

UNIVERSITÀ degli STUDI di MILANO

Facoltà di Agraria

Corso di Laurea in Scienze della Produzione e Protezione delle Piante



VALUTAZIONE AGRONOMICA DI 4 NUOVI PORTAINNESTI DI
VITE IN UN AMBIENTE DEL "CHIANTI CLASSICO"

Relatore: Dott. Lucio Brancadoro

Correlatore: Professor Osvaldo Failla

Tesi di Laurea di:
Alessandro CONTINI
Matricola n. 768198

Anno Accademico 2011 – 2012

INDICE GENERALE

| | |
|---|-----------|
| 1- INTRODUZIONE | 3 |
| 1.1 MIGLIORAMENTO GENETICO DEI PORTAINNESTI | 3 |
| 1.2 RELAZIONI FRA I PORTAINNESTI E LA NUTRIZIONE MINERALE | 8 |
| 1.3 RELAZIONI FRA I PORTAINNESTI E IL CALCARE | 12 |
| 1.4 RELAZIONE FRA I PORTAINNESTI E LO STRESS IDRICO | 15 |
| 1.5 RELAZIONE FRA I PORTAINNESTI E LA SALINITA' | 18 |
| 1.6 LA VITICOLTURA NEL CHIANTI CLASSICO | 21 |
| | |
| 2- MATERIALI E METODI | 25 |
| 2.1 VITIGNI COLTIVATI | 25 |
| 2.2 ANALISI FENOLICHE | 30 |
| 2.3 ANALISI TECNOLOGICHE | 33 |
| | |
| 3- RISULTATI E DISCUSSIONI | 36 |
| 4- CONCLUSIONI | 59 |
| 5- RIASSUNTO | 61 |
| 6- BIBLIOGRAFIA | 62 |
| 7- RINGRAZIAMENTI | 65 |

INTRODUZIONE

MIGLIORAMENTO GENETICO DEI PORTAINNESTI

Il miglioramento genetico dei portainnesti ha assunto negli anni sempre maggior importanza. La necessità di migliorare le caratteristiche vegetative e le capacità produttive sia qualitative che quantitative della vite ha fatto sì che negli anni venissero introdotti diverse tipologie di portainnesto in relazione ai diversi fattori biotici e abiotici in base all'areale di coltivazione della vite.

Il primo obiettivo del miglioramento genetico è stato quello di costituire portainnesti resistenti alla fillossera (*Daktulosphaira vitifoliae*): un insetto introdotto in Europa verso la fine del 1800 proveniente dal continente Americano esso causa gravi danni all'apparato radicale sulle cv europee di *Vitis vinifera*. I danni sull'apparato radicale si presentano sotto forma di noduli o tuberosità. I noduli sono rigonfiamenti sulle radici più giovani e sono il primo segnale dell'infezione in atto. Le tuberosità sono aree con assenza di corteccia sulle radici lignificate e vengono osservate dopo un lungo periodo di infezione della fillossera e rappresentano indicazioni critiche di suscettibilità a lungo termine al fine di valutare le prestazioni in campo dei portainnesti (Viala e Ravaz, 1903). I noduli si verificano quando le tuberosità sono presenti ma non sempre è vero il contrario quindi la resistenza è basata sul numero e la dimensione dei noduli (Husmann, 1930). I portainnesti che resistono alla formazione dei noduli possono anche inibire la formazione di tuberosità facendo sì che alla mancanza di noduli sia associato un livello di resistenza più alto (Forneck *et al.*, 2001).

I primi portainnesti introdotti erano rappresentati esclusivamente dalle specie pure americane *Vitis riparia*, *Vitis rupestris* esse pur manifestando una buona resistenza alla fillossera si adattarono però male ai terreni calcarei, poveri e asciutti dove è localizzata gran parte della viticoltura per cui il miglioramento genetico per quanto riguarda i portainnesti della vite si basa sull'incrocio interspecifico fra alcune cv di viti americane principalmente *Vitis berlandieri*, *Vitis riparia* e *Vitis rupestris* oppure fra queste e *Vitis vinifera*. Le cv di viti americane infatti si mostrano più tolleranti nei confronti del parassita i cui sintomi si manifestano principalmente sull'apparato aereo. Questo intenso lavoro di ibridazione iniziato in Francia e poi proseguito in altri paesi Europei come Italia e Ungheria ha portato a selezionare molti portainnesti ancora oggi utilizzati che presentano maggiori capacità di adattamento a tutte le condizioni pedoclimatiche: adattamento alla siccità ed ai ristagni idrici, adattamento al calcare attivo, alla salinità del terreno, sono in grado di garantire una buona e in alcuni casi ottima affinità d'innesto con quasi tutte le cv di *Vitis vinifera* e in più sono in grado di

ridurre la lunghezza del ciclo vegetativo, la difficoltà di radicazione e la suscettibilità alla clorosi ferrica. Tuttavia i portainnesti che hanno fra i parentali specie sensibili alla fillossera possono avere problemi nel lungo periodo oppure in ambienti particolari soprattutto se si selezionano ceppi del parassita particolarmente virulente. E' questo il caso verificatisi in California a partire dal 1983 sul portainnesto Ganzin 1 (Aramon x *V. rupestris*) dove è stato identificato un nuovo biotipo di insetto particolarmente aggressivo (biotipo B), in grado di riprodursi più rapidamente su Ganzin 1 del biotipo A (Grannet *et al.*, 1985). Esso ha portato alla necessità di rinnovamento di una larga parte dei vigneti californiani dove sono stati adottati pertanto portainnesti più resistenti di Ganzin 1. Per lo sviluppo di nuovi portainnesti resistenti alla fillossera è importante conoscere i parentali e la loro capacità di trasmettere ai figli la resistenza ai più comuni biotipi di fillossera, questo avviene grazie all'utilizzo di marcatori molecolari che servono per caratterizzare collezioni (De Andres *et al.* 2007, Riaz *et al.* 2007), analizzare relazioni genetiche (This *et al.*,1997) e correggere errori nell'individuazione dei parentali (Laucou *et. al.*,2008).

Nonostante i portainnesti riportino i genitori dell'incrocio le informazioni in possesso non sono sempre corrette o sufficienti per ricostruire per intero il "pedigree". Molti parentali usati negli incroci derivano da autoimpollinazione dove il genitore materno è noto ma il donatore di polline è sconosciuto. Come nel caso del portainnesto "Freedom" derivante da incrocio di 1613-59 x Dog Ridge 5 (Brooks e Olmo, 1997) varietà a loro volta derivanti da 1613 Couderc e Dog Ridge che erano conosciute per la loro resistenza ai nematodi endoparassiti (Snyder e Harmon, 1952), sebbene esso è riconosciuto essere immune a molti biotipi di fillossera (Grannet *et al.* 1987) presenta per certo fra i suoi parentali *Vitis vinifera* : per cui una raccomandazione è quella di evitare l'impianto di portainnesti con potenziali parentali di *Vitis vinifera* in zone dove la fillossera è un parassita primario del suolo (Wolpert *et al.*2002).

Un altro importante obiettivo del miglioramento genetico dei portainnesti è la resistenza ai nematodi. I nematodi sono organismi terricoli vermiformi i quali possono danneggiare le radici sia direttamente sia indirettamente, come vettori di virus e batteri. I nematodi che causano più frequentemente danni alla coltivazione della vite appartengono ai generi *Meloidogynae*, *Xiphinema* e in misura minore i generi *Pratylenchus*, *Tylenchulus*, e *Mesocriconema*.

Al genere *Meloidogynae* appartengono specie che vivono in terreni sciolti e irrigui, in quanto le larve riescono a muoversi più facilmente per mezzo di film acquosi che rivestono le particelle di terreno, richiedono per la loro sopravvivenza temperature miti per cui sono diffuse in diverse aree viticole mondiali come la California, il Sudafrica e i paesi del bacino del Mediterraneo. Le larve penetrano nelle radici aprendosi la via tramite lo stiletto boccale o tramite l'azione di distruzione delle pareti cellulari operata dalla saliva ed una volta all'interno abbandonano ogni attività eccezion

fatta il nutrimento e la riproduzione. All'interno delle radici questi parassiti causano crescita abnorme delle cellule con la conseguente formazione delle tipiche "galle" che determinano la distorsione dei vasi xilematici e floematici. Per questi motivi sono detti "endoparassiti". In breve tempo si ha la morte delle radici e il deperimento della parte aerea e in casi estremi si può arrivare alla morte della pianta.

I nematodi del genere *Xiphinema* invece sono "ectoparassiti", cioè provocano danni unicamente con le punture effettuate con lo stiletto, senza che vi sia penetrazione. Le specie più temute sono *Xiphinema index* e *Xiphinema diversicaudatum* i quali sulle radici determinano necrosi con rigonfiamento dei tessuti e proliferazione di radichette, le piante colpite presentano sviluppo stentato e riduzione del numero delle infiorescenze. Il danno più grave causato da questi parassiti però è rappresentato dalla possibilità di trasmettere alla vite i virus responsabili della degenerazione infettiva: arricciamento fogliare (GFLV) per *Xiphinema index*, e mosaico dell'Arabis (ArMV) per *Xiphinema diversicaudatum*. Le due specie resistono ottimamente alle condizioni ambientali avverse anche se in totale assenza di umidità nel terreno non sono in grado di trasmettere le virosi.

Per poter combattere efficacemente i nematodi si può ricorrere all'uso di nematocidi o a fumigazioni del terreno ma l'uso di questi prodotti è limitato perchè comporta contaminazione delle acque e tossicità ambientale. In zone particolarmente favorevoli allo sviluppo dei nematodi si possono prevenire i danni con l'utilizzo di portainnesti adatti.

Sul mercato esistono attualmente diversi portainnesti resistenti ai nematodi in particolare agli endoparassiti si tratta del Couderc 1613 (*Vitis solonis* x Othello 1613), delle selezioni di *Vitis champini* quali Salt Creek e Dog Ridge, e quelli derivanti dall'ibridazione Couderc 1613 x Dog Ridge; Harmony e Freedom.

Il Couderc presenta medio vigore ed è resistente alle principali specie di nematodi endoparassiti, inoltre è dotato di buona capacità di radicazione e di buona affinità d'innesto con le cv di *Vitis vinifera*.

Il Salt Creek e il Dog Ridge sono molto vigorosi adatti a terreni salini sono molto resistenti ai nematodi del genere *Meloidogyne*, ma hanno difficoltà di radicazione.

Harmony e Freedom sono mediamente vigorosi, molto resistenti ai nematodi endoparassiti, radicano facilmente e non presentano difficoltà d'innesto.

Tuttavia tali portainnesti presentano un problema piuttosto grave: nessuno di essi è completamente immune a tutti i biotipi di fillossera; il Couderc 1613, il Salt Creek e il Dog Ridge sono solo mediamente resistenti al parassita, inoltre in alcune aree viticole mondiali come l'Italia i problemi più gravi sono causati da nematodi ectoparassiti (*Xiphinema*) a cui i suddetti portainnesti non sono resistenti.

La ricerca scientifica si è mossa al fine di ottenere portainnesti che abbinino l'immunità o la resistenza ai nematodi endoparassiti anche l'immunità o la resistenza ai nematodi ectoparassiti e alla fillossera attraverso l'impiego delle tecniche del DNA ricombinante (Krastinova *et al.*, 1985).

L'opera di incrocio per poter ottenere portainnesti rispondenti alle esigenze sopracitate e in alcuni casi resistenti anche ai virus della degenerazione infettiva ha avuto inizio negli anni '50 in California presso l'università di Davis ed ha portato all'individuazione di 4 nuovi portainnesti:

- 39-16 derivante da incrocio di *Vitis vinifera* cv "Almeria" x *Vitis rotundifolia*
- 171-6 derivante da incrocio di *Vitis rufotomentosa* x *Vitis vinifera* cv "French Colombard"
- 43-43 e 44-4 derivanti da incrocio di *Vitis vinifera* cv "Hunisia" x *Vitis rotundifolia*.

Il 39-16 è risultato immune allo *Xiphinema index* e le varietà innestate su di esso manifestavano resistenza a GFLV, infatti effetti sulla produzione (riduzioni di prodotto superiori all'80%) (Martelli e Savino, 1988) non sono stati osservati (Walker *et al.*, 1994) in più si è rivelato immune alla fillossera e sufficientemente resistente ai nematodi endoparassiti.

Il 43-43 invece è risultato immune a *Xiphinema index*, ma non resistente ne al virus dell'arricciamento fogliare ne alla fillossera ma ha mostrato una buona resistenza ai nematodi endoparassiti.

Il 44-4 questo portainnesto è immune dalla fillossera, molto resistente ai nematodi sia endoparassiti sia ectoparassiti, ma presenta scarsa resistenza al GFLV.

