi P., Lemmes B., Papi T., 1996. The science of composting, Blakie Academic and Professional, London.

Dell'Agnola G., Ferrari G., 1971. Molecular sizes and functional groups of humic substances extracted by 0,1 M pyrophosphate from soil. Journal of Soil Science, 22: 342-439.

Diacono, M., Montemurro F., 2006. Compost da residui organici per l'agricoltura biologica. Agrifoglio 16 18-19.

Dokouchaev V., 1883. Le chernozem russe. Thesis, University of Petersburg.

Dumont J., 1909. La terre arable. Maison Rustique, Parigi.

Druineau G., 1942. Dosage rapide du calcaire actif des sols. Ann.Agron. 12: 441-450.

Essington M.E., 2003. Soil and water chemistry: an integrative approach. CRC press LLC Boca Raton, Florida, USA.

F.A.O.-U.N.E.S.C.O. 1994. Soil Map of the World, Revised Legend. ISRIC, Wageningen, NL.

Fletcher R.A., McCullagh D., 1971. Cytokinin induced chlorophyll formation in cucumber cotyledons. Planta, 101: 88-90.

Florenzano G., 1991. Compostaggio rifiuti urbani-fanghi attivi. Fondamenti di microbiologia del terreno. REDA, Roma, pp. 515-524.

Franz L., 2005. Il compost di qualità: problemi ancora aperti. Atti del forum interregionale sul compostaggio (CIC), Bologna 5 maggio, CD-ROM.

Fregoni M., 1980. Nutrizione e fertilizzazione della vite. Edagricole ed. (Bologna).

Fregoni M., Bavaresco L., 1985. Evoluzione delle conoscenze sulla clorosi ferrica della vite". *Vignevini* 11: 13-19.

Fregoni M., 2006. Viticoltura di qualità. Phytoline ed. (Affi, Verona).

Fuhr F., Sauerbeck D., 1965. Die raumliche und chemische Verteilung durch die Wurzel aufgenommen organische Rotteprodukte bei *Daucus carota*. *Landwirtsch. Forsch*, 19: 153-163.

Fuhr F., 1969. Tracer studies on the uptake of soil organic matter compounds by plant roots. *Actes du Symposium Internationale de la Radioecologie*. Centre d'études nucléaires de Cadarache, pp. 623-635.

Gambardella, C.A., Elliott E.T., 1992. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56:777-783.

Gehu F., 1959. Procède d'élimination rapide de la matière organique pour l'application de la méthode de Drouineau aux sols très humifères. *Bulletin de la Société Botanique de France* 106: 209- 212.

Genevini P.L., 1998. Compost e Agricoltura. Fondazione Lombardia per l'ambiente. Milano, p.4 1-55 e 260-265.

Ghosh K., Schnitzer M. 1980. Macromolecular structures of humic substances. *Soil Science*, 129: 266-276.

Giardini L., 1985. *Agronomia generale*, Patron Editore, pp. 51-52, pp. 114-116.

Gittings T., 1994. Dung decomposition in contrastino temperate pasture in relation to dung beetle and earthworm activity. *Pedobiologia*, 38: 455-474.

Gobat J.M., Aragno M., Matthey W., 2004. *The living soil*. Science Publishers, Inc. NH, USA.

Grcman H., Velikoja B., Vodnik D., Kos B., Lestan D., 2001. EDTA enhanced heavy metal phytoextraction: metal accumulation, leaching and toxicity. *Plant and Soil*, 235, p.105-114.

Hether N.W., Olsen R.A., Jackson L.L., 1984. Chemical identification of iron reductants exuded by plant root. Second Int. Symposium of Iron nutrition and interactions in plants, August 2-5. Logan, Utah.

Haydel S.E., Remineh C.M., Williams L.B., 2007. Broad-spectrum in vitro antibacterial activities of clay minerals against antibiotic-susceptible and antibiotic-resistant bacterial pathogens. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. 61. 353-361.

Kadisch E., 1985. *Faustzahlen fuer Landwirtschaft und Gartenbau*, 10. Auflage, Landwirtschaftsverlag Muenster-Hiltrup Weinbau, Ruhr-Stickstoff AG (Hrsg.), 325 – 333.

Iannetta M., 2006. Il progetti RIADE sulla desertificazione. *Rivista mensile di informazione e aggiornamento di cultura ambientale*, 4: 2-4.

Ibn Al Awan, 1977. *Le livre de l'agriculture*, Bouslama, Tunisi.

Julian G., Cameron H.G., Olsen R.A., 1983. Role of chelation by ortho dihydroxy phenols in iron adsorption by plant root.

Juste C., Pouget R., 1972. Appréciation du pouvoir chlorosant des sols par un nouvel indice faisant intervenir le calcaire actif et le fer facilement extractible. Application au choix des porte-greffes de la vigne. *C. R. Acad. Agric. Fr.* 58: 352-357.

Legge n. 748, 19 ottobre 1984. Nuove norme per la disciplina dei fertilizzanti. M.A.F. – Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste. Supplemento Ordinario Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana 305 del 6/11/84.

Liebig J.M.D., 1843. *Organic chemistry in the application to vegetable physiology and agriculture*. Edit from the manuscript of the Author by Lyon Playfair, PhD. Philadelphia. James M. Campbell & Co., 98 Chestnut Street.

Lindsay W.L., 1979. *Chemical Equilibria in soil*. Wiley-Interscience, New-York, p.449-476.

Lindsay W.L., Schwab A.P., 1982. The chemistry of iron and its availability to plants. *Plant nutrition*, 5:821-840.

Loehnertz O., 1988. Untersuchungen zum zeitlichen Verlauf der Nährstoffaufnahme bei *Vitis Vinifera* (c.v. Riesling), PhD Thesis, University of Giessen.

Lugato E., Morari F., Nardi S., Berti A., Giardini L., 2009. Relationship between aggregate pore size distribution and organic-humic carbon in contrasting soils. *Soil & Tillage Research*, 103(1), 153-157.

Mustin M., 1987. *Le Compost Edition*. F. Dubusc, Paris.

MacCarthy P., 2001. The principles of humic substances, *Soil Science*, 166:738-751.

MacCarthy, P., Clapp C.E, Malcom R.J.L. Bloom P.R., 1990. Humic substances in soil and crop sciences. Selected readings. Madison, Wisconsin, Soil Sci. Society of America.

Marschener H., Treeby M., Romheld V., 1989. Role of root induced changes in the rhizosphere for iron acquisition in higher plants. *Z. Pflanzenernähr, Bodenk*, 152:197-204.

Martínez-Casasnovas J.A., Sánchez-Bosch I., 2000. Impact assessment of changes in land use/conservation practices on soil erosion in the Penedès-Anoia vineyard region (NE Spain). *Soil and Tillage Research*. 57: 101-106.

Martínez-Casasnovas J.A., Ramos M.C. Ribes-Dasi M., 2002. Soil erosion caused by extreme rainfall events: mapping and quantification in agricultural plots from very detailed digital elevation models. *Geoderma*. 105, 105-140.

Martínez-Casasnovas J.A., Ramos M.C., Ribes-Dasi M., 2005. Onsite effects of concentrated flow on erosion in vineyard fields: some economical implications. *Catena*. 60, 129-146.

Masoni A., 2002. Agricoltura e sicurezza alimentare e ambientale. *Rivista di agronomia*, 2: 101-125.

Mato M.C., Méndez J., 1970. Inhibition of indolacetic acid-oxidase by sodium humate. *Geoderma*, 3: 255-258.

Mato M.C.,Gonzales-Alonso, Mendez J., 1972. Inhibition of enzymatic indoleacetic acid oxidations by soil fulvic acids. *Soil Biol. Biochem.*, 4: 475- 478.

Mato M.C., Fabregas R., Mendez J., 1971. Inhibitory effect of soil humic acids on indolacetic acid-oxidase. *Soil Biol. Biochem.*, 3: 285-288.

Maynard A.A., 2000. Compost: the process and research. The Connecticut Agricultural Experiment Station. Bulletin n. 996, Luglio, 1-14.

McGourty G., Reganold J., 2005. Managing vineyard soil organic matter with cover crops. Proceedings of the soil environment and vine mineral nutrition symposium, San Diego, California, USA, 29-30 june, 2004. San Diego, 145-151.

McLaren A.D., Jensen W.A., 1960. Absorption of enzymes and other proteins by barley roots. *Plant Physiol.* 35: 549-556.

Mozafar A., 1984. Contact between root and iron substrate and the mobilization of iron by soybean roots. *Journal of Plant Nutrition* 17: 267-278.

Mozafar A., Oertli J. J., 1986. A critical evaluation of iron mobilization mechanism with special reference to the contact effect phenomenon. *Journal of Plant Nutrition.* 5: 821-840.

Muscolo A., Cutrupi S., Nardi S., 1998. IAA detection in humic substances. *Soil Biol. Biochem.* 30: 1199-1201.

Nannimpieri P., 1993. Ciclo della sostanza organica nel suolo. Patron (Bologna).

Nardi S., Dell'Agnola G., Albuzio A., 1986. Variazione della complessità molecolare delle sostanze umiche per effetto dell'acidificazione con acidi organici. *Agrochimica* 30: 148-159.

Nardi S., Concheri G., Dell'Agnola G., 1996. Humic substances mobilization by root exudates and their biological effect on plant nutrition and growth. *Soil Biol. Biochem.*

Nardi S., Reniero F., Concheri G., 1997. Soil organic matter mobilization by root exudates of three maize hybrids. *Chemosphere* 35: 2237-2244.

Nardi S., Concheri G., Dell'Agnola G., 1996. Biological activity of humic substances. In: Piccolo A. Ed., *Humic Substances in Terrestrial Ecosystem*. Elsevier, Amsterdam, pp. 361-460.

Nardi S., Sessi E., Pizzeghello D., Sturaro A., Rella R., Parvoli G., 2002. Biological activity of soil organic matter mobilized by root exudates. *Chemosphere*, 46(7), 1075-1081.

Nortemann B., 1999. "Biodegradation of EDTA". *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 51, p.751-759.

Oparin A. I., 1977. *L'origine della vita*. Bollati Boringhieri, Torino.

Pal S., 1992. Nature and properties of soil humic acid as influenced by incorporation of different plant material. *Plant and Soil*. 16: 11- 15.

Passera C., 1984. *La sostanza organica nel terreno*. "Chimica Agraria". Patron editore, Bologna, pp 153-170.

Peretzki, F.; 1994. *Naehrstoffwirkung und anrechnung von Kompost*, SuB Heft 03/94, 3: 10-12.

Petrovic P., Vitorovic D., Jablanevic M., 1982. Investigation of biological effects of humic acids. *Acta Biol. Med. Exp.*, 7: 21-25.

Phuong H.R., Tichy V., 1976. Activity of humus acids from peat as studied by means of some growth regulator bioassay. *Biol. Plant. Prague*, 18: 195-199.

Piccolo A., 1996. Humus and soil conservation. *Humic Substances in Terrestrial Ecosystem*. Eds. A. Piccolo. pp. 225-264. Elsevier Amsterdam.

Piccolo A., 2001. The supramolecular structure of humic substances. *Soil Sci.* 66:810-832,

Piccolo A., Nardi S., Concheri G., 1996b. Micelle-like conformation of humic substances as revealed by size-exclusion chromatography. *Chemosphere*, 33: 595-60.

Piccolo A., Nardi S., Concheri G., 1996c. Macromolecular changes of soil humic substances induced by interaction with organic acids. *Eur. J. Soil Sci.* 47: 319-328.

Pinamonti F., 1998. Compost mulch effects on soil fertility, nutritional status and performance of grapevine. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 51: 239-248, 1998.

Ponchia G., Giulivo C., 1992. Influenza della combinazione d'innesto e della tecnica colturale sull'attività vegetativa e produttiva di due vitigni. Atti IV Simposio Internazionale di Fisiologia della vite, Torino 11-15 maggio, 33-38.

Porro D., Bertamini M., Dorigati C., Stefanini M., Ceschini A., 2002. Lo SPAD nella diagnosi dello stato nutrizionale della vite. *L'informatore Agrario*, 26: 49-55.