171-6 infine è risultato resistente allo *Xiphinema index* ma non al virus, sufficientemente resistente ai nematodi endoparassiti; meno soddisfacente è risultato il suo comportamento nei confronti della fillossera al quale è risultato solo moderatamente resistente.

I 4 portainnesti sono idonei pertanto in quei terreni soggetti ad infestazioni di nematodi anche nel caso di reimpianto immediato del vigneto dopo l'estirpazione di quello precedente. Un altro aspetto da considerare però è il fatto che nel tempo l'uso di portainnesti resistenti può indurre una forte pressione selettiva sulle popolazioni di nematodi, così le specie che sono in grado di riprodursi e adattarsi all'apparato radicale di portainnesti resistenti o moderatamente resistenti possono dare luogo a nuovi ceppi rendendo inefficace l'utilizzo dei portainnesti per il controllo dei nematodi. Queste conoscenze insieme con i dati relativi alla densità delle popolazioni di nematodi nel suolo e sull'apparato radicale di viti coltivate sono utili ai viticoltori mondiali per gestire le malattie e diminuire l'impiego di principi attivi chimici di sintesi ad alto impatto ambientale.

La creazione di nuovi portainnesti ha l'obiettivo di migliorare l'efficienza dell'assorbimento e nel trasporto di acqua e elementi minerali (Delas *et al.* Walker, 1992). L'interesse è stato rivolto soprattutto al potassio con l'obiettivo di migliorarne l'assorbimento in terreni poveri con vitigni particolarmente esigenti o per correggere gli effetti negativi di un eccesso di questo elemento nel

mosto, per la sua azione sul pH e sull'acidità titolabile, e per la sua corresponsabilità nella comparsa del disseccamento del rachide in vitigni particolarmente sensibili. (Delas *et al.*, 1976; Jackson e Coombe, 1988; Morris *et al.*, 1985; Ruhl *et al.* 1988; Ruhl, 1989, 1990, 1992, 1993; Murisier *et al.*, 1982).

Durante il secolo scorso sono stati creati 3 portainnesti attraverso incrocio: Borner negli anni '40, Harmony nel 1966 e Fercal nel 1978 e 2 portainnesti per trasformazione genetica: 41B e 110R rispondenti a queste caratteristiche (Becker, 1975; Winkler *et al.*, 1974).

Per quanto riguarda la tolleranza alla siccità la selezione di portainnesti è estremamente delicata perché se da un lato deve garantire la costanza della qualità della *Vitis vinifera*, dall'altro deve consentire una buona produttività al vigneto anche in condizioni di deficit idrico; quindi nei limiti del possibile la selezione dei portainnesti dovrebbe essere orientata verso genotipi in grado di garantire buona produttività nelle condizioni ambientali che più frequentemente si verificano in un determinato ecosistema.

La clorosi ferrica è un'importante fisiopatia che provoca gravi alterazioni delle attività vegetative e produttive (Fregoni e Bavaresco, 1985). La sua manifestazione deriva dalla limitata disponibilità di ferro solubile nel terreno. La concimazione del terreno o l'utilizzo di prodotti fogliari si è dimostrata una soluzione temporanea e pertanto inadeguata alla risoluzione di questa carenza nutrizionale. Numerosi studi hanno dimostrato una notevole influenza del portainnesto nel determinare lo stato nutrizionale della vite in particolare per quegli elementi come ferro, magnesio e potassio il cui assorbimento avviene in modo selettivo e sotto controllo genetico. L'utilizzo di portainnesti efficienti nell'assorbire il ferro risulta perciò la soluzione più efficace a questo specifico deficit nutrizionale. L'attività di ibridazione per la realizzazione di nuovi portainnesti ha dato importanti risultati, ma la grande variabilità di terreni vitati richiede portainnesti con caratteristiche di elevata adattabilità alle diverse condizioni di coltura della vite.

RELAZIONE FRA PORTAINNESTI E NUTRIZIONE MINERALE

Gli effetti positivi dell'apporto di elementi minerali al terreno per favorire la crescita delle piante, sono noti in viticoltura fin dall'antichità. Tuttavia fu solo grazie all'opera di J.Von Liebig (1803-1873) che le informazioni circa l'importanza degli elementi minerali per la crescita delle piante furono raccolte e ordinate. Come conseguenza di ciò già dalla fine del 1800 iniziò la pratica dell'utilizzo di concimi minerali in viticoltura. La pratica di concimare le viti era considerata in passato come negativa soprattutto per quanto riguarda gli effetti sulla qualità del vino. La vite allo stesso tempo beneficia dell'apporto di elementi nutritivi al fine di poter garantire produzioni di qualità costante negli anni e sufficientemente longeve.

Le modificazioni di crescita della pianta indotte dai portainnesti influenzano l'accumulo e la ripartizione degli elementi nutritivi. Molti portainnesti sono abili a concentrare gli elementi nutritivi negli organi vegetativi e altri negli organi riproduttivi. Questo comportamento può dipendere dal vigore indotto dai diversi portainnesti e dal modo con cui essi interferiscono con la ripartizione della biomassa. Il portainnesto vigoroso induce un'attività vegetativa più elevata per cui dopo l'invaiaitura diminuisce l'accumulo di zuccheri nei grappoli ed incrementa l'ombreggiamento fogliare con aumento dei rischi di attacco di *Botrytis cinerea*. L'optimum della vigoria può essere ottenuto anche attraverso l'adozione di densità di piantagione più elevate che sono più facili da ottenere con portainnesti deboli o di media vigoria o in terreni aridi e poveri nonché con forme di allevamento poco espanse. Oltre alle non trascurabili conseguenze sulla qualità delle uve il vigore dei vari portainnesti può essere rilevante per valutare lo stato nutrizionale della pianta.

Il potassio è un nutriente essenziale per la crescita della vite, per la produzione e per la qualità dei mosti e dei vini, il potassio è un catione molto abbondante nelle cellule vive e costituisce circa il 10 % della sostanza secca della pianta (Leigh e Wyn-Jones, 1984; Very e Sentenac 2003) e le membrane sono molto permeabili a questo elemento. Il potassio gioca un ruolo importante nella regolazione del turgore cellulare, nel bilanciamento delle cariche, nella sintesi proteica (Leigh e Wyn-Jones, 1984), nell'attivazione enzimatica (Walker *et al.*, 1998) e nei processi di trasporto attraverso le cellule (Patrick *et al.*, 2001). L'apparato radicale svolge un importante ruolo nell'assorbimento del potassio e nel suo accumulo in vite, i vari genotipi variano rispetto alla loro morfologia radicale che può avere effetto sull'assorbimento del potassio dal suolo le differenze della morfologia radicale e nella densità delle radici nel profilo del suolo tra i genotipi possono portare a differenti acquisizioni di potassio (Swanepoel e Southey, 1989). Altri fattori coinvolti

nell'assorbimento e/o accumulo di potassio in vite sono: crescita vegetativa e vigore, domanda dei germogli per il potassio in relazione con la dimensione dell'apparato radicale, rapporto peso germogli/radici, interazione fra potassio e altri ioni (sodio, calcio, magnesio). Le differenze fra i vari portainnesti sono spiegate in considerazione dei meccanismi fisiologici per l'assorbimento del potassio che implicano un trasporto attivo attraverso le membrane ma anche un trasporto passivo attraverso il plasmalemma in particolare nel caso di elevate concentrazioni (Ruhl, 1992; Kochian *et al.* 1988). *Vitis vinifera* può presentare sintomi di carenza o eccesso di questo elemento con differenti condizioni ambientali e durante differenti fasi del suo ciclo annuale. Carenza di potassio fa diminuire la qualità dell'uva, causa arresto di crescita (Christensen *et al.*, 1990); e incrementa la sintesi di poliammidi nelle foglie (Douglas *et al.* 1990); inoltre la carenza di questo elemento rende le viti più sensibili allo stress idrico durante la stagione vegetativa e ai danni da freddo durante il resto della stagione. (Morris *et al.*, 1983; Champagnol, 1988; Ruhl *et al.*, 1988).

In alcune cv (*Croatina, Nebbiolo, Cabernet Sauvignon, Nosiola*) alti livelli di potassio insieme a bassi livelli di magnesio e calcio possono determinare un'importante fisiopatia: il disseccamento del rachide con riduzioni di produzione sia quantitativa che qualitativa in quanto l'interruzione precoce della maturazione modifica profondamente la composizione chimica del mosto. La gravità di tale fisiopatia varia notevolmente di anno in anno, da ambiente a ambiente e da vitigno a vitigno. Normalmente i sintomi primari non comportano gravi danni alla produzione, ma possono degenerare in disseccamenti più vistosi, soprattutto nella parte prossimale del rachide ed alla base dei racimoli (sintomi secondari) interrompendo così il flusso dei nutrienti. I fattori che favoriscono la comparsa del disseccamento sono molteplici e con l'interazione contemporanea di 3 o 4 di questi fattori fa aumentare enormemente il rischio che la fisiopatia si manifesti. Tra i numerosi fattori di rischio che comportano la comparsa dei sintomi e che sono di origine genetica e ambientale, il calcio svolge un ruolo particolare sia per le sue funzioni a livello cellulare, sia per la sua difficoltà a essere traslocato all'interno della pianta, la carenza di calcio poco prima dell'invasatura durante la fase di induzione dell'alterazione causa un aumento dei livelli di acido malico e tartarico nelle bacche (Stellwaag-Kittler e Haub, 1964; Alleweldt e Hifny, 1972). Questa acidità per essere neutralizzata e consentire il normale svolgimento delle funzioni fisiologiche della cellula richiede elevate quantità di calcio ma questo elemento risulta essere poco mobile nella pianta soprattutto dopo l'invasatura. Se l'assorbimento di calcio è insufficiente, le bacche sottraggono l'elemento dalle cellule del rachide con conseguente comparsa dei sintomi del disseccamento (Scienza, 1982), anche la variazione improvvisa delle condizioni climatiche ha una certa importanza nella comparsa della fisiopatia ad esempio un periodo particolarmente piovoso seguente ad un periodo di siccità in presenza di fasi fenologiche critiche crea una variazione del rapporto $K^+/Mg^{++}/Ca^{++}$ a livello del

rachide. Appare quindi importante la previsione della stima della gravità e frequenza della fisiopatia, fatta qualche tempo prima della comparsa dei sintomi. Tale stima può già essere fatta con buona attendibilità attraverso le temperature della terza settimana del mese di luglio e le precipitazioni del primo semestre (Theiler, 1981) o preconizzata dalla diagnostica fogliare (Montermini e Rossi, 1982; Scienza, 1982). Il grado di attendibilità della previsione è legato alla frequenza delle osservazioni ed è comunque limitato ad un singolo ecosistema viticolo (clima, terreno, vitigno). Ai fini della previsione i rapporti K/Mg e K/Mg+Ca determinati nei lembi fogliari nella fase fenologica della fioritura offrono le indicazioni più sicure. La conoscenza con un certo anticipo sulla comparsa dei sintomi dei valori e degli intervalli critici dei vari rapporti, caratteristici per un territorio e per le varie combinazioni di innesto permette di formulare delle stime di incidenza della fisiopatia, indispensabili per stabilire la convenienza economica del trattamento in modo da evitare che in annate sfavorevoli al disseccamento si proceda con trattamenti a base di sali di magnesio che risulterebbero inutili con un aggravio dei costi di gestione del vigneto.

Attraverso i portainnesti si è in grado di regolare il contenuto di potassio in vite principalmente nelle bacche soprattutto durante le stagioni più secche che sono meno favorevoli all'assorbimento di tale elemento e il pH. Ad alti livelli di potassio si associa a sua volta un innalzamento del pH (fino a 3) dei mosti con produzione di vini di scarsa qualità (Ruhl *et al.*, 1992) specialmente in regioni con climi caldi (Ruhl, 1989). Quindi la concentrazione di potassio può essere controllata da portainnesti che accumulano una bassa concentrazione di potassio (Ruhl, 1989; Cirami *et al.*, 1993; Withing, 2003; Kodur *et al.*, 2010). Il pH è il risultato del bilanciamento fra cationi e anioni dove i componenti principali sono il catione K⁺ e gli anioni malato e tartrato (Wejnar, 1971; Somers, 1975; Boulton, 1980; Iland, 1987) l'alterazione di uno qualsiasi di questi 3 fattori influisce sul pH finale del mosto. Il pH è un fattore importante che influenza la qualità dei mosti e poi dei vini (Boulton, 1980; Iland, 1987). I maggiori ruoli del pH rispetto alla qualità sono: percezione di acidità e il suo impatto sul sapore fruttato, bilanciamento del rapporto zuccheri/acidi (Ruhl *et al.*, 1992), stabilità di proteine solubili (Moretti e Berg, 1965) e precipitazione di bitartrato di potassio durante il processo di vinificazione (Berg e Keeper, 1958), stabilità del colore in vini rossi (Sommers, 1975) e influenza la fermentazione malolattica (Fornachon, 1957), stabilità microbica dei vini (Boulton, 1980). Per superare gli effetti negativi degli innalzamenti di pH come riduzione della qualità del colore per esempio vini rossi che presentano colore bruno (Somers, 1975; Ruhl *et al.*, 1992; Mpelasoka *et al.*, 2003), gusto scadente, bilanciamento zuccheri/acidi e stabilità del vino che in assenza di sostanziali aggiunte di acidi risultano in vini con gusto piatto, suscettibilità dei mosti e dei vini a deperimenti biologici (Mpelasoka *et al.*, 2003). acidi organici in particolare acido tartarico e acido malico o scambio di ioni (scambio K⁺ per H⁺) sono spesso aggiunti per abbassare il pH del

vino (Rankine, 2004). L'acido tartarico è stechiometricamente un acido più forte dell'acido malico, conseguentemente a valori simili di acidità totale un più basso rapporto acido malico/acido tartarico può risultare in un pH più alto (Boulton, 1980; Gavel *et al.*, 2000). L'acido tartarico è preferito dal mercato viticolo mondiale anche se entrambi sono in grado di abbassare il pH. Un'ulteriore vantaggio del tartrato è quello che in ambienti più freschi dove di solito si producono vini con eccessiva acidità esso può precipitare con CaCO_3 e quindi l'acidità del vino può essere facilmente ridotta.

Tuttavia queste pratiche sono molto costose e in alcuni paesi non sono permesse in più i vini possono essere respinti dal consumatore che domanda prodotti naturali senza aggiunta di additivi chimici (Ruhl, 1991).

La materia organica umificata è un importante elemento della fertilità del suolo (Chen e Avnimelech, 1986). Le sostanze umiche costituiscono una larga frazione della materia organica del suolo e il loro significato è relativo ai positivi effetti che esse hanno sulla crescita delle piante. (Vaughan e Malcom, 1985). Le sostanze umiche in particolare stimolano la radicazione e la crescita dei germogli (Chen e Aviad, 1990). Gli effetti positivi delle sostanze umiche sono correlate con il maggiore tasso di assorbimento dei nutrienti, attraverso l'attivazione di sistemi di trasporto ionici nelle cellule radicali (Varanini *et al.*, 1993; Pinton *et al.*, 1997). Gli effetti delle sostanze umiche sulla crescita della pianta e sull'assorbimento di nutrienti sono dipendenti dalla dose e alte concentrazioni di sostanze umiche sono inibenti per la crescita della biomassa e sull'accumulo di nutrienti (Vaughan e Malcom, 1985; Chen e Aviad, 1990; Ayuso *et al.*, 1996). La presenza di sostanze umiche provoca un incremento del contenuto di clorofilla con un parallelo decremento del rapporto fra clorofilla a e clorofilla b. La crescita di tale rapporto avviene di solito con bassi livelli di clorofilla (Terry e Zayed, 1995).

L'acidità dei suoli in molte aree del mondo è uno dei maggiori limiti per l'agricoltura. In suoli con pH inferiore a 5 forme tossiche di alluminio che sono presenti nella soluzione nutritiva, inibiscono la crescita dell'apparato radicale, influenzando così lo sviluppo delle piante (Foy *et al.*, 1978; Kochian, 1995). Apparati radicali sofferenti si presentano con uno sviluppo stentato a causa della tossicità dell'alluminio riducendo l'assorbimento dei nutrienti essenziali e aumentando la suscettibilità alla siccità (Llugany *et al.*, 1994; Sasaki *et al.*, 1996). Sebbene l'alluminio può essere temporaneamente rimosso dai suoli con le calcinazioni questa pratica non è sostenibile nel tempo ed economicamente impraticabile. Data l'estesa variabilità genetica intra e interspecifica rispetto alla resistenza alla presenza di alluminio la selezione di portainnesti di vite è un metodo adatto per migliorare le prestazioni della vite nei suoli acidi. La valutazione dei meccanismi fisiologici che consentono alla vite di migliorare le prestazioni in condizioni di stress da alluminio serve in futuro

per poter sviluppare nuovi portainnesti che presentano una sempre migliore tolleranza alla presenza di alluminio nel suolo. Esistono molti meccanismi fisiologici di resistenza o tolleranza all'alluminio tuttavia alcuni recenti studi evidenziano la presenza di meccanismi di resistenza che non permettono all'alluminio di entrare nelle radici attraverso l'essudazione di acidi organici come il citrato sulla superficie radicale e nell'apoplasto in risposta allo stress da alluminio (Kochian *et al.*, 2004, 2005). Gli acidi organici rilasciati possono immobilizzare Al^{3+} formando complessi stabili non tossici che prevengono l'ingresso dell'alluminio nelle radici, il meccanismo cellulare di mediazione del rilascio di acidi organici è stato solo recentemente scoperto e non è ancora del tutto chiarito (Pineros *et al.*, 2008; Sasaki *et al.*, 2004).

RELAZIONE FRA PORTAINNESTI E PRESENZA DI CALCARE

La presenza di terreni di natura calcarea rappresenta una problematica molto importante per la viticoltura mondiale, infatti esso causa in vite una fisiopatia denominata clorosi ferrica con gravi perdite produttive qualitative e quantitative. La natura calcarea dei terreni causa alte concentrazioni di bicarbonato nella soluzione nutritiva le quali sono considerate un fattore molto importante che induce la clorosi ferrica in vite (Mengel *et al.*, 1984; Romheld 1986; Kolesch *et al.* 1987). Più elevata è la presenza di bicarbonato e bassa quella di ferro con più è elevato il rischio di avere fenomeni di clorosi ferrica questo concetto è espresso dall'Indice di Potere Clorosante (I.P.C.) questo indice esprime contemporaneamente sia percentuale di calcare attivo che il contenuto di ferro, la conoscenza di questo indice è fondamentale per la scelta del portainnesto al momento dell'impianto del vigneto. Assieme a questo indice è consigliabile effettuare le analisi del terreno pre-impianto e anche del pH che sembra secondo alcuni studi essere il maggior responsabile della clorosi ferrica: a pH elevati infatti il ferro viene ossidato ed in solubilizzato nel terreno e nella pianta. Il pH si alza in modo diverso a seconda dei carbonati presenti nel terreno; così fino a pH 8 prevale il carbonato di calcio ($CaCO_3$), fino a pH 9 prevale il carbonato di magnesio ($MgCO_3$) infine a pH oltre 9 troviamo il carbonato di sodio (Na_2CO_3). La carenza di ferro è ampiamente diffusa in tutto il mondo e in particolare in Italia dove i vigneti crescono su terreni calcarei che insolubilizzano il ferro. Altri fattori che possono aggravare i sintomi da clorosi ferrica oltre al potere clorosante sono: la concimazione nitrica alti livelli di nitrato incrementano la concentrazione di ioni OH^- nella rizosfera, le lavorazioni del terreno favoriscono l'ossidazione del ferro e facilitano la frantumazione del calcare quindi è da preferire ove fosse possibile ricorrere all'inerbimento controllato, l'elevata vigoria aumenta il fabbisogno di ferro e diminuiscono le riserve glucidiche.

Esiste una sensibilità varietale per quanto riguarda la resistenza al calcare vitigni sensibili sono ad esempio i Pinot e il Cabernet Sauvignon ma soprattutto fra i portainnesti i più resistenti sono considerati il Fercal e il 41B derivanti da ibridazione di *Vitis berlandieri* x *Vitis vinifera* e il 140 Ru derivante da ibridazione di *Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*. Nei portainnesti più resistenti alla clorosi ferrica avvengono molti cambiamenti fisiologici e morfologici nelle radici (Andaluz *et al.*, 2002; Bavaresco *et al.*, 1991; Romheld, 1987; Rombolà *et al.*, 2002) per superare la clorosi quando crescono su terreni calcarei come l'estrusione di protoni, il rilascio di sostanze riducenti o chelanti, l'incremento dell'attività di chelanti del ferro legati alla membrana nelle radici (FC-R) e ridurre il ferro III dopo il suo assorbimento (Briat e Lobreaux 1997). Tali meccanismi sono chiamati "Strategia I". La tolleranza al calcare è caratterizzata da una alta produzione di sostanza secca e alti rapporti di efficienza per azoto, potassio, calcio, magnesio e ferro calcolati sugli organi aerei annuali. Le risposte dei viti suscettibili al calcare sono diverse e includono: riduzione della lunghezza di germogli, riduzione della produzione, i tipici ingiallimenti internervali e distribuzione della sostanza secca verso le radici più che nei grappoli, inoltre avvengono diversi cambiamenti metabolici come: accumulo di acidi organici, incremento dell'attività di fosfoenolpiruvato carbossilasi (PEPC) e incremento di enzimi della glicolisi e del ciclo di Krebs (Agnolon *et al.*, 2001; Lopez-Millan *et al.*, 2000; McCluskey *et al.*, 2004; Rombolà *et al.*, 2002). La riduzione della biomassa della pianta è relativa alla riduzione di crescita dei germogli data la presenza di bicarbonato nel suolo e da un più basso tasso di fotosintesi che dipende dal decremento del livello di clorofilla nel caso di condizioni di carenza di ferro. Il tasso di crescita dei tessuti "sink" e di organi quali radici, apici vegetativi, frutti e organi di riserva può essere limitata dalla fornitura di fotosintati dalle foglie o dalla limitata capacità dei tessuti "sink" di utilizzare i fotosintetati (Marschner, 1995).

La fisiologia su come il bicarbonato induca clorosi ferrica è molto complessa. I principali fattori che causano la clorosi ferrica sembrano essere: l'azione inibente del bicarbonato sulle membrane plasmatiche legata alla riduzione del ferro III, l'assorbimento da parte delle radici e la traslocazione nei germogli (Marschner e Romheld 1994). Alte concentrazioni di bicarbonato in suoli calcarei tamponano l'uscita di ioni H⁺ e incrementano il pH nell'apoplasto radicale, causando un'inibizione della riduzione del ferro III (Toulon *et al.*, 1992). I vari portainnesti di vite mostrano diversa reazione per quanto riguarda l'acidificazione della rizosfera, la capacità dell'apparato radicale di ridurre ferro III, e infine sull'assorbimento del ferro (Maggioni, 1980, Varanini e Maggioni 1982; Bavaresco *et al.* 1991; Brancadoro *et al.* 1995). L'acidificazione della rizosfera è conosciuta come un meccanismo con il quale la vite risponde alla carenza di ferro. I portainnesti resistenti alla clorosi ferrica mostrano un'elevata capacità di acidificazione dell'apoplasto radicale rispetto ai portainnesti

più suscettibili (Brancadoro *et al.* 1995). La scoperta che portainnesti più resistenti alla clorosi ferrica inducono un decremento del pH della soluzione nutritiva può spiegare l'effetto inibitorio del bicarbonato sulla riduzione del ferro III che a volte può risultare in alte precipitazioni come idrossidi o fosfati nell'apoplasto radicale (Bienfait *et al.* 1985) e il tasso di assorbimento del ferro nei genotipi resistenti.

Un'altra strategia messa in atto per poter resistere alla presenza di calcare nel suolo è l'infezione radicale da parte di micorrize arbuscolari (Bavaresco e Fogher, 1996; Bavaresco *et al.*, 1995) e la relazione fra le stesse e il livello radicale di composti fenolici stilbeni, questi composti agiscono come sostanze antifungine in vite. Su piante non innestate non c'è relazione fra l'infezione radicale da parte delle micorrize arbuscolari e i sintomi di clorosi. Su piante innestate invece le micorrize arbuscolari rivestono un importante ruolo nella resistenza al calcare infatti l'innesto è cruciale perché modifica la fisiologia della pianta e può interferire con il bilanciamento dei carboidrati fra le radici e i germogli (Pouget, 1974). In vite l'infezione da micorrize arbuscolari sembra essere indipendente dai composti stilbenici radicali (fenolici antifungini). Queste sostanze sono considerate costitutive delle radici (Mattivi e Reniero, 1992; Oshima *et al.*, 1995, Reniero *et al.*, 1996), steli, raspi e vinaccioli (Bavaresco *et al.*, 1997; Langcake e Pryce, 1976; Pezet e Cuenat, 1996; Pool *et al.*, 1991). e non fitoalessine perché in vite gli stilbeni agiscono come fitoalessine solo nei tessuti verdi e nelle bacche (Bavaresco e Eibach, 1987; Bavaresco *et al.*, 1997; Creasy e Coffee, 1988).