Prà S., Simidovà M., Cincerova A., 1963. Penetration and effect of humus substances (fraction) on plant cells. *Trans 5th congress Biochemistry, Moscow, Vol. IX*, p. 387.

Ravara V., 2006. Residui organici aziendali elaborati per il miglioramento di colture viticole. Tesi di dottorato.

Ravaz L., 1906. Influence des operations culturales sur la vegetation de la vigne. *Ann. E. N. A. Montpellier VI*: 1-41.

Reg (CE) 2003/2003 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 13 ottobre 2003, relativo ai concimi. *Gazzetta Ufficiale Unione Europea*, 304/1 del 21/11/2003.

Rerabek J., 1963. The relation of humic acid to the inhibition of plant straight growth. *Naturwissenschaften*, 50: 309-310.

Rissler E., 1931. *Geologie agricole*. Berger Levrault et Maison Rustique. Parigi.

Rombola A. D., Cremonini M. A., Lucchi A., Sorrenti G., Placucci G., Marangoni B., 2002. Leaching of soil-applied synthetic Fe chelates (Fe-EDDHA) in orchard ecosystem. *Book of abstract XI International Symposium on iron nutrition and interactions in plants*. Udine, 23-28 giugno 2002.

Romheld V., 1987. Different strategies for iron acquisition in higher plants. *Physiology Plantarum* 70: 231- 234.

Romheld V., Marschner H., 1986. Evidence for a specific uptake system for iron phytosiderophores in roots of grasses. *Plant Physiology*, 80: 175-180.

Rossi L., Piccinini S., 2005. Prove di compostaggio i sottoprodotti animali di origine avicola. *Atti dei seminari Ecomondo 2005*, a cura di L. Morselli, 26-29 ottobre 2005, Rimini, pp. 98-104.

Rossi L.. Decreto Legislativo 29 aprile 2006 n. 217, "Revisione della disciplina in materia di fertilizzanti", Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 141 del 20 giugno 2006.

Sidari M., Muscolo A., Cianci V., Attinà E., Vecchio G., Zaffina f., 2005. Evoluzione della sostanza organica in suoli rappresentativi dell'altopiano della Sila. *Forest@* 2: 296-305.

SISS - Società Italiana Scienza del Suolo, 1985. Metodi normalizzati di analisi del suolo. - Edagricole.

Soil Survey Staff, 1996. Soil Survey Manual, Soil Conservation Service USDA. Washington (D.C.).

Soil Survey Staff, 1998. Keys to Soil Taxonomy, eighth edition, USDA, Washington (D.C.).

Soil Survey Staff, 1999. Key to Soil Taxonomy, Pocahontas Press. Inc. Blacksburg-Virginia.

Scarponi L., 2003. *Biochimica Agraria*. Patron Editore, Bologna p.879-884

Schnitzer M., 1978. Humic substances: chemistry and reactions. *Soil organic Matter*.

Ed Schnitzer and Khan, p.1-58.

Schnitzer, M. 1978. Humic Substances. Chemistry and Reactions. In. Schnitzer, M., Khan, S.U., Eds., *Soil Organic Matter*, Elsevier, Amsterdam.

Schnitzer, M. 1986. Binding of humic substances by soil mineral colloids. P. 77-101. In P.M. Huang and M. Schnitzer ed. *Interactions of soil minerals with natural organics and microbes*. SSSA Spec. Publ. 17. SSSA, Madison, WI.

Schnitzer, M., Khan S. U., 1972. *Humic Substances in the environment*. Marcel Dekker, New York.

Senesi N., 1992. Metal-humic substance complexes in the environment. Molecular and mechanistic aspects by spectroscopic approach. *Biogeochemistry of trace metal*. D.C. Adriano. Ed. Lewis publishers. Florida, USA, 429-496.

Sequi P., 1995. *Chimica del suolo*. Patron Ed., Bologna.

Sequi P., Tittarelli F., 2006. L'evoluzione della normativa riguardante il compost. *Informatore fitopatologico*, 12: 26-27.

Silvestri S., Nappi P., Barberi R., 1997. Il processo di compostaggio. *L'Informatore Agrario*, supplemento 44: 11-14.

Soil Survey Staff – U.S.D.A. (United States Department of Agriculture). 1994. *Keys to Soil Taxonomy*. USDA Soil Conservation Service. 6th Edition. Pocahontas Press, Inc. Blacksburg, Virginia. USA.

Smith M.J., 2003. Iron in higher plants: Storage and metabolic role. 2nd Int. Symp. Iron nutrition and interactions in plants. August 2-5. Logan, Utah.

SISS (Società Italiana Scienza del Suolo), 1985. *Metodi normalizzati di analisi del suolo*, Edagricole, Bologna.

Stentiford E.I., 1996. Composting Control: Principles and Practice. In *The Science of Composting*, a cura di De Bertoldi M., Sequi P., Lemmens B., Papi T., p. 49-59. Blackie Academic & Professional, UK.

Stevenson F.J. 1994. *Humus chemistry. Genesis, composition and reactions*. 2nd ed. Wiley-Intersci., New York.

Stevenson, F. J. 1982. *Humus Chemistry - Genesis, Composition, Reactions*. Wiley, New York.

Stevenson, F.J. 1994. *Humus chemistry. Genesis, Composition, Reactions*. 2nd ed. 512. John Wiley & Sons, New York.

Stoeppler-Zimmer H., Petersen, U., 1997. *Kompostanwendung im oekologischen Weinbau*, Sachstandsbericht fuer die Guetegemeinschaft Kompost, Region Suedwest e.V.

Strauch D., 1996. Occurrence of microorganism pathogenic for man and animals in separated biowaste and compost-importance control, limits epidemiology. *The Science of Composting*, Ed. De Bertoldi M., Sequi P., Lemmens B., Papi T., London. Glasgow. Weinheim. New York. Tokio Melbourne. Madras. Blakie Academic & Professional , 224.232.

Susmel L., 1988. *Principi di ecologia*. Cleup Editore, Padova, 401-402.

Swaby, R. J., and J. N. Ladd. 1966. Stability and origin of soil humus. In *The Use of Isotopes in Soil Organic Matter Studies*. Int. Atomic Energy Agency.

Swift R.S. 1996. Organic matter characterization. In: Sparks D.L., ed. *Methods of soil analysis: Part 3, Chemical Methods*. Madison, WI: SSSA and ASA, 1011-1069 SSSA Book.

Swift, R. S. 1999. Macromolecular properties of soil humic substances: fact, fiction and opinion. *Soil Sci.* 164(11):790-802.

Tate R.L., 1987. *Soil organic matter. Biological and ecological effect*. Wiley Interscience, New York.

Takagi S., 1984. Physiological aspect of mugenic acid, a possible phytosiderophores of graminaceous plants. *Plant Nut.* 7: 469-477.

Thaer A.D., 1810. *Grundsätze der Rationellen Landwirtschaft*, Vol.1. Grasslerchen Buchhandlungen, Vienna, Austria. Seen in translation by Shaw W & Johnson CW. Ridgway, Piccadilly, London.

Tichy V., 1982. Physiological and morphological response of plants to the presence of humus substances. *Scr. Fac. Sci. Nat. Univ. Punkynianae Brun.*, 12: 401-406.

Trebbi M., 1989. Mobilization of iron and other micronutrient cation from a calcareous soil by plant-borne, microbial and synthetic metal chelator. *Plant and Soil*, 13: 56-64.

Tropeano D. 1983. Soil erosion on vineyards in the Tertiary Piedmontese basin (northwestern Italy): studies on experimental areas. *Catena*, Suppl. 4, 115-127.

Varanini Z., Pinton R., 1995. Humic Substances and plant nutrition. In. Luttge U. Ed., *Progress in Botany*, Springer-verlag, Berlin, 56: 97-117.

Vaudour E., 2005. *I terroir. Definizioni, caratterizzazione e protezione*. Ed. "Il Sole 24 Ore Edagricole", Bologna, Italy.

Vaughan D., Ord B.G., 1981. Uptake and incorporation of <sup>14</sup>C-labelled soil organic matter by roots of *Pisum sativum* L. *J. Exp. Bot.*, 32: 679-688.

Vaughan, D., 1986. Sostanze Umiche effetti sul terreno e sulle piante. Ramo Editoriale degli Agricoltori, Roma, 59-81.

Vaughan, D., Malcom R. E., 1985. Influence of humic substances on growth and physiological processes. In; Vaughan, D., and Malcom, R.E., Eds., Soil Organic Matter and Biological Activity. Martinus Nijhoff, Dordrecht/Dr junk W. Publishers, Dordecht, The Netherlands, 37-76.

Violante P., 2000. Metodi di analisi chimica del suolo. MIPAF, Franco Angeli Ed., Milano, cap. VIII: 1-13.

Waksmann S.A.,1936. Humus. Williams et Wikins. CO, Baltimore.

Warricik A.W., 1982. Spatial Variability, Appendix 1. Ed. Environmental soil physic, 665-675.

Welburn A.R. and Lichtenthaler H., 1984. Formulae and program to determine total carotenoids and chlorophyll a and b of leaf extracts in different solvents. Advances in Photosynthesis Research Vol. II, Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers, The Hague/Boston/Lancaster ISBN 90-247-2943-2.

Wershaw, R.L. 1986. A new model for humic materials and their interactions with hydrophobic chemicals in soil water and sediment-water systems. J. Contam. Hydrol. 1:29-45.

Williams L.B., Haydel S.E., Giese R.F., Eberl D.D., 2008. Chemical and mineralogical characteristics of french green clays used for healing Clays Clay Miner. 56(4). 437-452.



**7 – FIGURE**

---



Fig. 4.2 a - Valori pluviometrici (mm) e dati di temperatura (°C) del triennio a Valnogaredo.

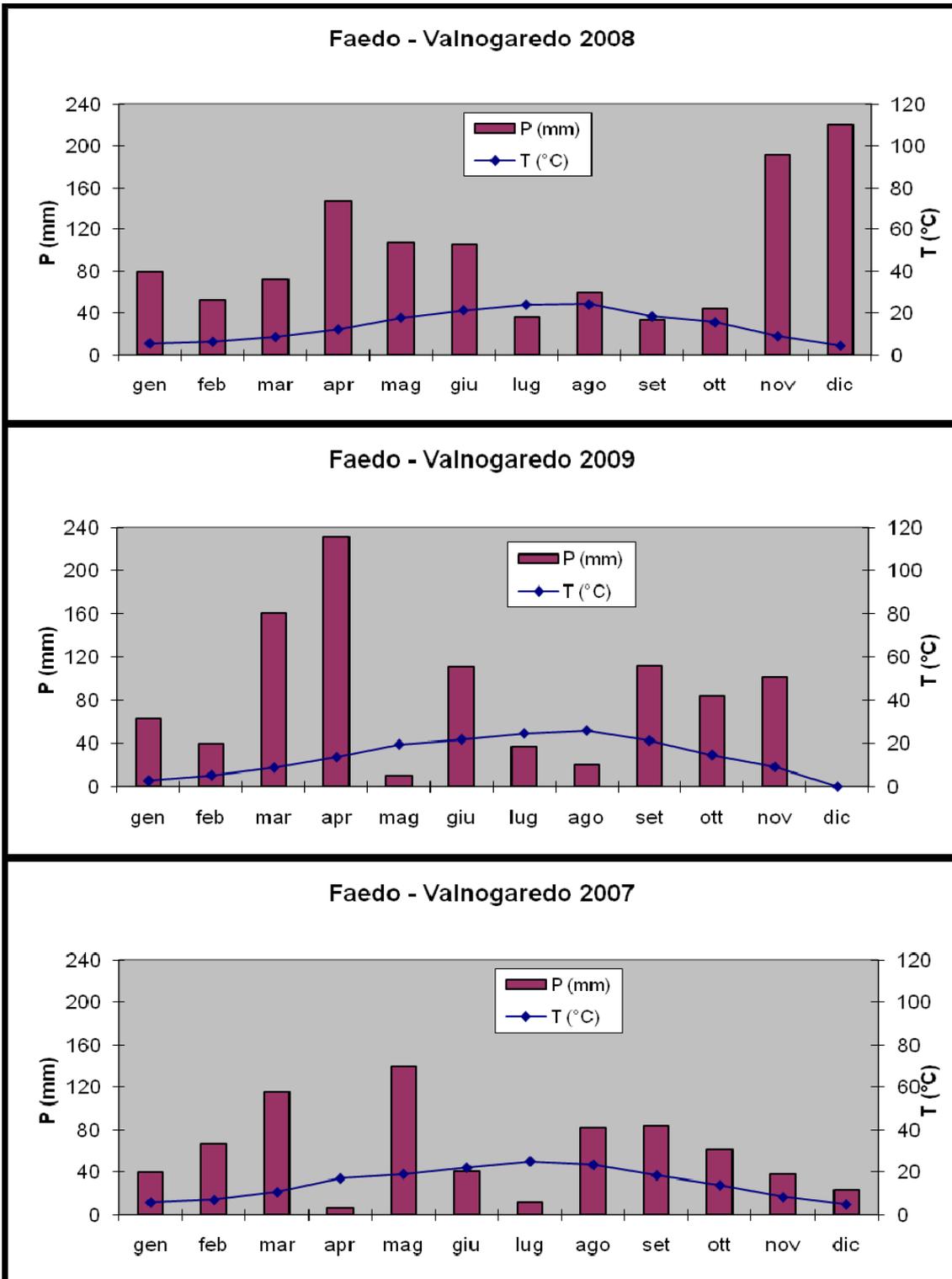




Fig. 4.2 b - Valori pluviometrici (mm) e dati di temperatura (°C) del triennio a Zovon.