Anche l'azoto è coinvolto nella resistenza al calcare. L'assorbimento di azoto come ione ammonio o ione nitrato è controllato dal genotipo, dallo sviluppo della pianta e dallo stato fisiologico in più anche le proprietà del suolo tessitura, struttura, contenuto idrico e pH (Lea e Morot-Gaudry, 2001; Loulakakis e Roubelakis-Angelakis, 2001). L'assorbimento di ione ammonio provoca una forte acidificazione della rizosfera data l'estrusione di protoni per via ATPasica, al contrario l'assorbimento di nitrato è associato con il consumo di protoni via $2H^+/NO_3^-$ simporto (Mengel e Kirkby, 2001). L'assimilazione di ammonio richiede scheletri carboniosi in forma di cheto acidi principalmente intermedi del ciclo di Krebs. L'espressione di geni codificanti per i vari enzimi coinvolti nell'assimilazione dell'ammonio come glutammato sintasi e glutammina sintetasi sono stati identificati in apparati radicali di vite (Loulakakis e Roubelakis-Angelakis, 2001). Il nitrato attiva spostamenti dalla biosintesi dell'amido alla produzione di acidi organici (Foyer *et al.*, 2003).

L'azoto è assorbito quasi esclusivamente come nitrato dalle radici di viti che crescono su terreni calcarei in quanto l'ammonio viene rapidamente nitrificato (Mengel, 1994). Alti livelli di nitrato in suoli calcarei possono favorire la comparsa dei sintomi di clorosi ferrica (Korkac, 1987; Tagliavini e Rombolà, 2001). La causa principale della carenza di ferro in viti che hanno assorbito nitrato è

l'alto pH dell'apoplasto radicale come conseguenza della rimozione di protoni durante il cotrasporto H^+/NO_3^- che danneggia l'assorbimento del ferro dalle radici e molto probabilmente inibisce la riduzione del Fe III (Kosegarten *et al.*, 2004, Nikolic e Romheld, 2003).

RELAZIONE FRA I PORTAINNESTI E LO STRESS IDRICO

La gestione del bilancio idrico è rappresentata un fattore molto importante per la conduzione del vigneto. I cambiamenti climatici con l'aumento della temperatura terrestre causano un'alterazione del bilancio idrico del vigneto che risulterà sempre più deficitario risentendo da un lato di una minore riserva idrica presente nei suoli e, dall'altro di condizioni atmosferiche più favorevoli all'evapotraspirazione. Gli interventi irrigui in un vigneto si distinguono in "ordinari" quando la piovosità nei mesi nei quali la vite svolge il suo ciclo annuale è di entità tale (< di 50-100 mm) da rendere necessario interventi irrigui che spesso si rendono necessari già a partire dalle fase di fioritura-allegagione. Questa situazione è tipica di molte aree viticole nei paesi del bacino del Mediterraneo. L'irrigazione invece detta di "soccorso" quando la piovosità nel periodo in cui la vite svolge il proprio ciclo annuale è fortemente variabile rendendo difficile quindi prevedere il momento, la durata e l'entità dello stress che possono agire sulla resa e sulla qualità del prodotto finale.

In viticoltura diversi portainnesti sono usati per differenti condizioni pedoclimatiche, molti di questi sono descritti per un ottimo adattamento alla siccità e forniscono una miglior efficienza d'uso dell'acqua (Carbonneau, 1985). I portainnesti presentano diverse differenze per quanto riguarda il comportamento delle viti date le loro caratteristiche idrauliche e la loro distribuzione radicale (Morlat e Jacquet, 1993; Comas *et al.*, 2005; Smart *et al.*, 2006) che influenzano l'assorbimento di acqua e di elementi nutritivi, modificano il vigore e i tempi di maturazione dei frutti. Da alcuni studi si è verificato che nel caso venissero effettuati interventi irrigui la crescita dell'apparato radicale avveniva principalmente nel periodo estivo fino al momento della maturazione dei frutti, dopo la maturazione dei frutti e fino all'inizio del riposo invernale si è riscontrata l'emergenza di nuove radici e questo può indicare un costante cambiamento delle radici stesse allo stesso tempo non avveniva un netto incremento della lunghezza totale delle radici. All'aumentare della lunghezza delle radici non corrisponde un sostanziale aumento di crescita della parte epigea. La dinamica di crescita radicale è un aspetto importante e deve essere preso in considerazione al momento della scelta del portainnesto e per una migliore gestione delle riserve idriche in vigneto.

Nel caso di condizioni ambientali semiaride o aride l'efficienza nell'uso dell'acqua da parte dei portainnesti è molto importante per determinare le prestazioni agronomiche e fisiologiche nelle varie cv. L'incremento della disponibilità idrica insieme all'evoluzione delle tecniche agronomiche ha stimolato l'uso dell'irrigazione in viticoltura dove normalmente le viti non venivano irrigate, in supporto all'attività fisiologica nel periodo secco. Gli studi effettuati sulla risposta fisiologica dei portainnesti all'irrigazione hanno fornito utili suggerimenti su come migliorare l'efficienza d'uso dell'acqua.

La valutazione della conducibilità idrica radicale è uno dei parametri importanti per conoscere le potenzialità di un portainnesto, nel momento in cui questo deve essere impiegato ed è influenzata in modo significativo dal genoma dei portainnesti stessi. La conducibilità idrica radicale risulta utile nello spiegare le caratteristiche fisiologiche dei portainnesti legate all'assorbimento dell'acqua. Per la valutazione di questo parametro sono impiegati diversi metodi: applicazione di una pressione positiva ad una soluzione contenente l'apparato radicale (Mees e Weatherley, 1957; Lopushisky, 1964; Parson e Kramer, 1974) questa tecnica è chiamata anche della camera a pressione di Scholander (Scholander *et al.*, 1965) ha permesso di mettere in evidenza la correlazione esistente fra la conducibilità idrica radicale e le varie caratteristiche vegetative della pianta come la vigoria e la capacità di fornire alla parte epigea un adeguato rifornimento di acqua e elementi nutritivi. Altri metodi per valutare la conducibilità idrica radicale prevedono l'applicazione di una pressione negativa (suzione) al colletto tagliato dell'apparato radicale (Shirazi *et al.*, 1975), la misurazione dell'essudazione spontanea dal colletto tagliato (Hay e Anderson, 1972), modifiche della concentrazione della soluzione contenente le radici e verifica dell'essudazione spontanea (Arisz *et al.*, 1951; Newman, 1973).

Al momento dell'impianto del vigneto bisogna considerare le caratteristiche topografiche e edafiche che contribuiscono al vigore delle viti come: l'acqua disponibile, il drenaggio dell'acqua superficiale e l'effettiva profondità dell'apparato radicale.

Nei climi umidi l'elevata disponibilità di acqua rappresenta la causa principale dell'eccessiva crescita vegetativa e contribuisce a ridurre le qualità potenziali del vino (Van Leeuwen e Seguin, 1994; Van Leeuwen *et al.*, 2009). L'elevata disponibilità idrica può ritardare la rottura delle gemme, incrementare il tasso e la durata della crescita dei germogli, aumentare il peso del legno di potatura e il peso delle bacche con un concomitante decremento della concentrazione zuccherina nelle bacche stesse, e della concentrazione degli antociani e di altri composti fenolici (Chaves *et al.*, 2007; Van Leeuwen e Seguin, 1994; Van Leeuwen *et al.*, 2009). Quindi le tecniche per un'accurata gestione del vigneto sono spesso usate per limitare un'eccessiva crescita vegetativa. La gestione del vigneto per restringere l'estensione e il periodo di durata della crescita vegetativa prevede interventi

di potatura verde, modificazioni delle forme di allevamento e l'utilizzo di portainnesti a basso o medio vigore, potature dell'apparato radicale (Dry e Loveys, 1998; Giese e Wolf, 2009; McCartney e Ferree, 1999), inerbimento controllato (Ingels *et al.*, 2005; Tesic *et al.*, 2007; Wheeler *et al.*, 2005), e varie strategie di irrigazione come ad esempio la regolazione del deficit irriguo (Matthews *et al.*, 1987). L'inerbimento favorisce il controllo dell'erosione, apporta sostanze organiche al terreno e migliora la struttura del suolo inoltre l'inerbimento può essere usato per regolare il vigore delle viti promuovendo una competizione con le viti per quanto riguarda acqua e elementi nutritivi (Ingels *et al.*, 2005). La crescita della parte epigea della vite è molto sensibile al deficit idrico (Matthews *et al.*, 1987) e l'inerbimento controllato si presenta come un potenziale mezzo per ridurre la durata e la quantità di crescita della chioma. I portainnesti conferiscono diverso vigore (Pongraz, 1983) e influenzano la capacità produttiva delle viti (Dry e Loveys, 1998), inoltre il sistema radicale può essere fisicamente alterato da potature stagionali per favorire il l'abbassamento del vigore e la capacità delle produttiva delle viti. L'interazione fra l'inerbimento controllato, portainnesto e la riduzione dell'apparato radicale apporta benefici per quanto riguarda la gestione del lavoro di riduzione della chioma e migliorare l'esposizione dei frutti riducendo l'ombreggiamento e quindi ridurre l'umidità nel microclima del grappolo con la conseguenza di ridurre il rischio di comparsa di malattie fungine come *Botrytis cinerea*. La soppressione della crescita vegetativa attraverso la riduzione delle radici è data dal deficit idrico tuttavia la riduzione delle radici può anche avere effetto sulla riduzione di azoto e riserve di carboidrati e può traslocare segnali ormonali dalle radici ai germogli in risposta all'alterazione dell'apparato radicale. Anche l'inerbimento nell'interfila riduce lo sviluppo vegetativo a causa della competizione con le viti per l'acqua, infine il portainnesto influisce sullo sviluppo vegetativo in particolare sul peso del legno di potatura soprattutto nei primi cinque anni dopo l'impianto del vigneto.

In condizioni di alte temperature fogliari e alto deficit di pressione di vapore portainnesti che manifestano basso vigore vegetativo sono in grado di fornire le migliori prestazioni fisiologiche. Le differenze genetiche fra i portainnesti sono esaltate nel caso di suoli con basso contenuto idrico (Ruhl e Alleweldt, 1986) l'irrigazione influenza positivamente i parametri fisiologici con un livellamento delle prestazioni dei portainnesti in termini di quantità di uva prodotte, l'efficienza d'uso dell'acqua e il potenziale idrico fogliare, al contrario la siccità peggiora le prestazioni di portainnesti con alto vigore.

Il tasso di fotosintesi delle foglie di vite è influenzato dalle caratteristiche morfologiche, anatomiche e biochimiche dell'apparato radicale. La disidratazione delle radici (Davies e Zhang, 1991) così come una bassa temperatura nella rizosfera (Tagliavini e Marangoni, 1993) portano alla chiusura degli stomi e a un declino del tasso del fotosintesi senza che avvenga un cambiamento del turgore

fogliare. La chiusura degli stomi è strettamente legata agli eventi che avvengono nell'apparato radicale ed è certo il fatto che lo stato fisiologico delle radici gioca un importante ruolo nel comportamento della modulazione del vigore dei germogli (Gollan *et al.*, 1986; Milligan e Dale, 1988; Masle e Passioura, 1987). Il trasporto di segnali chimici come acido abscissico (ABA) dalle radici ai germogli attraverso il flusso traspiratorio è un meccanismo spesso proposto per spiegare queste risposte (Loveys e During, 1984; Davies e Zhang, 1991). Non è del tutto chiarito il fatto se ABA inibisce la fotosintesi unicamente attraverso il suo effetto sulla chiusura degli stomi oppure se esistono altri meccanismi di azione di ABA estranei con riduzione della chiusura stomatica (Makeev *et al.*, 1992). La chiusura degli stomi incrementa l'efficienza d'uso dell'acqua se l'efficienza della carbossilazione è ridotta e questo decremento può essere spiegato con la riduzione dell'attività dell'enzima Rubisco e il parallelo decremento del tasso di trasporto degli elettroni mostrato nel caso di stress idrico, quando avviene in aggiunta ad un'alta intensità luminosa. Il portainnesto influenza fortemente la risposta della pianta in caso di bassa disponibilità idrica nel suolo in termini di fotosintesi, conduttanza stomatica e efficienza di carbossilazione, e quindi questa influenza viene presa in considerazione al momento della creazione di nuovi portainnesti.