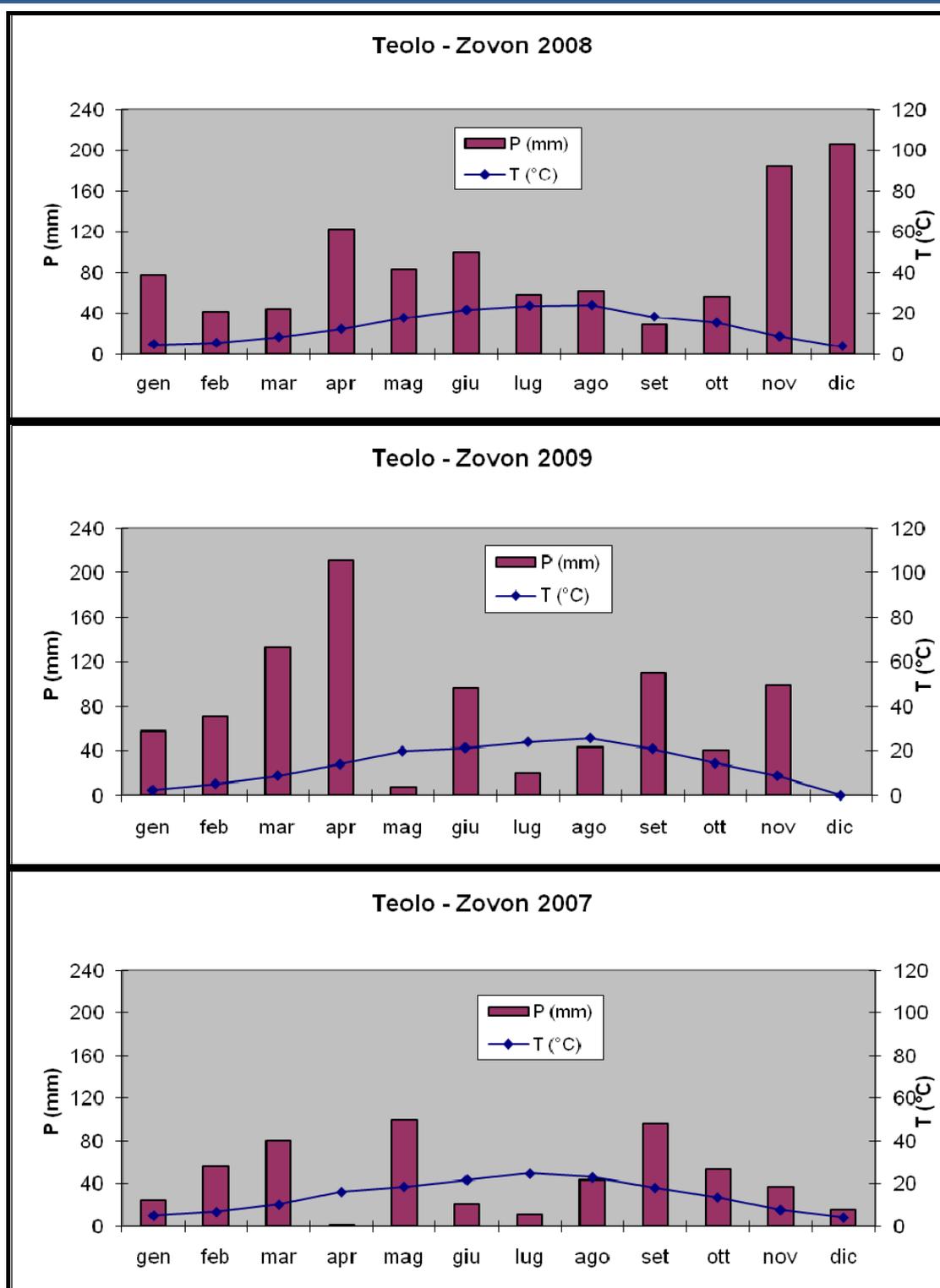




Fig. 4.2.2.3.a - XRD del campione totale, dall'alto verso il basso, i primi due tracciati di Zovon, gli ultimi due di Valnogaredo

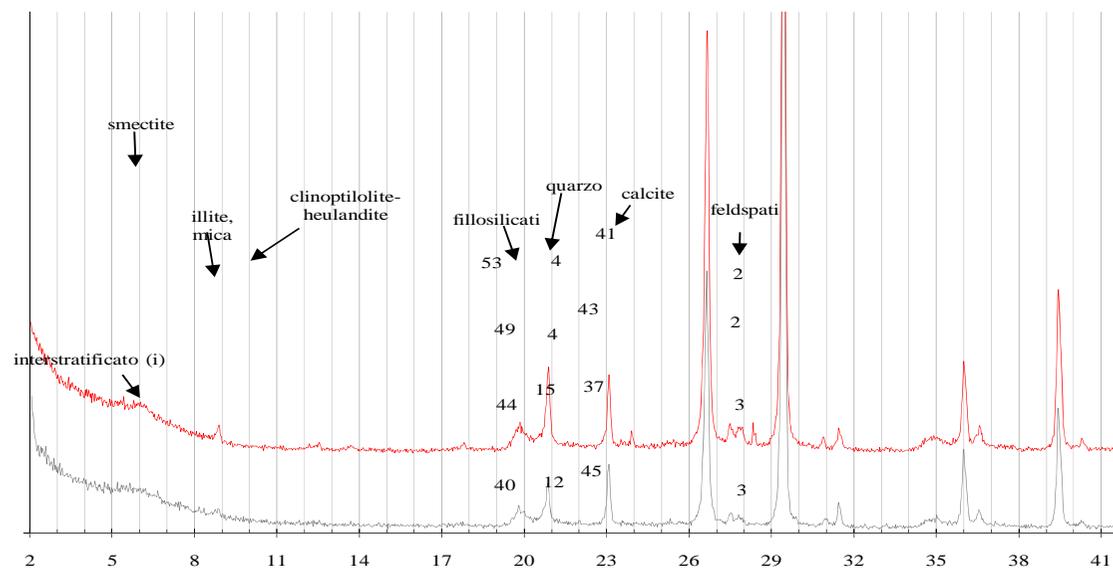




Fig. 4.2.2.3 b - XRD della frazione fine (< 2 micron) suolo di Valnogaredo. Il tracciato rosso indica lo stesso campione dopo glicolazione.

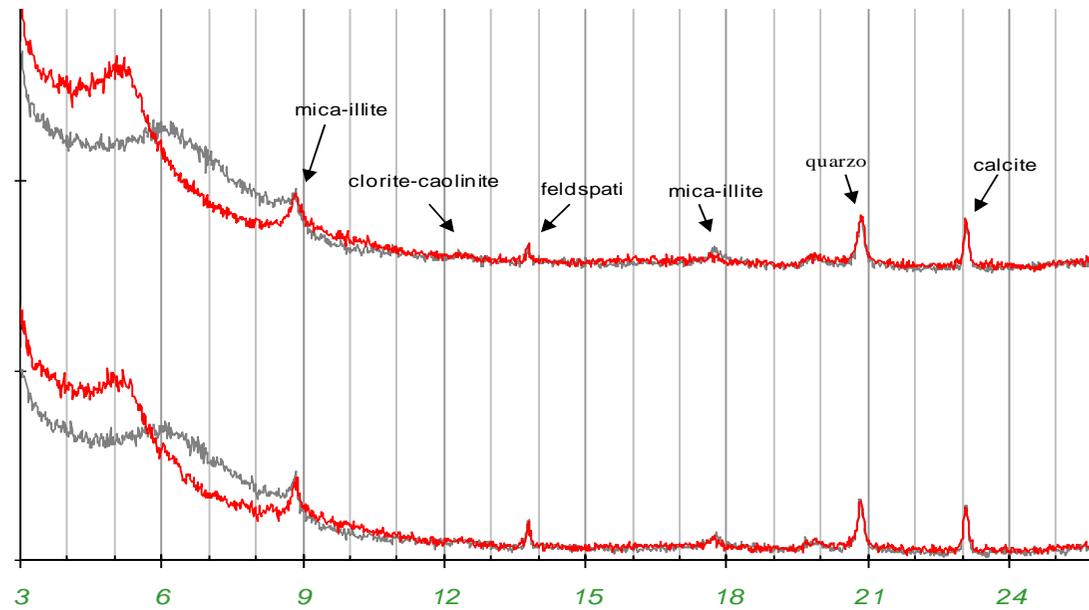




Fig. 4.2.2.3 c - XRD minerali argillosi suolo di Zovon. Il tracciato rosso indica lo stesso campione dopo glicolazione.