RELAZIONE FRA I PORTAINNESTI E LA SALINITÀ

Il progressivo accumulo di sale nel terreno è un importante fattore abiotico che limita le produzioni viticole mondiali, la salinità è in grado di peggiorare gli effetti avversi dei cambiamenti climatici sulla disponibilità delle riserve idriche e sulla loro qualità (Paranychianakis e Chartzoulakis, 2005) e rappresenta un grave problema per la viticoltura a livello mondiale (Sidari *et al.*, 2008, Greenway e Munns, 1980; Pandey e Thakares, 1997) specialmente in molte regioni aride dove viene praticata l'irrigazione (Saayman, 1981). Incrementando la disponibilità idrica usando risorse idriche alternative come il riciclo delle acque per fini irrigui ha importanti vantaggi agronomici e ambientali (Toze, 2006) come riduzione dei costi per i trattamenti irrigui, riduzione dell'impatto ambientale sui corpi d'acqua di superficie, e benefici sulla crescita delle piante derivanti dal ridotto impiego di fertilizzanti commerciali (Mauer *et al.*, 1995; Klein *et al.*, 2000) tuttavia questo metodo presenta anche alcuni svantaggi come il rischio di diffusione di malattie infettive, il rilascio di nutrienti nell'ambiente (Paranychianakis *et al.*, 2006) a discapito delle radici che influenza i processi fisici inclusi la diffusione dei nutrienti e la loro solubilità (Marschner, 1995) e l'accumulo di sale (Falkiner e Smith, 1997), che può provocare danni a livello fogliare (Miyamoto e White, 2002).

Il contenuto di sale nelle acque usate per l'irrigazione può avere ripercussioni sull'accumulo di sale nel suolo e causare influenzare negativamente la tessitura del suolo e la produzione dal punto di vista quali-quantitativo. In tali condizioni è necessario attuare adeguate strategie di gestione del vigneto quali lisciviazione del sale e l'uso di efficienti sistemi di irrigazione (Oron *et al.*, 2002) inoltre genotipi tolleranti la salinità vengono scelti al fine di ridurre i danni da eccessiva presenza di sale o che gli stessi garantiscano una riduzione minima delle produzioni (Paranychianakis e Chartzoulakis, 2005).

In viticoltura la tolleranza alla salinità è associata alla capacità di limitare l'entrata di ioni cloro nei germogli e questa capacità viene usata come un metodo di selezione per classificare i portainnesti secondo la loro tolleranza alla salinità (Walker *et al.*, 1997; Mullins *et al.*, 1996), tuttavia in letteratura si sono riscontrate alcune contraddizioni in termini di tolleranza alla salinità dei portainnesti di vite (Antcliff *et al.*, 1983; Arbabzadeh e Dutt, 1987) portando alla conclusione che esistono altri fattori oltre all'accumulo di sale nei germogli che sono coinvolti ed eventualmente determinano la risposta delle viti allo stress salino (Paranychianakis e Chartzoulakis, 2005).

Fattori genetici regolano l'assorbimento di sale e l'accumulo dello stesso nei germogli e anche le differenze morfologiche fra i vari portainnesti hanno un'apparente influenza sull'accumulo di sale nei germogli. La crescita aerea delle differenti combinazioni d'innesto sui suoli salini è influenzata dal sistema radicale. La distribuzione spaziale del sistema radicale della vite è determinata dall'ambiente suolo come una conseguenza delle caratteristiche fisiche (Saayman, 1982; Richards, 1983; Van Zyl, 1984; Van Huyssteen, 1988), delle proprietà chimiche (Marcelin, 1974; Conradie, 1983) o dello stato fitosanitario (De Klerk e Loubser, 1988) del suolo. Quindi ogni pratica colturale che influenza il suolo ha azione sulla distribuzione delle radici (Saayman e Van Huyssteen, 1980; Van der Westhuizen, 1980; Soyer *et al.*, 1984; Van Huyssteen, 1988). La crescita sotterranea della vite è bilanciata con l'accrescimento della parte aerea (Richards, 1983; Van Zyl e Van Huyssteen, 1984; Southey e Archer, 1988; Swanepoel e Southey, 1989) quindi ogni fattore che interessa la crescita radicale ha effetto sulle prestazioni della vite. La distribuzione spaziale delle radici avviene quindi in funzione del suolo mentre la densità radicale è determinata principalmente dal genotipo. La crescita di tutte le radici della vite e in particolare di quelle più piccole decresce con il decremento della resistenza elettrica nel suolo. La scarsa profondità dell'apparato radicale risulta maggiore quando la crescita verticale delle radici è limitata da cause fisiche o chimiche.

Il sale è un comune e necessario componente del suolo ed è essenziale per il nutrimento delle viti ma un alto contenuto dello stesso può pregiudicare la vita delle piante. Sebbene la vite è moderatamente tollerante alla presenza di sale un suolo con elevato contenuto di sale può inibire la crescita delle viti limitando l'assorbimento di acqua, limitando l'assorbimento di nutrienti,

danneggiando le cellule grazie all'effetto dello stress ionico (Munns, 2002, 2005) e provocando bruciature sulle foglie e precoci defogliazioni. Questi fattori si manifestano nelle piante con decremento della capacità di germinazione dei semi, e riduzione della lunghezza di radici e germogli (Arshi *et al.*, 2002), alterazione dell'integrità delle membrane cellulari e l'inibizione di varie attività enzimatiche e della fotosintesi (Sairam e Tyagi, 2004). La vite tende ad accumulare sale nei suoi organi durante gli anni di produzione, per il primo anno la quantità di uva prodotta per pianta può non essere ridotta a causa della salinità ma col passare degli anni essa risulta decisamente ridotta dato l'accumulo di ioni salini nelle foglie con integrata salinità del suolo (Moolman *et al.*, 1995). La risposta della vite alla salinità dipende da alcuni fattori quali: concentrazione di ioni sodio e cloro nella soluzione nutritiva o la conducibilità elettrica (Arbabzadeh e Dutt, 1987) e nella misura con cui gli ioni presenti nella soluzione nutritiva sono concentrati nelle parti vegetative della pianta. La risposta della vite all'accumulo di sale si compone di due meccanismi (Shani e Ben-Gal, 2005): il primo meccanismo è ridurre la traspirazione e il tasso di crescita che inizia appena incomincia l'accumulo di sale dato il decremento del potenziale osmotico nella soluzione nutritiva infatti l'effetto osmotico del sale è il principale responsabile della riduzione della crescita e del potenziale idrico fogliare, il secondo meccanismo coinvolge il tasso di mortalità delle viti ed è correlato con il livello di salinità, un netto incremento di ioni tossici quali sodio e cloro contenuti nelle foglie e il tempo, ritardano l'insorgenza di mortalità in condizioni di più bassa salinità. La capacità di trasporto degli ioni cloro nelle viti è strettamente collegata con i portainnesti (Bernstein, 1969). I portainnesti tolleranti la salinità sono capaci di mantenere basse concentrazioni di cloro nelle foglie e nei germogli (Alexander e Groot-Obbink, 1971; Downton, 1977) perché la limitazione della fotosintesi e della conduzione stomatica indotte dal sale sono connesse con alti livelli di cloro e non dal contenuto di sodio nelle foglie (Prior *et al.*, 1992). Il livello di sale che induce degradazione della clorofilla e la comparsa di sintomi visibili causati dal sale sono dipendenti dalla capacità di adattamento delle combinazioni portainnesto-cv piuttosto che dalla tossicità del sodio. La concentrazione totale di ioni inorganici nelle foglie è la maggior componente dell'adattamento osmotico in alcune cv sottoposte a stress salino e l'abilità di questo adattamento rappresenta una relativa tolleranza al sale da parte di queste cv. I bassi livelli di cloro favoriscono l'assorbimento di altri ioni in particolare del potassio, l'accumulo dei maggiori elementi nutritivi all'interno delle foglie e dei piccioli è dipendente dalla stagionalità (Downton, 1977; Williams e Matthews, 1990). E' necessario quindi conoscere questi meccanismi di tolleranza al sale prima di selezionare nuovi portainnesti per le viti destinate a crescere in suoli salini.

LA VITICOLTURA NEL CHIANTI CLASSICO

La zona viticola denominata “Chianti Classico” si estende per circa 70.000 ettari per intero all’interno della regione Toscana ed in particolare nelle province di Firenze e Siena in un’area compresa fra 9 comuni: Greve in Chianti, Barberino Val d’Elsa, Tavarnelle Val di Pesa, San Casciano in Val di Pesa comuni siti in provincia di Firenze, Castellina in Chianti, Gaiole in Chianti, Radda in Chianti, Castelnuovo Berardenga e parte del comune di Poggibonsi questi ultimi siti in provincia di Siena.

I confini geografici della zona del “Chianti” sono sfumati e difficili da tracciare ma è stato ancora più difficile nella storia tracciare i confini di produzione del “Chianti Classico”.

Il termine Chianti compare per la prima volta in alcuni documenti risalenti al XIII secolo per indicare la zona compresa fra le alte colline di Badiaccia e monte Luco questo territorio oggi prende il nome di colline del Chianti, solo più tardi lo stemma del Gallo Nero in campo oro identifica 3 località: Castellina in Chianti, Radda in Chianti e Gaiole in Chianti che secondo le leggi in vigore a Firenze all’epoca costituirono la cosiddetta “Lega del Chianti”.

Nel 1932 un decreto dell’allora governo fascista stabilì che tutta la Toscana centrale zona che comprendeva le province di Siena, Firenze, Pisa, Arezzo e Pistoia fosse territorio di produzione del Chianti grazie ad una sostanziale identità di condizioni geo-morfologiche e climatiche, caratteristiche che poi determinano il carattere del vino. Ma tutta questa ampia zona fu suddivisa in 7 sottozone: Chianti Classico, Montalbano, Rufina, Colli Fiorentini, Colli Aretini, Colline Pisane e Colline Senesi. La denominazione Chianti può essere integrata dalla specificazione “Superiore” nonché dalle specificazioni geografiche che stanno ad indicare le 7 sottozone ad esempio Colli Fiorentini e Colli Senesi.

Il “Chianti Classico era definito dal sopracitato decreto “ la zona di origine più antica” conferendole un attestato di primogenitura e riconoscendole un’identità tutta particolare. Essa rappresenta il vero “Chianti“ dal punto di vista geografico e comprende vari ambienti pedologici e climatici. Nel 1967 entro in vigore una legge che regolava i tipi di vitigno da impiantare, il tetto massimo di resa per ettaro e cominciò quindi a gettare le basi per privilegiare la qualità rispetto alla quantità con il riconoscimento della Denominazione di Origine Controllata (DOC) la più grande della Toscana. Nel 1984 avviene la stesura del disciplinare di produzione per la Denominazione di Origine Controllata e Garantita (DOCG) del “Chianti” e del “Chianti Classico”, che venivano considerati un’unica DOCG anche se il “Chianti Classico” è sottoposto a regole di produzione più rigide. Infine nel 1996 un decreto ministeriale riconosce la DOCG “Chianti Classico” come denominazione autonoma, sancendone le caratteristiche e differenziandolo da tutti gli altri vini prodotti nel

“Chianti”. Attualmente la superficie vitata iscritta alla DOCG “Chianti Classico” è di circa 7000 ettari ripartita su 1136 aziende con una produzione che si attesta su circa 300.000 ettolitri di vino annui.

Geologicamente il Chianti Classico appartiene all’Eocene ed è costituito da terreni autoctoni provenienti da galestri, suoli scuri originati da rocce gelive e friabili in provincia di Firenze; albarese, argille chiare calcaree ricche di scheletro in provincia di Siena e arenarie, suoli argillosi tendenzialmente pesanti poveri di scheletro nella zona sud-ovest del senese (Castellina, Poggibonsi). Questi terreni sono molto adatti alla produzione di qualità e meno di quantità della vite e anche dell’olivo, ma a causa della loro pietrosità esigono per la loro messa a dimora, ingenti opere di miglioramento fondiario (scasso, spietramento e sistemazioni idraulico-agrarie).

Per quanto riguarda il clima si osservano notevoli variazioni anche fra località poco distanti fra di loro e poste ad uguale altitudine ed esposizione questo a causa dell’accentata morfologia del territorio. Si può tuttavia definire il clima del Chianti Classico nel suo complesso un clima continentale fatta eccezione per gran parte del territorio del comune di San Casciano Val di Pesa che è esposto in parte all’influenza dei venti marini che trovano qui i primi ostacoli nei rilievi collinari. L’andamento della temperatura, pur essendo vario, è tuttavia sempre favorevole alla coltivazione della vite e dell’olivo. Fanno eccezione le anguste e ristrette zone pianeggianti del fondo valle e i terreni declivi a loro più vicini, che, a causa del fenomeno dell’inversione termica, sono soggetti alle gelate (anche tardive o precoci) e ad abbondanti rugiade che favoriscono gli attacchi anche massicci e pesanti di peronospora (*Plasmopara viticola*). I terreni di queste zone, anche per la loro natura alluvionale, non sono idonei per la produzione di vino di qualità e i vigneti ivi esistenti sono esclusi dall’Albo dei vigneti del Chianti Classico; inoltre l’olivo è del tutto assente poiché è molto suscettibile alle gelate e quindi va incontro a gravi danni e la coltivazione di specie erbacee, per le quali l’ambiente è favorevole, non trova lo spazio necessario. I fondo valle quindi non hanno nel Chianti Classico l’importanza produttiva che si riscontra in altre zone. Per quanto riguarda il regime pluviometrico il Chianti Classico non si discosta tanto dal regime sub-litoraneo-appenninico nel quale le precipitazioni sono irregolarmente distribuite durante tutto il corso dell’anno. In genere i mesi di maggior piovosità vanno da gennaio a maggio, mentre nel periodo estivo da giugno ad agosto, in molti anni, domina la siccità che è favorita anche dalla natura permeabile dei terreni specialmente quelli sabbiosi e dei galestri. In tali annate si ha una riduzione della quantità di uva prodotta per ettaro ma non della qualità.

La forma di allevamento predominante nella zona del “Chianti Classico” è l’archetto toscano, derivante dalla tecnica Guyot, negli ultimi anni però va sempre di più diffondendosi la forma a cordone speronato che consente la meccanizzazione di tutte le operazioni colturali senza rinunciare

alla qualità. Le fasi fenologiche prevedono la fioritura tra maggio e giugno, a circa metà giugno avviene l'allegagione, tra luglio e agosto avviene l'invasitura, nel mese di settembre grazie alle escursioni termiche altalenanti il processo di maturazione si conclude permettendo la vendemmia nei primi giorni del mese di ottobre.

La produzione del "Chianti Classico" DOCG è regolata dall'ultimo disciplinare di produzione datato 18 settembre 1996 che prevede che l'impiego di uve Sangiovese in percentuale minima dell'80% fino ad un massimo del 20% è concesso l'impiego di altri vitigni a bacca rossa coltivati nella zona tra i quali ricordiamo *Cabernet Sauvignon*. Per impiantare nuovi vigneti è necessario che siano trascorsi almeno 5 anni dall'ultima vendemmia e devono passare almeno 4 anni da quando è stato impiantato il vigneto prima che le uve possano essere vinificate; la resa ad ettaro non può superare i 75 quintali di uva corrispondenti a 52,5 ettolitri di vino, ogni pianta deve produrre al massimo 3 chilogrammi di uva. Con questo nuovo disciplinare è stato introdotto poi un numero minimo di piante per i nuovi impianti, che non deve essere inferiore ai 3350 ceppi per ettaro. I vigneti devono trovarsi su terreni posti ad un altitudine non superiore ai 700 metri s.l.m.



Figura 1. Cartina del territorio di produzione del "Chianti Classico DOCG

Il vino “Chianti Classico” DOCG ha colore rosso rubino brillante, tendente al granata con l’invecchiamento, l’odore è vinoso, con sentore di viola mammola e con pronunciato carattere di finezza nella fase di invecchiamento; presenta sapore asciutto, armonico, sapido e leggermente tannico che si affina col tempo a morbido e vellutato. La quantità di zucchero massima deve essere di 4 g/l di zuccheri riduttori, l’estratto secco totale minimo del 2,3% e l’acidità totale minima del 5 per 1000. Il “Chianti Classico” DOCG deve subire il processo di invecchiamento che deve durare almeno 11 mesi (può essere immesso sul mercato solo a partire dal 1 ottobre dell’anno successivo alla vendemmia) ed avere una gradazione alcolica minima di 12°, la stessa sale a 12,5° per il “Riserva” che richiede un periodo di invecchiamento minimo di 24 mesi di cui almeno 3 in bottiglia. Rispetto al “Chianti Classico”, il “Riserva” è un vino più nobile, presenta finezza maggiore, odore prolungato e gusto più pulito. Si presenta con colore rosso cupo tendente al granato, con sentori di spezie e frutti di bosco, struttura semplice e vellutata. Merito delle uve scelte che lo compongono e dell’invecchiamento. Solo il 20 % del “Chianti Classico” diventa “Riserva” a esso sono destinate le uve migliori e vengono poste fin dall’inizio in botti di rovere che rilasciano i loro aromi al vino.

Il “Chianti Classico” è adatto per accompagnare carni rosse fatte alla griglia. Il “Riserva” invece si presta di più ad abbinamenti con arrostiti di carne rossa, selvaggina e grandi formaggi alimenti classici della gastronomia di questo territorio fin da tempi antichissimi. Entrambi vanno “ossigenati” prima della degustazione: la bottiglia viene stappata qualche ora prima, altrimenti si deve procedere alla decantazione. Vanno serviti ad una temperatura di 16-18° e per valorizzarli è necessario servirli all’interno di calici a tulipano.

MATERIALI E METODI

VITIGNI COLTIVATI

Qui di seguito verranno riportate le principali caratteristiche ampelografiche dei vitigni utilizzati per svolgere questo lavoro di tesi

SANGIOVESE

ORIGINE: la storia di questo vitigno è molto difficile da ricostruire perché mancano indicazioni attendibili precedenti al XVI secolo. Le prime informazioni certe risalgono al 1590 dove viene indicato con il nome *Sangioghetto*, un vitigno rimarchevole per la sua produttività regolare. L'origine del nome non è certa, ma un'ipotesi plausibile è quella di un vitigno che germoglia precocemente, la forma dialettale della Toscana nord-occidentale "sangiovannina", stava a significare "uva primaticcia" (Hohnerleien-Buchinger, 1996). La semantica del nome potrebbe essere legata anche al termine "*jugum*", giogo, di origine romagnola, sia riferendosi alla sommità di un monte che al paesaggio collinare dell'Appennino tosco-romagnolo. Si ritiene che questo vitigno sia originario della Toscana e più precisamente della zona del Chianti (Molon, 1906). Nel 1800 il *Sangiovese* inizia la sua espansione verso la Romagna, l'Emilia, l'Umbria, l'Abruzzo, parte del Lazio, la Puglia settentrionale e la Campania occidentale.

CARATTERI AMPELOGRAFICI

APICE del germoglio espanso o semi-espanso, aracnoide, di colore verde biancastro con orlo leggermente carminato.

FOGLIA di media grandezza, pentagonale, quinquelobata, talvolta trilobata. Seno peziolare ad U più o meno largo, talvolta a V un po' aperto; seni laterali superiori a lira più o meno chiusa con bordi talvolta sovrapposti, seni laterali inferiori quando presenti a V stretto ed a bordi paralleli.

Lembo generalmente piano, piuttosto sottile, con superficie liscia, lucida. Pagina superiore e inferiore glabre. Denti pronunciati, irregolari a margine rettilineo e a base stretta.

GRAPPOLO di media-grossa dimensione, di forma cilindrico-piramidale o conico-piramidale con una o due ali; di aspetto più o meno compatto.

ACINO di media grandezza, ovoide, di forma regolare, piuttosto uniforme; buccia molto pruinosa, di colore nero-violaceo, consistente ma non molto spessa, a sapore semplice.

FENOLOGIA

Epoca di germogliamento: media-precoce

Epoca di fioritura: media-precoce

Epoca di invaiatura: media

Epoca di maturazione: media

ATTITUDINI AGRONOMICHE E COLTURALI

Portamento della vegetazione: eretto

Vigoria: notevole

Peso medio del grappolo: medio-elevato (200-350 g)

Fertilità delle gemme: solitamente 1 o 2

ESIGENZE AMBIENTALI E COLTURALI

Può essere danneggiato dalle gelate primaverili, mentre sopporta abbastanza bene la siccità ed il vento. Predilige le aree collinari e i terreni di media o scarsa fertilità, argilloso-calcarei con abbondante scheletro, che si asciugano durante la maturazione. Il tipo di potatura più idonea è quella mista, ma si adatta molto bene anche a quella corta (cordone speronato).

SENSIBILITA' ALLE MALATTIE ED ALLE AVVERSAITA'

Mediamente sensibile alla peronospora, più sensibile ad oidio e marciume acido; molto sensibile ad acari, meno a tignole e cicaline, spesso soggetto a mal dell'esca.



Figura 2. Grappolo di *Sangiovese*

CABERNET SAUVIGNON

ORIGINE: Questo vitigno ha la sua zona di origine nel Bordolese, regione a sud-ovest della Francia, dal circondario della Gironda. Descritto compiutamente per la prima volta nel 1785 e venne definito come “un vitigno perfetto”.

CARATTERI AMPELOGRAFICI

APICE del germoglio lanuginoso, bianco-giallastro, con sfumature rosato vinose.

FOGLIA media, orbicolare o pentagonale, quinquelobata di forma caratteristica per la sovrapposizione dei lobi che originano delle aperture quasi circolari. Seno peziolare chiuso con bordi sovrapposti, i seni laterali anch'essi chiusi con bordi sovrapposti. Pagina inferiore aracnoidea. Lembo piegato a coppa, con lobi leggermente contorti, nervature leggermente rosse alla base. Denti molto pronunciati e a base larga.

TRALCIO color cannella, duro al taglio

GRAPPOLO da piccolo a medio, cilindrico piramidale, solitamente con un ala molto pronunciata, tendenzialmente compatto.

ACINO medio, sferoidale, con buccia spessa e consistente abbondantemente pruinosa, di colore blu-nero. Sapore che ricorda la viola e la sorba, astringente.

FENOLOGIA

Epoca di germogliamento: tardiva

Epoca di fioritura: media

Epoca di invaiatura: media

Epoca di maturazione: media

ATTITUDINI AGRONOMICHE E COLTURALI

Portamento della vegetazione: eretto

Vigoria: buona

Peso medio del grappolo: medio-basso (150-250 g)

Fertilità delle gemme: 2

ESIGENZE AMBIENTALI E COLTURALI

Vitigno rustico, esige un assorbimento idrico buono e regolare durante la stagione vegetativa.

Predilige suoli poco fertili, ricchi di scheletro, con buona capacità idrica, nelle zone con scarsa piovosità estiva e forme di allevamento espanse, potatura corta ma ricca. Produzione media e costante, buona fertilità delle gemme basali.

SENSIBILITA' ALLE MALATTIE ED ALLE AVVERSITA'

Presenta scarsa sensibilità alla peronospora ed alla botrite, sensibile all'oidio, all'escoriosi e all'erinosi sulle foglie. In ambienti secchi può andare soggetto al mal dell'esca e all'attacco degli acari. Il germogliamento tardivo lo preserva dalle gelate primaverili. Scarsa tolleranza alla siccità. Molto sensibile al disseccamento del rachide soprattutto in terreni acidi con il portainnesto SO4.

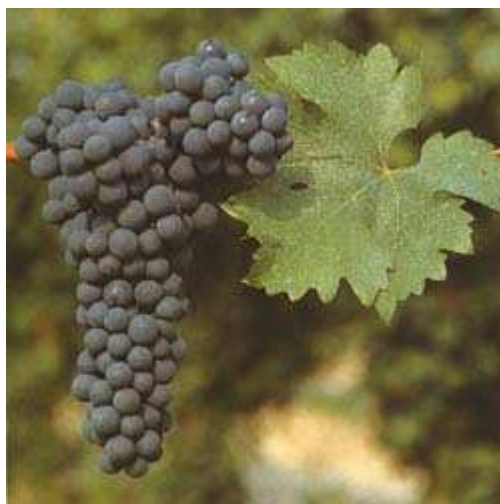


Figura 3. Grappolo di *Cabernet sauvignon*

La tesi si è svolta presso l'azienda agricola Ruffino sita nel comune di Castellina in Chianti (Siena) e presso il Diprove sezione coltivazione arboree dell'Università degli Studi di Milano durante le annate 2010 e 2011. Sono stati valutati 4 nuovi portainnesti (M1, M2, M3, M4) e 6 portainnesti tradizionali (110 R, 1103 P, 140 Ru, 41 B, 420 A, S04) su ognuno di essi è stata innestate 2 varietà: Sangiovese e Cabernet Sauvignon. Per ogni combinazione d'innesto sono state campionate 6 piante per un totale di 114 ripetizioni e per ognuna delle quali sono stati valutati il numero di germogli presenti, il numero di grappoli prodotti con il peso di produzione, il peso del legno di potatura invernale e quindi poi calcolati il peso medio di ogni grappolo, il rapporto fra il peso di produzione e il numero di germogli presenti, l'indice di Ravaz e l'indice di fertilità delle gemme.