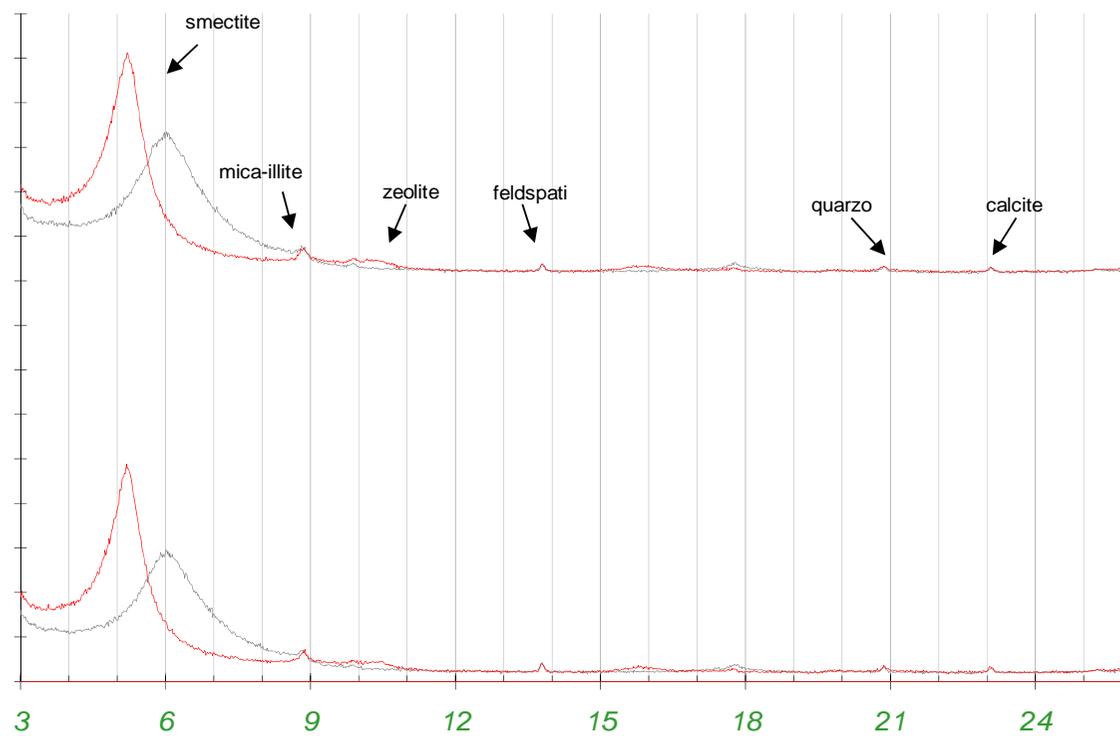
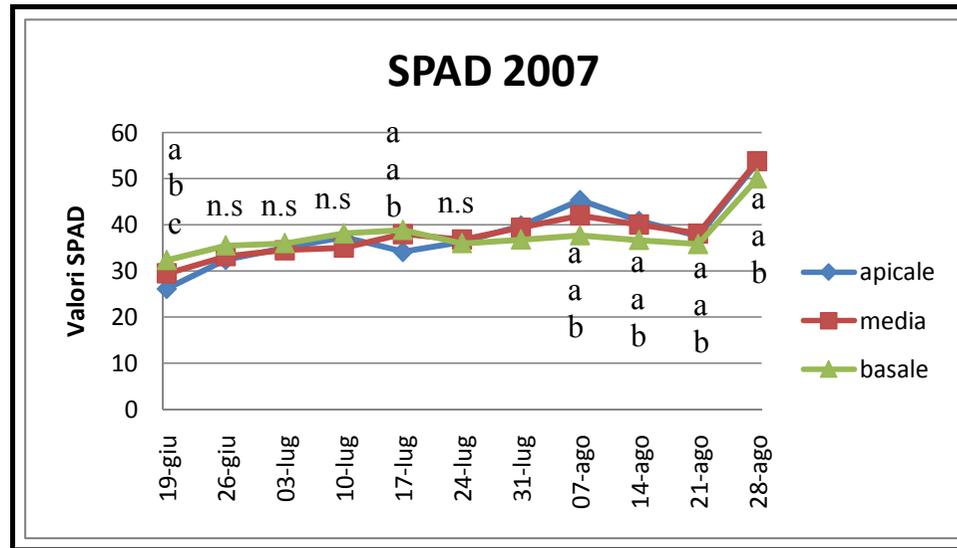




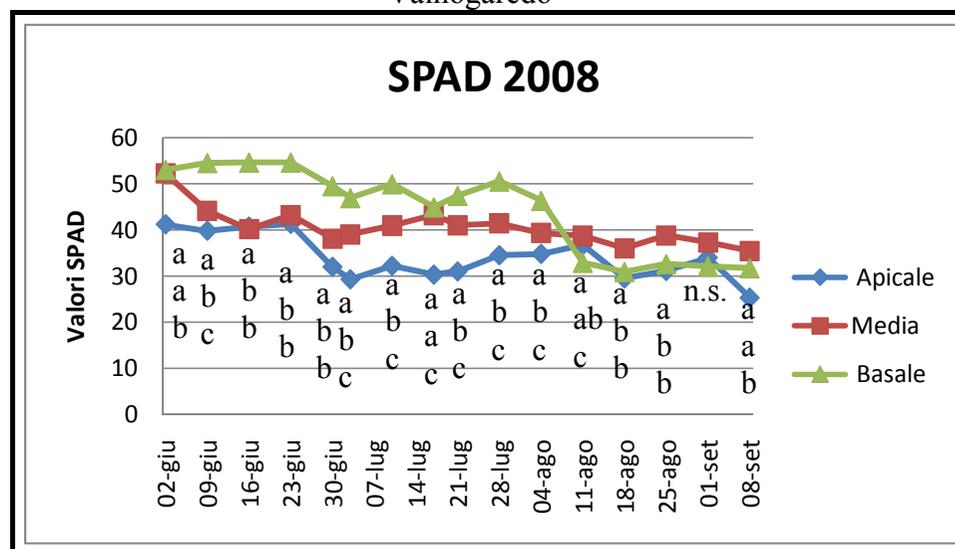
Fig. 4.4.2.3 a - 2007 - Valori medi di SPAD delle foglie rilevati in posizione apicale, mediana e basale dall'allegagione alla vendemmia del vigneto di Valnogaredo



Valori con lettere diverse nell'ambito di una stessa data differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo



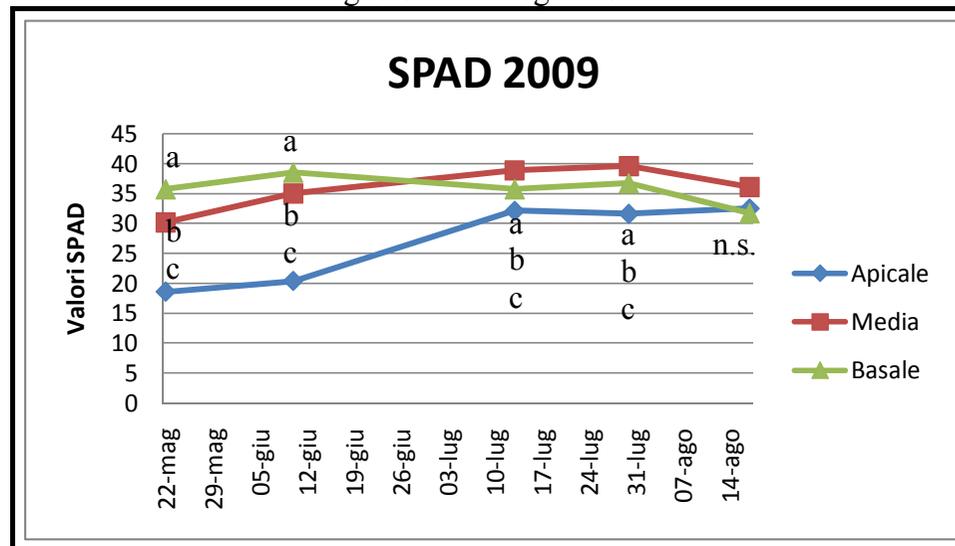
Fig. 4.4.2.3 b- 2008 - Valori di SPAD delle foglie rilevati in posizione apicale, mediana e basale dall'allegagione alla vendemmia del vigneto di Valnogaredo



Valori con lettere diverse nell'ambito di una stessa data differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo



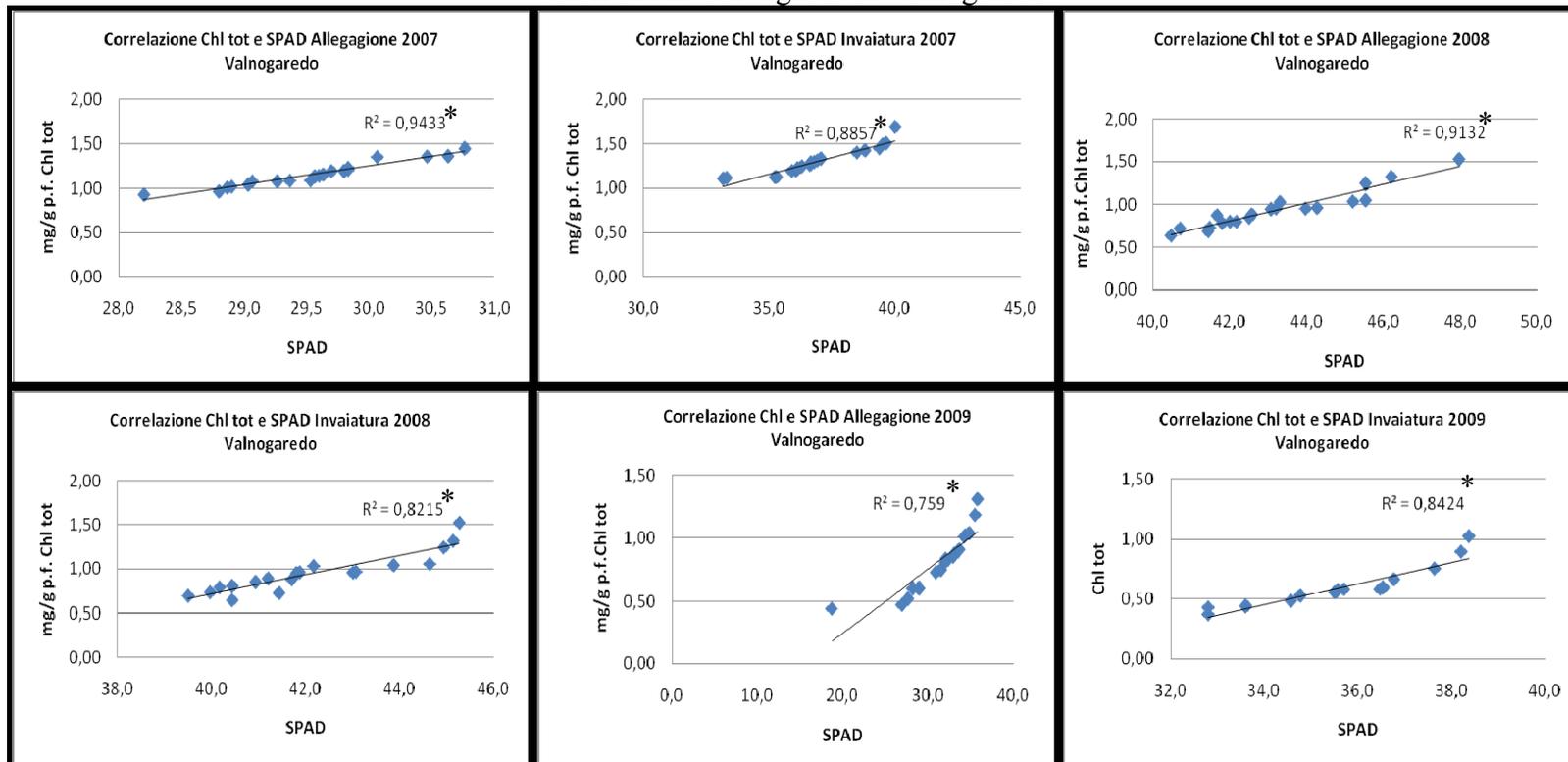
Fig. 4.4.2.3 c - 2009- Valori medi di SPAD delle foglie rilevati in posizione apicale, mediana e basale dall'allegagione alla vendemmia del vigneto di Valnogaredo



Valori con lettere diverse nell'ambito di una stessa data differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo



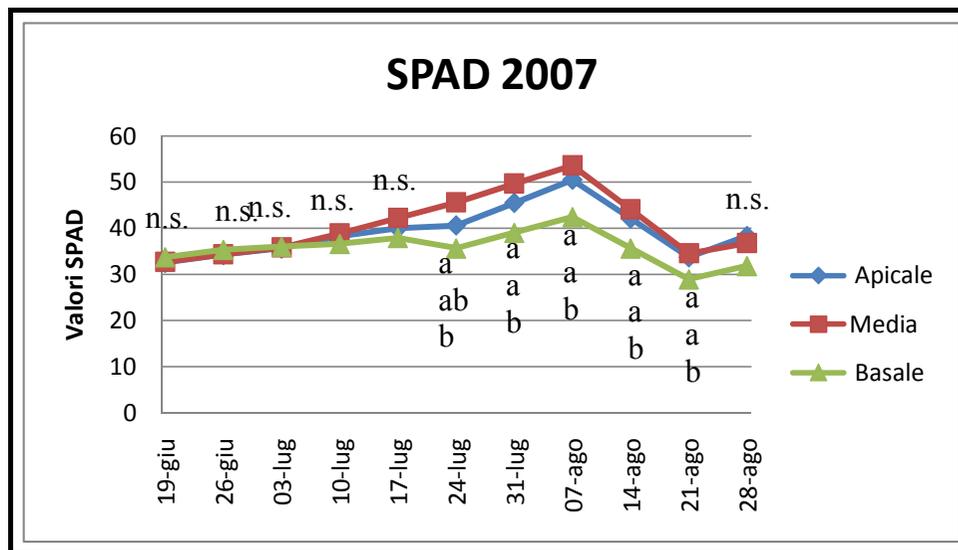
Fig. 4.4.2.3 d - 2007 - 2008 – 2009 Coefficienti di determinazione ( $r^2$ ) per i valori SPAD in relazione al contenuto fogliare di clorofilla e ai valori SPAD del vigneto di Valnogaredo.



Valori seguiti da \* differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan)



Fig. 4.4.3.3 a - 2007 - Valori di SPAD delle foglie rilevati in posizione apicale, mediana e basale dall'allegagione alla vendemmia del vigneto di Zovon

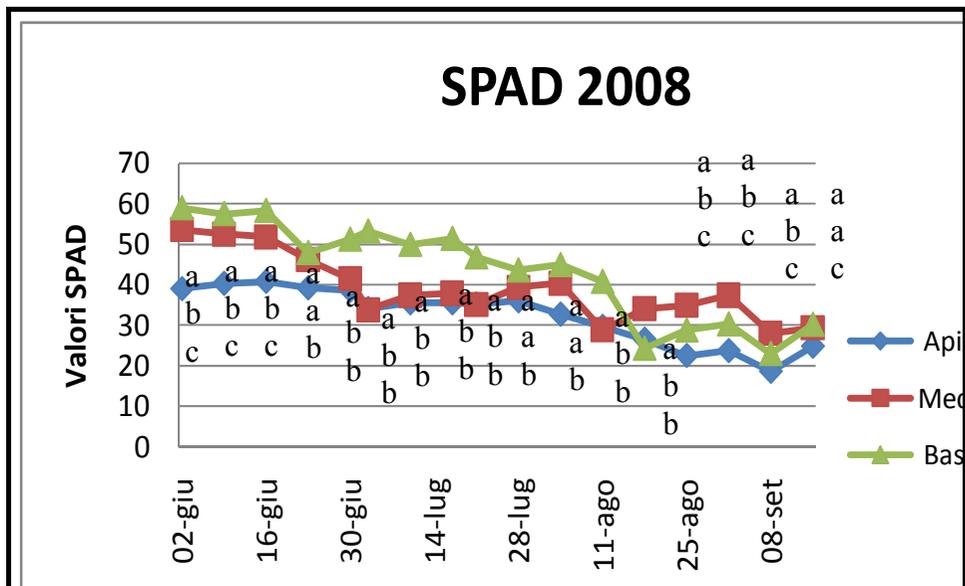


Valori con lettere diverse nell'ambito di una stessa data differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo



Fig. 4.4.3.3. b 2008 - Valori di SPAD delle foglie rilevati in posizione apicale, mediana e basale dall'allegazione alla vendemmia del vigneto di

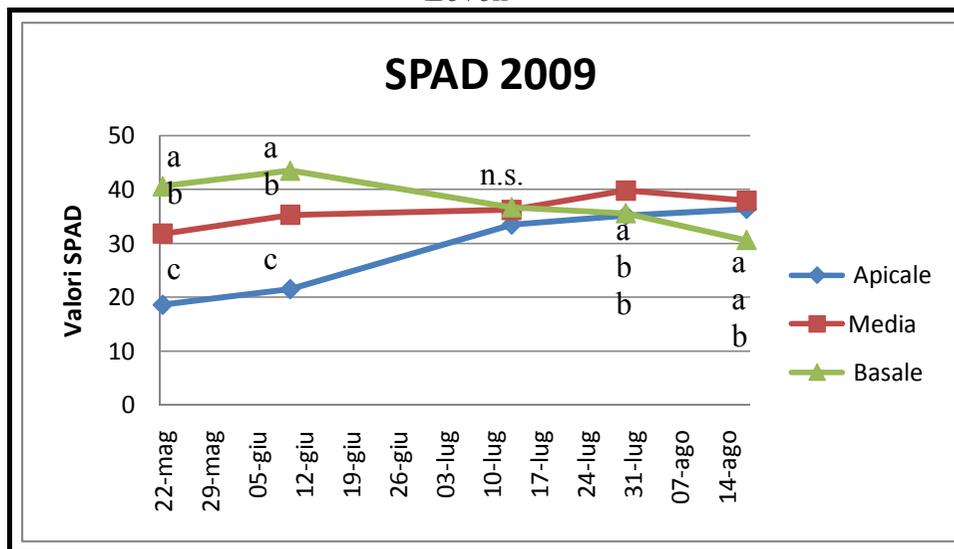
Zovon



Valori con lettere diverse nell'ambito di una stessa data differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo



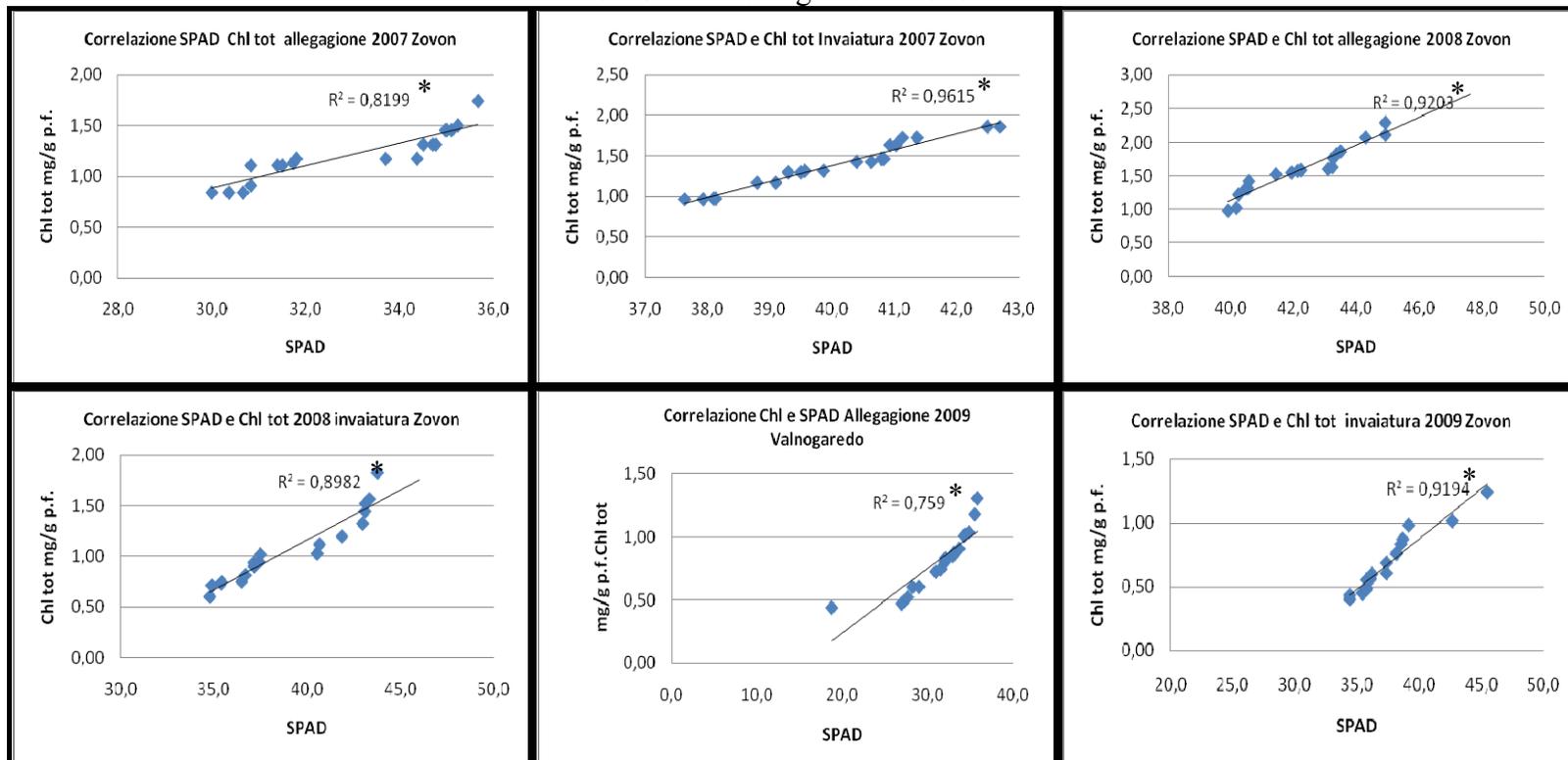
Fig. 4.4.3.3 c - 2009 - Valori di SPAD delle foglie rilevati in posizione apicale, mediana e basale dall'allegazione alla vendemmia del vigneto di Zovon



Valori con lettere diverse nell'ambito di una stessa data differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo



Fig. 4.4.3.3 d – 2007 – 2008 – 2009 - Coefficienti di determinazione ( $r^2$ ) per i valori SPAD in relazione al contenuto fogliare di clorofilla e ai valori SPAD del vigneto di Zovon



Valori seguiti da \* differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan)



**8 – TABELLE**

---



Tab. 4.1 – Analisi effettuate sull’ammendante compostato misto

Umidità	pH	CE 10:1	TOC	TEC	HA+FA	N tot	HR	HD	HI
%		μS/m	%						
49	7,8	2,3	31,9	9,3	7,1	2,1	22,3	76,3	0,3
As	Cd	Ca	Cr	Fe	P	Ni	Pb	K	Cu
mg/Kg									
3,7	0,1	23394	18,0	6256	7405	9,4	2,1	10097	164



Tab 4.3.1 a - Caratteristiche chimico-fisiche del suolo dei vigneti di Valnogaredo e di Zovon all'inizio della prova

		<i>VALNOGAREDO</i>	<i>ZOVON</i>
Scheletro (g/kg)		511	486
Tessitura (%)	Sabbia	36	22
	Limo	15	21
	Argilla	49	57
pH		8.1	8.1
EC 2.5 : 1 (dS/m)		0.34	0.31
Calcare (g/kg)	Totale	450	420
	Attivo	167	181
Carboni o Organico	g/kg	3.45	1.78
		0.3	0.2
Azoto totale			
C/N		12.5	8.9
CSC (cmol (+) / kg)		30.8	44.1



Tab.4.3.1b – Contenuto dei suoli dai vigneti di Valnogaredo e di Zovon in ferro (mg/kg).

	Feo	Fep	Fed	Forme e amorfe (Feo- Fep)	Forme cristalline (Fed- (Forme amorfe-Fep)	Indice di Fe attivo (Feo/Fed)	I.PC (mg/kg di calcare attivo-Feo)
Valnogaredo	0,76	0,19	0,91	0,57	0,52	0,84	22,5
Zovon	3,05	1,13	5,82	1,92	5,04	0,53	5,9



Tab.4.3.2.1a – Capacità di scambio, basi scambiabili e fosforo.

Valnogaredo			Mar-07	Ott-07	Mar-08	Ott-08	Mar-09
CSC	NoCompost	meq/100 g	36,09	29,41	25,54	40,00	32,07
	Compost		29,26 n.s.	27,66 n.s.	23,25 n.s.	36,06 n.s.	32,67 n.s.
Mg	NoCompost	mg/kg	160,9 n.s.	115,9 b	95,1 b	178,9	262,8
	Compost		144,9	174,3 a	132,6 a	201,1 n.s.	269,5 n.s.
K	NoCompost	mg/kg	186,3	80,1	143,8	244,6	345,3
	Compost		152,0 n.s.	136,2 n.s.	163,8 n.s.	257,2 n.s.	350,5 n.s.
Na	NoCompost	mg/kg	256,0 n.s.	183,9	22,8	49,6	76,4
	Compost		124,6	191,7 n.s.	19,8 n.s.	38,9 n.s.	58,0 n.s.
Ca	NoCompost	mg/kg	6649,0 n.s.	5500,9	4865,6	4731,0	5750,3
	Compost		5439,7	5017,8 n.s.	4338,9 n.s.	4196,7 n.s.	5871,7 n.s.
P	NoCompost	mg/kg	6,18	7,37	1,90	1,90	6,46
	Compost		6,61	8,45 n.s.	2,44 n.s.	2,44 n.s.	6,69 n.s.