Tabella 1. Elenco delle combinazioni di innesto con la varietà *Cabernet sauvignon* sottoposte ad analisi.

| CABERNET SAUVIGNON | | | | |
|--------------------|------------|---------|---------|-----------|
| CS 1103P 1 | CS 41B 1 | CS M1 1 | CS M3 1 | CS S04 1 |
| CS 1103P 2 | CS 41B 2 | CS M1 2 | CS M3 2 | CS S04 2 |
| CS 1103P 3 | CS 41B 3 | CS M1 3 | CS M3 3 | CS S04 3 |
| CS 1103P 4 | CS 41B 4 | CS M1 4 | CS M3 4 | CS S04 4 |
| CS 1103P 5 | CS 41B 5 | CS M1 5 | CS M3 5 | CS S04 5 |
| CS 1103P 6 | CS 41B 6 | CS M1 6 | CS M3 6 | CS S04 6 |
| CS 140Ru 1 | CS 420 A 1 | CS M2 1 | CS M4 1 | CS 110R 1 |
| CS 140Ru 2 | CS 420 A 2 | CS M2 2 | CS M4 2 | CS 110R 2 |
| CS 140Ru 3 | CS 420 A 3 | CS M2 3 | CS M4 3 | CS 110R 3 |
| CS 140Ru 4 | CS 420 A 4 | CS M2 4 | CS M4 4 | CS 110R 4 |
| CS 140Ru 5 | CS 420 A 5 | CS M2 5 | CS M4 5 | CS 110R 5 |
| CS 140Ru 6 | CS 420 A 6 | CS M2 6 | CS M4 6 | CS 110R 6 |

Tabella 2. Elenco delle combinazioni di innesto con la varietà *Sangiovese* sottoposte ad analisi

| SANGIOVESE | | | | |
|------------|-----------|---------|----------|-----------|
| SG 1103P 1 | SG 41B 1 | SG M1 1 | SG M3 1 | SG 110R 1 |
| SG 1103P 2 | SG 41B 2 | SG M1 2 | SG M3 2 | SG 110R 2 |
| SG 1103P 3 | SG 41B 3 | SG M1 3 | SG M3 3 | SG 110R 3 |
| SG 1103P 4 | SG 41B 4 | SG M1 4 | SG M3 4 | SG 110R 4 |
| SG 1103P 5 | SG 41B 5 | SG M1 5 | SG M3 5 | SG 110R 5 |
| SG 1103P 6 | SG 41B 6 | SG M1 6 | SG M3 6 | SG 110R 6 |
| SG 140Ru 1 | SG 420A 1 | SG M2 1 | SG S04 1 | |
| SG 140Ru 2 | SG 420A 2 | SG M2 2 | SG S04 2 | |
| SG 140Ru 3 | SG 420A 3 | SG M2 3 | SG S04 3 | |
| SG 140Ru 4 | SG 420A 4 | SG M2 4 | SG S04 4 | |
| SG 140Ru 5 | SG 420A 5 | SG M2 5 | SG S04 5 | |
| SG 140Ru 6 | SG 420A 6 | SG M2 6 | SG S04 6 | |

Dei 114 campioni 57 per ogni anno (3 per ogni combinazione d’innesto) sono stati sottoposti ad analisi fenoliche di laboratorio presso l’Università degli Studi per determinare il contenuto di polifenoli totali e di antociani nelle uve.

Tabelle 3-4 Elenco delle piante sottoposte ad analisi fenoliche

| SANGIOVESE | | | | | |
|------------|---|----------|---|----------|---|
| SG 110R | 1 | SG 110R | 3 | SG 110R | 5 |
| SG 1103P | 1 | SG 1103P | 3 | SG 1103P | 5 |
| SG 140Ru | 1 | SG 140Ru | 3 | SG 140Ru | 5 |
| SG 41 B | 1 | SG 41 B | 3 | SG 41 B | 5 |
| SG 420A | 1 | SG 420A | 3 | SG 420A | 5 |
| SG M1 | 1 | SG M1 | 3 | SG M1 | 5 |
| SG M2 | 1 | SG M2 | 3 | SG M2 | 5 |
| SG M3 | 1 | SG M3 | 3 | SG M3 | 5 |
| SG S04 | 1 | SG S04 | 3 | SG S04 | 5 |

| CABERNET SAUVIGNON | | | | | |
|--------------------|---|----------|---|----------|---|
| CS 110R | 1 | CS 110R | 3 | CS 110R | 5 |
| CS 1103P | 1 | CS 1103P | 3 | CS 1103P | 5 |
| CS 140Ru | 1 | CS 140Ru | 3 | CS 140Ru | 5 |
| CS 41 B | 1 | CS 41 B | 3 | CS 41 B | 5 |
| CS 420A | 1 | CS 420A | 3 | CS 420A | 5 |
| CS M1 | 1 | CS M1 | 3 | CS M1 | 5 |
| CS M2 | 1 | CS M2 | 3 | CS M2 | 5 |
| CS M3 | 1 | CS M3 | 3 | CS M3 | 5 |
| CS M4 | 1 | CS M4 | 3 | CS M4 | 5 |
| CS S04 | 1 | CS S04 | 3 | CS S04 | 5 |

ANALISI FENOLICHE

Preparazione dei campioni

I campioni raccolti in campo durante i mesi di settembre 2010 e 2011 sono stati trasportati presso il Diprove e mantenuti in congelatore fino al momento dell’esecuzione delle analisi.

La preparazione dei campioni è avvenuta secondo le seguenti modalità:

- Scelta a “random” di 20 acini all’interno dei sacchetti contenenti i grappoli
- Determinazione del peso degli acini mediante bilancia elettronica di precisione
- Sbucciatura degli acini mediante l’uso di bisturi sterile
- Determinazione del peso delle 20 bucce mediante bilancia elettronica di precisione

- Le bucce sono state raccolte e poste in 50 ml di una soluzione estraente di etenolo cloridrico e messe su agitatore elettrico per 24 ore
- Filtrazione degli estratti delle bucce

Determinazione del contenuto di polifenoli totali nelle bacche

Principio del metodo

L'insieme dei polifenoli viene ossidato dal reattivo di Folin-Ciocalteu. Questo è costituito da una miscela di acido fosfotungstico e acido fosfomolibdico che si riduce, con la contemporanea ossidazione dei polifenoli, ad una miscela di ossidi blu di tungsteno e molibdeno.

Modalità operative

- Si aggiunge all'interno di provette graduate 40 ul di estratto delle bucce e 0,5 ml di reattivo di Folin-Ciocalteu
- Dopo circa 3-5 minuti si aggiungono 2 ml di soluzione di carbonato sodico (Na_2CO_3) al 10%
- Si porta a segno con acqua distillata e dopo 90 minuti si legge l'assorbanza a 700 nm mediante uno spettrofotometro contro un bianco preparato sostituendo all'estratto delle bucce acqua distillata

Espressione dei risultati

Si risale all'indice di polifenoli totali con le seguenti relazioni:

$$\text{Concentrazione polifenoli (mg/l)} = \text{Abs} \cdot 190,82 \cdot d \quad \text{Polifenoli totali (mg/kg uva)} = \text{mg/l} \cdot V \cdot P$$

Dove Abs è l'assorbanza misurata a 700 nm, 190,82 coefficiente ricavato dall'equazione della retta della curva di taratura con acido gallico, d è la diluizione dell'estratto (in questo caso 12,5), V è il volume di tampone in cui sono state poste le bucce (in questo caso 50 ul), P è il peso delle 20 bacche.

Determinazione del contenuto di antociani totali nelle bacche

Principio del metodo

Si acidifica il campione per avere tutti i pigmenti antocianici sensibili al pH nella forma ionizzata e quindi si determina un indice di antociani totali per via colorimetrica.

Modalità operative

- Si aggiunge all'interno di provette graduate 40 ul di estratto delle bucce
- Si porta a 4 ml con etanolo cloridrico
- Si legge l'assorbanza a 520 nm mediante uno spettrofotometro contro una prova in bianco ottenuta con etanolo cloridrico

Espressione dei risultati

Si risale all'indice di antociani totali con le seguenti relazioni:

Concentrazione antociani (mg/l) = $Abs * 16,99 * d$ Antociani totali (mg/kg uva) = $mg/l * V * P$

Dove Abs è l'assorbanza misurata a 520 nm, 16,99 è il coefficiente ricavato dall'equazione della retta della curva di taratura con malvidina 3-glucoside, d è la diluizione dell'estratto (in questo caso 100), V è il volume di tampone in cui sono state poste le bucce (in questo caso 50 ul), P è il peso delle 20 bacche.



Figura 4. Spettrofotometro

ANALISI TECNOLOGICHE

I mosti ottenuti dalle uve campionate sono stati posti in recipienti di plastica e trattati con sodio azide al 10% al fine di renderli muti ossia non in grado di fermentare e sottoposti successivamente ad analisi tecnologiche di laboratorio presso l'Università degli Studi di Milano per determinare: il grado zuccherino (espresso in gradi Brix) con metodo rifrattometrico, l'acidità titolabile (espressa in mg/l di acido tartarico), il pH determinato sul mosto tal quale con metodo potenziometrico.

Determinazione del grado zuccherino dei mosti

Il grado zuccherino dei mosti è determinato usando un rifrattometro digitale: questo strumento si basa sulla misurazione dell'angolo di rifrazione formato dal raggio di luce che attraversa una soluzione. Dopo aver tarato lo strumento con acqua distillata si immette una goccia di mosto nello strumento e si legge il grado zuccherino del mosto in esame direttamente sul display.



Figura 5. Rifrattometro digitale

Determinazione del pH dei mosti

Il pH è la misura della concentrazione idrogenionica del mosto, il metodo si basa sul principio del potenziale di elettrodo. Occorre per prima cosa tarare lo strumento (piaccametro) operando prima con una soluzione tampone a pH 7,00 e poi con una soluzione tampone a pH 3,00. Successivamente dopo aver lavato e asciugato l'elettrodo si immerge nel mosto e si legge direttamente il valore del pH sul display.

Occorre prestare molta attenzione alla temperatura che deve essere il più possibile vicina ai 20°C e inoltre lo strumento deve essere acceso circa 10 minuti prima dell'utilizzo per eliminare l'eventuale umidità presente sui circuiti



Figura 5. Piaccametro

Determinazione dell'acidità titolabile

Si prelevano 10 ml di mosto da ogni campione si pongono all'interno di bicchieri di plastica. Su titolatore automatico si pongono fino a 13 campioni tenendo in agitazione si titola con NaOH 10N fino a che il campione assume colorazione verdastra e poi blu. I ml di NaOH impiegati corrispondono ai g/l di acidità totale, espressa in acido tartarico.



Figura 6. Apparecchio usato per la determinazione dell'acidità titolabile

| Cabernet sauvignon | Df | Sum. Sq. of Tipo III | Sig. | Sum. Sq. of Tipo III | Sig | Sum of Sq.Tipo III | Sig | Sum of Sq.Tipo III | Sig | Sum of Sq.Tipo III | Sig |
|-------------------------------|-----|-------------------------|------|-------------------------|------|-----------------------|------|-----------------------|------|------------------------|------|
| | | Produzione ceppo | | N° Gemme | | N° Grappoli | | Legno | | Peso medio grappolo | |
| Modello corretto | 19 | 2,045E7 | *** | 203,588 ^a | n.s | 538,137 ^a | n.s | 3,176E6 | *** | 313146,63 | *** |
| Intercetta | 1 | 2,899E8 | *** | 18116,5 | *** | 28171,327 | *** | 3,870E7 | *** | 5803138,5 | *** |
| Anno | 1 | 4851373,40 | *** | 8,555 | n.s. | 38,377 | n.s | 221450,20 | ** | 9247,086 | n.s. |
| Portinnesto | 9 | 1,250E7 | *** | 114,591 | n.s. | 335,833 | * | 2546306,0 | *** | 173069,39 | *** |
| Anno * PI | 9 | 3827159,80 | n.s. | 80,686 | n.s. | 162,258 | n.s. | 408114,37 | n.s. | 136124,51 | ** |
| Errore | 100 | 2,334E7 | | 924,967 | | 1812,300 | | 2509562,5 | | 394188,93 | |
| Totale | 120 | 3,305E8 | | 19238,0 | | 30554,000 | | 4,438E7 | | 6711398,8 | |
| Totale corretto | 119 | 4,379E7 | | 1128,55 | | 2350,437 | | 5685433,1 | | 707335,57 | |

| | Df | Sum of Sq.Tipo III | Sig | Sum of Sq.Tipo III | Sig | Sum of Sq.Tipo III | Sig. |
|------------------|-----|-------------------------------|------|--------------------|------|--------------------|------|
| | | Produzione media/germoglio | | Ravaz | | Fertilità | |
| Modello corretto | 19 | 100453,67 | ** | 58,133 | ** | 3,096 | n.s. |
| Intercetta | 1 | 2009279,0 | *** | 1079,112 | *** | 198,850 | *** |
| Anno | 1 | 44625,278 | *** | 1,065 | n.s. | ,032 | n.s. |
| Portinnesto | 9 | 38526,427 | n.s. | 42,639 | ** | 1,280 | n.s. |
| Anno * PI | 9 | 20213,366 | n.s. | 14,380 | n.s. | 1,783 | n.s. |
| Errore | 100 | 209365,73 | | 138,650 | | 17,666 | |
| Totale | 120 | 2301690,1 | | 1276,089 | | 220,310 | |
| Totale corretto | 119 | 309819,41 | | 196,783 | | 20,762 | |

Tabella 5. Dati ANOVA riferiti ai parametri vegeto-produttivi della varietà *Cabernet sauvignon*

Il modello fattoriale adottato ANNO, PORTINNESTO e la loro interazione, per lo studio della variabilità dei parametri vegeto-produttivi misurati sulle diverse combinazioni d'innesto del *Cabernet sauvignon*, è risultato statisticamente significativo per i parametri: produzione ceppo, peso del legno di potatura, peso medio del grappolo, produzione media/germoglio e indice di Ravaz, mentre risulta non significativo per i parametri numero di gemme, numero di grappoli e fertilità delle gemme.