Per ogni riga i valori seguiti da lettere diverse sulla colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo



Tab.4.3.2.1b – Carbonio organico, azoto totale, rapporto C/N, carbonio estraibile, acidi umici e fulvici, parametri di umificazione

Valnogaredo		Mar-07	Ott-07	Mar-08	Ott-08	Mar-09
C organico totale (%)	NoCompost	3,45	4,64 b	4,45 a	4,23	4,01
	Compost	3,67 n.s.	5,52 a	5,52 b	4,99 n.s.	4,45 n.s.
N totale (%)	NoCompost	0,34	0,36	0,32	0,32	0,31
	Compost	0,32 n.s.	0,39 n.s.	0,32 n.s.	0,32 n.s.	0,32 n.s.
Rapporto C/N (%)	NoCompost	10,2	12,9	13,2	13,2	12,9
	Compost	11,5 n.s.	14,2 n.s.	17,3 n.s.	15,6 n.s.	13,9 n.s.
Carbonio estraibile (%)	NoCompost	0,47	1,34 b	0,42	0,28	0,36
	Compost	0,48 n.s.	1,62 a	0,44 n.s.	0,34 n.s.	0,35 n.s.
Acidi umici (%)	NoCompost	0,22	0,63 a	0,24	0,19	0,20
	Compost	0,21 n.s.	0,55 b	0,27 n.s.	0,20 n.s.	0,22 n.s.
Acidi fulvici (%)	NoCompost	0,17	0,13 b	0,10	0,08	0,07
	Compost	0,17 n.s.	0,19 a	0,11 n.s.	0,09 n.s.	0,09 n.s.
Tasso di umificazione (%)	NoCompost	11,3	16,4	7,6	6,4	6,7
	Compost	10,4 n.s.	13,4 n.s.	6,9 n.s.	5,8 n.s.	7,0 n.s.
Grado di umificazione (%)	NoCompost	83,0	56,7	81,0	96,4	75,0
	Compost	79,2 n.s.	45,7 n.s.	86,4 n.s.	85,3 n.s.	88,6 n.s.
Indice di umificazione	NoCompost	1,1	0,8 b	0,2	0,1	0,3
	Compost	2,1 n.s.	1,2 a	0,2 n.s.	0,2 n.s.	0,11 n.s.

Per ogni riga i valori seguiti da lettere diverse sulla colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo



Tab. 4.3.2.1 c – Valutazione qualitativa delle sostanze uniche del terreno

Valnogaredo		Mar-07	Ott-07	Mar-08	Ott-08	Mar-09
			%			
primo picco $\lambda$ 472	NoCompost	19,53	19,55	22,47	24,28	24,96
	Compost	24,30 n.s.	21,02 n.s.	21,81 n.s.	24,13 n.s.	22,57 n.s.
secondo picco $\lambda$ 472	NoCompost	64,15	68,11 a	76,01	65,22	69,04
	Compost	62,67 n.s.	54,39 b	77,88 n.s.	63,50 n.s.	72,28 n.s.
terzo picco $\lambda$ 472	NoCompost	15,0	12,5 b	6,5	11,0	6,2
	Compost	12,4 n.s.	16,4 a	5,1 n.s.	12,0 n.s.	5,5 n.s.
primo picco $\lambda$ 664	NoCompost	24,9	26,3	24,9	18,3	21,0
	Compost	24,5 n.s.	26,0 n.s.	22,6 n.s.	18,6 n.s.	19,8 n.s.
secondo picco $\lambda$ 664	NoCompost	64,1	59,9	70,5	74,4	73,8
	Compost	67,1 n.s.	49,5 n.s.	69,1 n.s.	73,0 n.s.	74,7 n.s.
terzo picco $\lambda$ 664	NoCompost	10,9	13,7 b	4,6	7,3	5,2
	Compost	8,4 n.s.	24,5 a	8,3 n.s.	8,4 n.s.	5,5 n.s.

Per ogni riga i valori seguiti da lettere diverse sulla colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo



Tab. 4.3.2.1 d - Contenuto di carbonio della biomassa

Valnogaredo	Mar-07	Ott-07	Mar-08	Ott-08	Mar-09
	mg C/kg s.s.				
NoCompost	442,9	340,1	221,0 b	403,5	324,2
Compost	462,2 n.s.	483,0 n.s.	585,5 a	482,4 n.s.	454,6 n.s.

Per ogni riga i valori seguiti da lettere diverse sulla colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo

Tab. 4.3.2.1 e - Contenuto di azoto della biomassa

Valnogaredo	Mar-07	Ott-07	Mar-08	Ott-08	Mar-09
	mgN/kg s.s.				
NoCompost	157,6	140,4	84,4 b	88,6 b	131,1
Compost	153,5 n.s.	162,8 n.s.	134,1 a	111,5 a	127,6 n.s.

Per ogni riga i valori seguiti da lettere diverse sulla colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo

Tab. 4.3.2.1 f – Rapporto C/N della biomassa

Valnogaredo	Mar-07	Ott-07	Mar-08	Ott-08	Mar-09
NoCompost	2,81	2,42	2,62	4,56	2,47
Compost	3,01 n.s.	2,97 n.s.	4,37 n.s.	4,33 n.s.	3,56 n.s.

Per ogni riga i valori seguiti da lettere diverse sulla colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo



Tab.4.3.2.2 a – Capacità di scambio, basi scambiabili e fosforo

Zovon			Mar-07	Ott-07	Mar-08	Ott-08	Mar-09
CSC	NoCompost	meq/100 g	44,04	39,04	38,33 a	46,52	40,41
	Compost		45,23 n.s.	38,41 n.s.	29,18 b	44,12 n.s.	38,91 n.s.
Mg	NoCompost	mg/kg	175,0	118,3 b	103,5 b	196,4	161,6
	Compost		155,9 n.s.	183,4 a	167,4 a	223,4 n.s.	178,7 n.s.
K	NoCompost	mg/kg	172,4	9,3	107,6	149,5	191,5
	Compost		162,1 n.s.	4,2 n.s.	117,3 n.s.	142,2 n.s.	167,0 n.s.
Na	NoCompost	mg/kg	28,6	201,1	23,5	16,9	10,3
	Compost		22,21 n.s.	197,7 n.s.	24,4 n.s.	21,5 n.s.	18,7 n.s.
Ca	NoCompost	mg/kg	8576,1	7540,3	7528,6	7380,5	7646,6
	Compost		8839,3 n.s.	7441,0 n.s.	5675,8 n.s.	5532,1 n.s.	7380,5 n.s.
P	NoCompost	mg/kg	3,42	1,23	0,63	0,63	3,72
	Compost		3,25 n.s.	0,90 n.s.	0,64 n.s.	0,64 n.s.	3,40 n.s.

Per ogni riga i valori seguiti da lettere diverse sulla colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo



Tab.4.3.2.2 b – Carbonio organico, azoto totale, rapporto C/N, carbonio estraibile, acidi umici e fulvici, parametri di umificazione.

Zovon		Mar-07	Ott-07	Mar-08	Ott-08	Mar-09
C organico totale (%)	NoCompost	1,78	2,03	2,06	1,92	1,78
	Compost	1,91 n.s.	1,87 n.s.	2,05 n.s.	1,85 n.s.	1,65 n.s.
N totale (%)	NoCompost	0,15	0,13	0,12	0,11	0,11
	Compost	0,12 n.s.	0,10 n.s.	0,11 n.s.	0,10 n.s.	0,09 n.s.
Rapporto C/N (%)	NoCompost	11,9	15,6	17,2	17,5	16,2
	Compost	15,9 n.s.	18,7 n.s.	18,6 n.s.	18,5 n.s.	18,3 n.s.
Carbonio estraibile (%)	NoCompost	0,55 a	0,62	0,34	0,30	0,36
	Compost	0,36 b	0,50 n.s.	0,41 n.s.	0,48 n.s.	0,4 2n.s.
Acidi umici (%)	NoCompost	0,45 a	0,27	0,24	0,23	0,56
	Compost	0,27 b	0,23 n.s.	0,23 n.s.	0,32 n.s.	0,54 n.s.
Acidi fulvici (%)	NoCompost	0,04	0,13	0,05	0,05	0,06
	Compost	0,06 n.s.	0,14 n.s.	0,05 n.s.	0,05 n.s.	0,06 n.s.
Tasso di umificazione (%)	NoCompost	26,3	20,2	14,4	14,7	17,9
	Compost	18,5 n.s.	20,7 n.s.	13,7 n.s.	21,5 n.s.	24,2 n.s.
Grado di umificazione (%)	NoCompost	93,5	64,4	84,7	90,1	88,8
	Compost	88 n.s.	75,6 n.s.	69,1 n.s.	77,2 n.s.	95 n.s.
Indice di umificazione	NoCompost	0,1	0,6	0,2 b	0,2	0,1
	Compost	0,1 n.s.	0,5 n.s.	0,7 a	0,4 n.s.	0,1 n.s.

Per ogni riga i valori seguiti da lettere diverse sulla colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo



Tab. 4.3.2.2 c – Valutazione qualitativa delle sostanze uniche del terreno

Zovon		Mar-07	Ott-07	Mar-08	Ott-08	Mar-09
			%			
primo picco $\lambda$ 472	NoCompost	20,88	20,47	24,10 a	19,53	25,86
	Compost	14,86 n.s.	23,02 n.s.	16,97 b	20,09 n.s.	30,22 n.s.
secondo picco $\lambda$ 472	NoCompost	56,03	57,41	58,34	57,89	62,70
	Compost	62,36 n.s.	46,76 n.s.	67,28 n.s.	55,28 n.s.	52,76 n.s.
terzo picco $\lambda$ 472	NoCompost	23,1	22,1 b	17,6	22,6	11,4
	Compost	22,8 n.s.	30,2 a	15,7 n.s.	24,6 n.s.	17,0 n.s.
primo picco $\lambda$ 664	NoCompost	22,3	24,2	29,6	14,3	22,9
	Compost	18,4 n.s.	21,8 n.s.	31,5 n.s.	13,8 n.s.	15,3 n.s.
secondo picco $\lambda$ 664	NoCompost	59,8	56,5	56,3	62,8	65,9
	Compost	68,4 n.s.	57,5 n.s.	57,0 n.s.	73,7 n.s.	73,5 n.s.
terzo picco $\lambda$ 664	NoCompost	17,9	19,3	14,1	22,9	11,2
	Compost	13,2 n.s.	20,6 n.s.	11,5 n.s.	12,5 n.s.	11,2 n.s.

Per ogni riga i valori seguiti da lettere diverse sulla colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo



Tab. 4.3.2.2 d - Contenuto di carbonio della biomassa

Zovon	Mar-07	Ott-07	Mar-08	Ott-08	Mar-09
	mgC/kg s.s				
NoCompost	31,7	118,6 a	96,0	155,8	85,4
Compost	88,3 n.s.	306,7 b	155,8 n.s.	168,5 n.s.	199,6 n.s.

Per ogni riga i valori seguiti da lettere diverse sulla colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo

Tab. 4.3.2.2 e - Contenuto di azoto della biomassa

Zovon	Mar-07	Ott-07	Mar-08	Ott-08	Mar-09
	mgN/kg s.s.				
NoCompost	56,0	41,4 b	21,7 b	15,2	32,5
Compost	58,5 n.s.	62,1 a	35,0 a	23,3 n.s.	48,9 n.s.

Per ogni riga i valori seguiti da lettere diverse sulla colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo

Tab. 4.3.2.2 f – Rapporto C/N della biomassa

Zovon	Mar-07	Ott-07	Mar-08	Ott-08	Mar-09
NoCompost	0,57	2,86 b	4,42	10,3	2,6
Compost	1,51 n.s.	4,94 a	3,31 n.s.	7,2 n.s.	4,1 n.s.

Per ogni riga i valori seguiti da lettere diverse sulla colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo



Tabella 4.3.2.4.a - Contenuto in azoto, carbonio e zolfo dei filamenti del controllo.

FILAMENTO	Azoto (%)	Carbonio (%)	Zolfo (%)
Seta	16.51	45.36	0.31
Lana	14.56	44.86	2.96
Cotone fine	0.40	41.54	0.29
Cotone grosso	0.15	42.19	0.13

Tabella 4.3.2.4.b Resistenze medie di riferimento dei filamenti non interrati.

FILAMENTO	Non Trattato	Trattato Fosforo	Trattato Azoto
SETA	1468.5 g	1157.0 g	1148.0 g
LANA	594.9 g	528.3 g	616.4 g
COTONE fine	785.0 g	640.0 g	738.1 g
COTONE grosso	2430.0 g	2548.3 g	2303.2 g



Tab. 4.4.1 - Fasi fenologiche rilevate nei vigneti di Valogaredo e Zovon nel triennio

	Fioritura	Allegagione	Grano di pepe	Chiusura grappolo	Invaiatura	Vendemmia
2007	25 - 31 mag	10 - 19 giu	16 -23 giu	21 - 28 lug	28 lug - 4ago	30 ago - 7 sett
2008	5 - 12 giu	20 - 26 giu	27 giu - 2 lug	27 lug - 2ago	3 - 9 ago	7 sett - 15 sett
2009	20 - 26 mag	10 - 17 giu	18 - 24 giu	23 -30 lug	30 lug – 5 ago	30 ago - 7 sett



4.4.2.1 a - 2007 - Contenuto medio in elementi nutritivi nelle foglie all'allegagione e all'invaiaatura del vigneto di Valnogaredo

Tesi		N	P	K	Ca	Mg	Fe	B	Na	Cu	Zn	
Valnogaredo		%					mg/kg p.s.					
NoCompost	Allegagione	2,00	0,20	0,67	2,36	0,18	61	27	44	349	13	
Compost		1,18	0,42	1,08	2,78	0,15	96	42	50	336	18	
NoCompost	Invaiaatura	2,21	0,14	0,79	2,67	0,15	117	25	124	1026	14	
Compost		2,69	0,12	0,70	3,67	0,28	104	21	118	975	16	

4.4.2.1 b - 2008 - Contenuto medio in elementi nutritivi nelle foglie all'allegagione e all'invaiaatura del vigneto di Valnogaredo

Tesi		N	P	K	Ca	Mg	Fe	B	Na	Cu	Zn	
Valnogaredo		%					mg/kg p.s.					
NoCompost	Allegagione	2,71	0,22	0,71	3,51	0,27	28,6	22,6	68,5	903	26,4	
Compost		2,92	0,19	0,8	3,25	0,40	35,2	24,2	85,6	706	26,4	
NoCompost	Invaiaatura	1,95	0,11	0,57	2,19	0,23	35,3	18,3	105,8	709	12,4	
Compost		2,23	0,13	0,55	2,91	0,33	29,8	20,1	174	802	15,9	

4.4.2.1 c - 2009 - Contenuto medio in elementi nutritivi nelle foglie all'allegagione e all'invaiaatura del vigneto di Valnogaredo

Tesi		N	P	K	Ca	Mg	Fe	B	Na	Cu	Zn	
Valnogaredo		%					mg/kg p.s.					
NoCompost	Allegagione	2,51	0,32	0,75	2,48	0,91	56,3	36,6	248,5	598,0	22,8	
Compost		2,72	0,21	0,71	2,43	0,95	61,1	32,1	277,6	1030,5	17,8	
NoCompost	Invaiaatura	1,89	0,20	0,67	2,58	0,43	84,7	28,3	197,8	809,9	19,4	
Compost		2,28	0,20	0,65	2,51	0,53	72,8	25,1	184,9	898,7	17,7	



Tab. 4 4 2.2 a- 2007- Contenuto medio in clorofilla A, B e totale nelle foglie all'allegagione e all'invaatura del vigneto di Valnogaredo

Tesi	Allegagione			Invaatura		
	Chl a	Chl b	Chl a+Chl b	Chl a	Chl b	Chl a+Chl b
	mg/g p.f.					
NoCompost	0,85	0,32	1,16	0,88	0,35 b	1,22 b
Compost	0,86 n.s.	0,31 n.s.	1,17 n.s.	0,89 n.s.	0,42 a	1,31 a

Valori seguiti da lettere diverse sulla stessa colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo

Tab. 4.4.2.2 b - 2008 - Contenuto in clorofilla A, B e totale nelle foglie all'allegagione e all'invaatura del vigneto di Valnogaredo

Tesi	Allegagione			Invaatura		
	Chl a	Chl b	Chl a+Chl b	Chl a	Chl b	Chl a+Chl b
	mg/g p.f.					
NoCompost	0,87	0,38	1,25	0,71	0,29	1,00
Compost	0,99 n.s.	0,29 n.s.	1,29 n.s.	0,6 n.s.	0,25 n.s.	0,85 n.s.

Valori seguiti da lettere diverse sulla stessa colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo

Tab. 4.4.2.2 c - 2009 - Contenuto in clorofilla A, B e totale nelle foglie all'allegagione e all'invaatura del vigneto di Valnogaredo

Tesi	Allegagione			Invaatura		
	Chl a	Chl b	Chl a+Chl b	Chl a	Chl b	Chl a+Chl b
	mg/g p.f.					
NoCompost	0,60	0,31	0,91	0,33 a	0,35	0,68 a
Compost	0,47 n.s.	0,26 n.s.	0,73 n.s.	0,23 b	0,26 n.s.	0,49 b

Valori seguiti da lettere diverse sulla stessa colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo



Tab. 4.4.2.3 a - 2007 - Valori medi di SPAD rilevati nelle foglie dall'allegazione alla vendemmia del vigneto di Valnogaredo

	19-giu	26-giu	03-lug	10-lug	17-lug	24-lug	31-lug	07-ago	14-ago	21-ago	28-ago
NoCompost	28,8	33,2 b	34,9 b	36,6 b	36,1	36,3	38,4	41,6	39,3	37,7	49,1 b
Compost	30,5 n.s.	34,8 a	36,3 a	38,4 a	37,7 n.s.	36,5 n.s.	37,9 n.s.	39,2 n.s.	37,9 n.s.	36,5 n.s.	50,6 a

Valori seguiti da lettere diverse sulla stessa colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo

Tab. 4.4.2.3 b - 2008 - Valori di SPAD rilevati nelle foglie dall'allegazione alla vendemmia del vigneto di Valnogaredo

	02-giu	09-giu	16-giu	23-giu	30-giu	03-lug	10-lug	17-lug	21-lug	28-lug	04-ago	11-ago	18-ago	25-ago	01-set	08-set
NoCompost	47,1	46,5	43,2 b	42,4 b	39,8	39,3	39,8 b	35,2 b	35,8 b	40,9	39,6	34,0 b	27,4 b	31,7 b	33,2	28,3 b
Compost	50,5 n.s.	45,8 n.s.	47,0 a	50,3 a	39,9 n.s.	37,5 n.s.	42,2 a	43,7 a	43,7 a	43,4 n.s.	40,7 n.s.	38,2 a	36,9 a	36,6 a	35,7 n.s.	33,3 a

Valori seguiti da lettere diverse sulla stessa colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo

Tab. 4.4.2.3 c - 2009 - Valori medi di SPAD rilevati nelle foglie dall'allegazione alla vendemmia del vigneto di Valnogaredo

	22-mag	10-giu	13-lug	30-lug	17-ago
NoCompost	28,0	31,2	35,5	36,3	36,4 a
Compost	28,3 n.s.	31,3 n.s.	35,6 n.s.	35,6 n.s.	30,5 b

Valori seguiti da lettere diverse sulla stessa colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo



Tab. 4.4.2.4 a – 2007 - Valori dell'accumulo dei solidi solubili dei mosti del vigneto di Valnogaredo

	26-lug	02-ago	09-ago	16-ago	23-ago	30-ago
Compost	20,0	20,0	20,2 b	20,9 b	21,1 b	21,2 b
NoCompost	20,1 n.s.	20,7 n.s.	21,2 a	21,5 a	22,2 a	22,3 a

Valori seguiti da lettere diverse sulla stessa colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo

Tab. 4.4.2.4 b – 2007 - Valori dell'acidità titolabile dei mosti del vigneto di Valnogaredo

	26-lug	02-ago	09-ago	16-ago	23-ago	30-ago
Compost	8,4	8,4	7,9 a	7,3 a	6,7	6,7 a
NoCompost	7,9 n.s.	7,5 n.s.	7,3 b	6,9 b	6,7 n.s.	6,5 b

Valori seguiti da lettere diverse sulla stessa colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo

Tab.4.4.2.4 c – 2007 - Valori di pH nelle bacche rilevati del vigneto di Valnogaredo

	26-lug	02-ago	09-ago	16-ago	23-ago	30-ago
Compost	3,03	3,03	3,08 a	3,2	3,3	3,6 a
NoCompost	3,09 n.s.	3,09 n.s.	3,17 b	3,2 n.s.	3,2 n.s.	3,4 b

Valori seguiti da lettere diverse sulla stessa colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo



Tab. 4.4.2.4 d – 2008 - Valori dell'accumulo dei solidi solubili dei mosti del vigneto di Valnogaredo

	21-lug	28-lug	04-ago	11-ago	18-ago	25-ago	01-set	08-set
Compost	15,0 a	15,0 a	16,0 b	19,4	22,0	24,0	25,7 a	25,7 a
NoCompost	14,2 b	14,2 b	18,6 a	19,0 n.s.	21,8 n.s.	24,0 n.s.	24,1 b	24,3 b

Valori seguiti da lettere diverse sulla stessa colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo

Tab. 4.4.2.4 e – 2008 - Valori dell'acidità titolabile dei mosti del vigneto di Valnogaredo

	21-lug	28-lug	04-ago	11-ago	18-ago	25-ago	01-set	08-set
Compost	15,8 b	15,8 b	11,5	10,5	7,5	7,0	6,9	6,0 b
NoCompost	16,8 a	16,8 a	11,0 n.s.	11,0 n.s.	8,0 n.s.	7,5 n.s.	6,4 n.s.	6,7 a

Valori seguiti da lettere diverse sulla stessa colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo

Tab. 4.4.2.4 f – 2008 - Valori di pH dei mosti del vigneto di Valnogaredo

	21-lug	28-lug	04-ago	11-ago	18-ago	25-ago	01-set	08-set
Compost	3,0	3,2 a	3,4	3,6	3,6	3,7	3,6	3,6 a
NoCompost	3,0 n.s.	3,0 b	3,3 n.s.	3,5 n.s.	3,7 n.s.	3,8 n.s.	3,7 n.s.	3,4 b

Valori seguiti da lettere diverse sulla stessa colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo



Tab. 4.4.2.4 g – 2009 - Valori dell'accumulo dei solidi solubili dei mosti del vigneto di Valnogaredo

	17-ago	27-ago	01-set
Compost	25,0 a	26,0 a	26,1
NoCompost	21,0 b	24,0 b	25,6 n.s.

Valori seguiti da lettere diverse sulla stessa colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo

Tab. 4.4.2.4 h – 2009 - Valori dell'acidità titolabile dei mosti del vigneto di Valnogaredo

	17-ago	27-ago	01-set
Compost	5,80	5,80	5,93
NoCompost	5,77 n.s.	5,79 n.s.	5,83 n.s.

Valori seguiti da lettere diverse sulla stessa colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo

Tab. 4.4.2.4 i – 2009 - Valori di pH dei mosti del vigneto di Valnogaredo

	17-ago	27-ago	01-set
Compost	3,5	3,6 a	3,7
NoCompost	3,4 n.s.	3,5 b	3,7 n.s.

Valori seguiti da lettere diverse sulla stessa colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo



Tab. 4.4.2.5 - 2007 - Parametri produttivi e qualitativi rilevati alla vendemmia e indice di Ravaz del vigneto di Valnogaredo

		2007		2008		2009	
Valnogaredo		NoCompost	Compost	NoCompost	Compost	NoCompost	Compost
Grappoli	n°	7,2 b	7,5 a	7,3 b	8,3 a	7,2 n.s.	7,3
	Peso (g)	96,6 b	134,6 a	94,7 b	115,5 a	62,9 n.s.	71,8
	Vol. (ml)	111,8 b	163,0 a	93,8 b	106,3 a	63,1 n.s.	70,2
Produzione/pianta	(g)	798,7 b	1028,4 a	949 b	1039 a	518 n.s.	567
Acino	Peso (g)	0,9 b	1,4 a	0,9 b	1,0 a	0,9 n.s.	0,97
	Vol. (ml)	0,93b	1,44 a	0,8b	1,0 a	0,8b	0,9 a
Solidi solubili	(°Brix)	22,3 a	21,2 b	24,1 b	25,7 a	25,6 n.s.	26,1
Acidità	(g/l)	6,54	6,67 n.s.	6,6 a	6,0 b	5,8 n.s.	5,9
pH		3,38 b	3,63 a	3,6 a	3,4 b	3,7n.s	3,7
Indice di Ravaz		1,3	0,8 n.s.	0,9	0,9 n.s.	1,2 n.s.	1,3

Valori seguiti da lettere diverse sulla stessa riga differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo



Tab. 4.4.3.1 a - 2007 - Contenuto medio in elementi nutritivi nelle foglie all'allegagione e all'invaiaatura del vigneto di Zovon

Tesi		N	P	K	Ca	Mg	Fe	B	Na	Cu	Zn
Zovon		%			mg/kg						
NoCompost	Allegagione	1,01	0,33	1,12	2,45	0,15	72	37	440	324	20
Compost		1,90	0,25	0,81	2,21	0,16	47	36	440	471	17
NoCompost	Invaiaatura	1,53	0,15	1,21	3,55	0,20	121	37	473	518	23
Compost		3,07	0,14	1,13	3,82	0,13	214	23	492	879	16

Tab. 4.4.3.1 b - 2008 - Contenuto medio in elementi nutritivi nelle foglie all'allegagione e all'invaiaatura del vigneto di Zovon

Tesi		N	P	K	Ca	Mg	Fe	B	Na	Cu	Zn
Zovon		%			mg/kg						
NoCompost	Allegagione	3,05	0,24	0,99	2,02	0,14	62	41	258	708	28
Compost		3,9	0,27	1,13	1,66	0,13	73	43	270	781	22
NoCompost	Invaiaatura	1,83	0,1	0,67	1,22	0,08	129	24	381	1298	14
Compost		2	0,13	0,7	1,63	0,1	151	24	396	1278	14

Tab. 4.4.3.1 c - 2009 - Contenuto medio in elementi nutritivi nelle foglie all'allegagione e all'invaiaatura del vigneto di Zovon

Tesi		N	P	K	Ca	Mg	Fe	B	Na	Cu	Zn
Zovon		%			mg/kg						
NoCompost	Allegagione	3,55	0,34	1,20	2,67	0,20	84	74	395	616	16
Compost		3,98	0,26	0,84	2,73	0,25	60	62	298	406	17
NoCompost	Invaiaatura	2,83	0,16	0,78	2,56	0,24	98	64	242	785	18
Compost		2,96	0,19	0,71	2,43	0,27	101	55	269	854	14



Tab. 4.4.3.2 a - 2007 - Contenuto medio in clorofilla A, B e totale nelle foglie all'allegagione e all'invaatura del vigneto di Zovon

Tesi	Allegagione			Invaatura		
	Chl a	Chl b	Chl a+Chl b	Chl a	Chl b	Chl a+Chl b
	mg/g p.f.					
NoCompost	0,87	0,33	1,21	0,88	0,36 b	1,26 b
Compost	0,80 n.s.	0,34 n.s.	1,23 n.s.	0,93 n.s.	0,46 a	1,38 a

Valori seguiti da lettere diverse sulla stessa colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo

Tab. 4.4.3.2 b - 2008 - Contenuto medio in clorofilla A, B e totale nelle foglie all'allegagione e all'invaatura del vigneto di Zovon

Tesi	Allegagione			Invaatura		
	Chl a	Chl b	Chl a+Chl b	Chl a	Chl b	Chl a+Chl b
	mg/g p.f.					
NoCompost	1,19	0,4	1,58	0,74	0,28	1,02
Compost	1,25 n.s.	0,39 n.s.	1,60 n.s.	0,76 n.s.	0,33 n.s.	1,10 n.s.

Valori seguiti da lettere diverse sulla stessa colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo

Tab. 4.4.3.2 c - 2009 - Contenuto medio in clorofilla A, B e totale nelle foglie all'allegagione e all'invaatura del vigneto di Zovon

Tesi	Allegagione			Invaatura		
	Chl a	Chl b	Chl a+Chl b	Chl a	Chl b	Chl a+Chl b
	mg/g p.f.					
NoCompost	0,63	0,3	0,93	0,34	0,27	0,61
Compost	0,62 n.s.	0,28 n.s.	0,90 n.s.	0,43 n.s.	0,29 n.s.	0,72 n.s.

Valori seguiti da lettere diverse sulla stessa colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo



Tab. 4.4.3.3 a - 2007 - Valori di SPAD rilevati nelle foglie dall'allegagione alla vendemmia del vigneto di Zovon

	19-giu	26-giu	03-lug	10-lug	17-lug	24-lug	31-lug	07-ago	14-ago	21-ago	28-ago
NoCompost	31,0 b	33,1 b	34,2 b	35,0 b	40,8 n.s.	40,3 n.s.	39,4 b	38,5 b	34,7 b	30,8 b	34,0 n.s.
Compost	34,8 a	36,1 a	37,4 a	40,8 a	39,2	40,9	50,0 a	59,1 a	46,6 a	34,0 a	37,2

Valori seguiti da lettere diverse sulla stessa colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo

Tab. 4.4.3.3. b - 2008 - Valori di SPAD rilevati nelle foglie dall'allegagione alla vendemmia del vigneto di Zovon

	02-giu	09-giu	16-giu	23-giu	30-giu	03-lug	10-lug	17-lug	21-lug	28-lug	04-ago	11-ago	18-ago	25-ago	01-set	08-set	15-set
NoCompost	49,5	48,8	48,4	41,0 b	43	40,8	38,1 b	9,6 b	37,4 b	36,3 b	36,2 b	36,0 b	26,4 b	25,8 b	30,9	23,7	25,4 b
Compost	51,5 n.s.	51,4 n.s.	52,3 n.s.	47,9 a	44,0 n.s.	40,0 n.s.	43,7 a	43,6 a	40,7 a	43,1 a	42,5 a	30,3 a	30,3 a	31,7 a	30,0 n.s.	22,7 n.s.	30,8 a

Valori seguiti da lettere diverse sulla stessa colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo

Tab. 4.4.3.3 c - 2009- Valori di SPAD rilevati nelle foglie dall'allegagione alla vendemmia del vigneto di Zovon

	22-mag	10-giu	13-lug	30-lug	17-ago
NoCompost	31,1	34,3	37,1 a	36,4	34,0
Compost	29,5 n.s.	32,6 n.s.	33,7 b	37,4 n.s.	36,0 n.s.

Valori seguiti da lettere diverse sulla stessa colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo



Tab. 4.4.3.4 a - 2007 - Valori dell'accumulo dei solidi solubili dei mosti del vigneto di Zovon

	26-lug	02-ago	09-ago	16-ago	23-ago	30-ago
Compost	18,7	18,7	20,9	23,8 a	24,1 a	25,0 a
NoCompost	18,5 n.s.	18,5 n.s.	21,8 n.s.	23,1 b	23,4 b	24,2 b

Valori seguiti da lettere diverse sulla stessa colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo

Tab. 4.4.3.4 b - 2007 - Valori dell'acidità titolabile dei mosti del vigneto di Zovon

	26-lug	02-ago	09-ago	16-ago	23-ago	30-ago
Compost	8,5	7,7	7,9 a	7,5 a	6,2 a	5,2
NoCompost	8,8 n.s.	7,8 n.s.	6,1 b	6,0 b	5,9 b	5,6 n.s.

Valori seguiti da lettere diverse sulla stessa colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo

Tab. 4.4.3.4 c - 2007 - Valori di pH dei mosti del vigneto di Zovon

	26-lug	02-ago	09-ago	16-ago	23-ago	30-ago
Compost	3,0	3,0	3,1 b	3,2 b	3,2 b	3,6
NoCompost	3,0 n.s.	3,0 n.s.	3,2 a	3,3 a	3,3 a	3,5 n.s.

Valori seguiti da lettere diverse sulla stessa colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo



Tab. 4.4.3.4 d - 2008 - Valori dell'accumulo dei solidi solubili dei mosti del vigneto di Zovon

	04-ago	11-ago	18-ago	25-ago	01-set	08-set	15-set
Compost	16,7	16,6	20,2	21,5 a	22,0 a	22,0 a	22,1
NoCompost	16,5 n.s.	17,0 n.s.	19,6 n.s.	20,7 b	20,8 b	21,0 b	21,6 n.s.

Valori seguiti da lettere diverse sulla stessa colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo

Tab. 4.4.3.4 e - 2008 - Valori dell'acidità titolabile dei mosti del vigneto di Zovon

	04-ago	11-ago	18-ago	25-ago	01-set	08-set	15-set
Compost	13,5	12,6	9,1	7,8	7,5	7,1	7,1
NoCompost	13,8 n.s.	12,1 n.s.	9,6 n.s.	8,2 n.s.	8,0 n.s.	7,1 n.s.	6,7 n.s.

Valori seguiti da lettere diverse sulla stessa colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo

Tab. 4.4.3.4 f - 2008 - Valori di pH dei mosti del vigneto di Zovon

	04-ago	11-ago	18-ago	25-ago	01-set	08-set	15-set
Compost	3,0	3,1 b	3,2 b	3,3 b	3,4	3,5 a	3,4
NoCompost	3,0 n.s.	3,2 a	3,3 a	3,4 a	3,4 n.s.	3,4 b	3,4 n.s.

Valori seguiti da lettere diverse sulla stessa colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo



Tab. 4.4.3.4 g - Valori dell'accumulo dei solidi solubili dei mosti del vigneto di Zovon

	17-ago	27-ago	01-set
Compost	23,9 a	24,2 a	24,1 a
NoCompost	22,2 b	23,4 b	23,3 b

Valori seguiti da lettere diverse sulla stessa colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo

Tab. 4.4.3.4 h - 2009 - Valori dell'acidità titolabile dei mosti del vigneto di Zovon

	17-ago	27-ago	01-set
Compost	7,3 a	7,4 a	7,1 a
NoCompost	6,9 b	6,8 b	6,4 b

Valori seguiti da lettere diverse sulla stessa colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo

Tab. 4.4.3.4 i - 2009 - Valori di pH dei mosti del vigneto di Zovon

	17-ago	27-ago	01-set
Compost	3,2	3,4	3,4
NoCompost	3,3 n.s.	3,4 n.s.	3,4 n.s.

Valori seguiti da lettere diverse sulla stessa colonna differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo



Tab. 4.4.3.5 - Parametri produttivi e qualitativi rilevati alla vendemmia e indice di Ravaz del vigneto di Zovon

		2007		2008		2009	
		NoCompost	Compost	NoCompost	Compost	NoCompost	Compost
Grappoli	N°	6,3	6,5 n.s.	5,4 b	5,9 a	7,4	7,1 n.s.
	Peso (g)	172,7	177,2 n.s.	140,4 b	248,0 a	87,7 b	124,1 a
	Vol.(ml)	184,0	227,0 n.s.	129,3 b	253,5 a	83,6 b	145,4 a
Produz./pianta	(g)	1080,6	1146,3 n.s.	939 b	1564 a	550 b	795 a
Acino	Peso (g)	1,34	1,40 n.s.	0,94 b	1,40 a	0,96 b	1,08 a
	Vol.(ml)	1,33	1,43 n.s.	0,9 b	1,4 a	0,9 b	1,00 a
Solidi solubili	(°Brix)	24,2	25,0 n.s.	21,7	22,2 n.s.	23,3 b	24,1 a
Acidità	(g/l)	5,60	5,16 n.s.	6,7	7,1 n.s.	6,4 b	7,0 a
pH		3,51	3,64 n.s.	3,3	3,5 n.s.	3,4	3,4 n.s.
Indice di Ravaz		0,8	0,6 n.s.	0,8	0,7 n.s.	0,6	0,7 n.s.

Valori seguiti da lettere diverse sulla stessa riga differiscono per  $P \leq 0,05$  (test di Duncan); n.s. = non significativo