L'effetto del fattore anno è risultato altamente significativo nel determinare la produzione per ceppo e la produzione media/germoglio, mentre il suo effetto risulta mediamente significativo ($P \leq 0,01$) sul valore di peso del legno di potatura mentre non risulta significativo per il numero di gemme, lasciate con la potatura, e di grappoli per ceppo, inoltre non ha sortito effetti statisticamente significativi sul peso medio del grappolo, sulla fertilità delle gemme e nell'indice di Ravaz. Questi risultati possono essere in parte spiegati dal fatto che la carica di gemme /ceppo è stata standardizzata negli anni, mentre è risaputo che la fertilità delle gemme e di conseguenza il numero di grappoli, è un fattore sotto stretto controllo genetico del vitigno.

Il fattore PORTINNESTO è risultato altamente significativo per quanto riguarda la produzione per ceppo, il peso del legno di potatura, e il peso medio del grappolo mentre risulta mediamente significativo per quanto riguarda l'indice di Ravaz infine non risulta significativo sul numero di gemme, sulla produzione media/germoglio e sulla fertilità delle gemme infatti la carica di gemme è stata standardizzata nel tempo inoltre la fertilità delle gemme è controllata geneticamente dal vitigno.

L'interazione fra i due fattori principali ANNO,PORTAINNESTO risulta solo mediamente significativa sul peso medio del grappolo mentre non risulta significativa in nessuno degli altri parametri vegetativi studiati.

| | Df | Sum.of Sq. Tipo III | Sig. | Sum.of Sq. Tipo III | Sig | Sum.of Sq. Tipo III | Sig | Sum.of Sq. Tipo III | Sig | Sum.of Sq. Tipo III | Sig |
|------------------|-----|------------------------|------|------------------------|------|------------------------|------|------------------------|------|------------------------|------|
| | | °Bx | | Acidità Titolabile | | pH | | polifenoli | | Antociani | |
| Modello corretto | 19 | 111,210 | *** | 34,952 | *** | ,810 | *** | 9,755E6 | * | 4,519E6 | ** |
| Intercetta | 1 | 67618,643 | *** | 4420,053 | *** | 1313,673 | *** | 4,877E8 | *** | 1,682E8 | *** |
| Anno | 1 | 20,709 | *** | 16,273 | *** | ,599 | *** | 910744,79 | * | 415971,46 | * |
| Portainnesto | 9 | 47,735 | *** | 6,469 | n.s. | ,107 | n.s. | 5999358,1 | * | 3476229,6 | *** |
| Anno * PI | 9 | 42,766 | ** | 12,210 | * | ,104 | n.s. | 2797700,0 | n.s. | 612436,83 | n.s. |
| Errore | 100 | 137,635 | | 54,025 | | ,994 | | 9866709,6 | | 2872503,6 | |
| Totale | 120 | 67867,488 | | 4509,030 | | 1315,477 | | 5,108E8 | | 1,770E8 | |
| Totale corretto | 119 | 248,845 | | 88,977 | | 1,804 | | 1,962E7 | | 7391764,3 | |

Tabella 6. Dati ANOVA riferita ai parametri qualitativi dei mosti e delle uve della varietà *Cabernet sauvignon*

Il modello fattoriale adottato ANNO, PORTAINNESTO e la loro interazione per lo studio della variabilità dei parametri qualitativi dei mosti e delle uve misurata sulle diverse combinazioni di innesto nella varietà *Cabernet sauvignon* è risultato statisticamente significativo per tutti i parametri qualitativi dei mosti: grado zuccherino (Brix), acidità totale, contenuto di polifenoli e antociani nelle bacche.

Il fattore anno risulta altamente significativo per quanto riguarda il grado zuccherino (Brix), l'acidità totale e il pH mentre risulta poco significativo sul contenuto di polifenoli e antociani nelle bacche.

Il fattore portainnesto è altamente significativo sul grado zuccherino e sul contenuto di antociani nelle bacche mentre è poco significativo sul contenuto di polifenoli nelle bacche, e risulta non significativo sull'acidità titolabile e sul pH. Una possibile spiegazione di questi risultati può essere quella che tutti i portainnesti presi in considerazione siano in grado di garantire un tasso di assorbimento di ioni potassio simile, inoltre vi è una notevole diversificazione tra i vitigni sia nell'attitudine alla sintesi degli acidi sia per quanto riguarda il rapporto tra acido malico e acido tartarico.

L'interazione fra i due fattori principali risulta mediamente significativa sul grado zuccherino dei mosti (Brix), poco significativa sull'acidità titolabile e non significativa sul pH e sul contenuto di polifenoli e antociani nelle bacche.

| Sangiovese | Df | Sum of Sq.Tipo III | Sig. | Sum of Sq.Tipo III | Sig | Sum of Sq.Tipo III | Sig | Sum of Sq.Tipo III | Sig | Sum of Sq.Tipo III | Sig |
|------------------|-----|-----------------------|------|-----------------------|------|-----------------------|------|-----------------------|------|------------------------|------|
| | | Produzione ceppo | | N°Gemme | | Grappoli | | Legno | | Peso medio grappolo | |
| Modello corretto | 16 | 4,895E7 | ** | 203,588 | n.s. | 573,627 | * | 2,007E6 | *** | 313146,635 | *** |
| Intercetta | 1 | 5,754E8 | *** | 18116,594 | *** | 10310,399 | *** | 2,650E7 | *** | 5803138,551 | *** |
| Anno | 1 | 641901,042 | n.s. | 8,555 | n.s. | 42,667 | n.s. | 57870,370 | n.s. | 9247,086 | n.s. |
| Portinnesto | 8 | 4,043E7 | *** | 114,591 | n.s. | 355,516 | * | 1650914,352 | *** | 173069,392 | *** |
| Anno * PI | 7 | 8084557,292 | n.s. | 80,686 | n.s. | 195,333 | n.s. | 298692,130 | n.s. | 136124,517 | ** |
| Errore | 85 | 8,988E7 | | 924,967 | | 1374,333 | | 2865208,333 | | 394188,938 | |
| Totale | 102 | 7,185E8 | | 19238,000 | | 12188,000 | | 3,138E7 | | 6711398,854 | |
| Totale corretto | 101 | 1,388E8 | | 1128,555 | | 1947,961 | | 4872685,185 | | 707335,573 | |

| | Df | Sum of Sq.Tipo III | Sig | Sum of Sq.Tipo III | Sig. | Sum of Sq.Tipo III | Sig |
|------------------|-----|------------------------------|------|-----------------------|------|-----------------------|------|
| | | Produzione media/germogli | | Ravaz | | Fertilità | |
| Modello corretto | 16 | 579298,001 | ** | 133,416 | n.s | 2,522 | n.s. |
| Intercetta | 1 | 6491899,418 | *** | 2778,922 | *** | 110,311 | *** |
| Anno | 1 | 8359,542 | n.s. | 4,063 | n.s | ,000 | n.s. |
| Portinnesto | 8 | 347771,207 | ** | 81,997 | n.s. | ,921 | n.s. |
| Anno * PI | 7 | 227662,299 | * | 49,081 | n.s. | 1,601 | n.s |
| Errore | 85 | 1022999,447 | | 514,735 | | 11,171 | |
| Totale | 102 | 8301806,367 | | 3437,473 | | 125,845 | |
| Totale corretto | 101 | 1602297,447 | | 648,151 | | 13,693 | |

Tabella 7. Dati ANOVA riferite ai parametri vegeto-produttivi della varietà *Sangiovese*

Il modello fattoriale adottato ANNO,PORTAINNESTO e la loro interazione per lo studio della variabilità dei parametri vegeto-produttivi misurata sulle varie combinazioni d'innesto nella varietà *Sangiovese* risulta statisticamente significativo per quanto riguarda i parametri peso del legno di potatura e peso medio del grappolo risulta mediamente significativo per quanto riguarda la produzione ceppo e la produzione media/germogli e risulta poco significativo sul numero di grappoli prodotti, infine non è significativo sul numero di gemme prodotte, sull'indice di Ravaz e sull'indice di fertilità delle gemme.

L'effetto del fattore anno non è significativo per nessuno dei parametri vegetativi studiati. Questi risultati possono essere spiegati dal fatto che la carica di gemme per ceppo è stata standardizzata negli anni mentre la fertilità delle gemme e il numero di grappoli prodotti sono parametri sotto stretto controllo genetico del vitigno.

Il fattore portainnesto è altamente significativo sui parametri produzione per ceppo, peso del legno di potatura, peso medio del grappolo, è mediamente significativo sulla produzione media/germoglio ed è poco significativo sul numero di grappoli mentre non risulta significativo sul numero di gemme, sull'indice di Ravaz e sull'indice di fertilità. Questo perché questi parametri vegeto-produttivi sono sotto stretto controllo genetico da parte del vitigno.

L'interazione fra i due fattori ANNO,PORTAINNESTO risulta mediamente significativa sul peso medio dei grappoli e poco significativa sulla produzione media/germogli mentre per tutti gli altri fattori vegetativi studiati non risulta significativa.

| | Df | Sum.of Sq. Tipo III | Sig | Sum.of Sq. Tipo III | Sig. | Sum.of Sq. Tipo III | Sig | Sum.of Sq. Tipo III | Sig | Sum.of Sq. Tipo III | Sig |
|------------------|-----|------------------------|------|------------------------|------|------------------------|------|------------------------|------|------------------------|------|
| | | °Bx | | Acidità titolabile | | pH | | polifenoli | | Antociani | |
| Modello corretto | 16 | 133,153 | ** | 28,732 | ** | ,569 | ** | 4,762E6 | * | 1,126E6 | * |
| Intercetta | 1 | 49389,944 | *** | 4065,267 | *** | 1035,871 | *** | 1,930E8 | *** | 4,559E7 | *** |
| Anno | 1 | 18,419 | * | 12,608 | *** | ,261 | *** | 343744,85 | n.s. | 83801,258 | n.s. |
| Portinnesto | 8 | 82,412 | ** | 9,933 | * | ,138 | n.s. | 4003185,6 | ** | 850361,09 | * |
| Anno * PI | 7 | 26,088 | n.s. | 2,440 | n.s. | ,166 | * | 469675,79 | n.s. | 146008,87 | n.s. |
| Errore | 85 | 239,542 | | 51,343 | | 1,088 | | 4335041,1 | | 1159662,5 | |
| Totale | 102 | 50611,300 | | 4215,098 | | 1057,109 | | 2,121E8 | | 4,938E7 | |
| Totale corretto | 101 | 372,695 | | 80,075 | | 1,656 | | 9096810,3 | | 2285622,7 | |

Tabella 8. Dati ANOVA riferita ai parametri qualitativi dei mosti e delle uve della varietà *Sangiovese*

Il modello fattoriale adottato ANNO,PORTAINNESTO e la loro interazione per lo studio della variabilità dei parametri qualitativi dei mosti e delle uve misurata sulle diverse combinazioni d'innesto nella varietà *Sangiovese* risulta essere statisticamente significativo su tutti i parametri qualitativi dei mosti studiati: grado zuccherino (Brix), acidità totale, pH e contenuto di polifenoli e antociani.

Il fattore anno risulta altamente significativo per quanto riguarda l'acidità totale e il pH, risulta poco significativo sul grado zuccherino (Brix), mentre non risulta significativo sul contenuto di polifenoli e antociani nelle bacche. Una possibile spiegazione di questo può essere il fatto che l'esposizione luminosa, la radiazione solare e la temperatura che come è noto questi tre fattori influenzano l'accumulo di antociani e polifenoli nelle bacche sono rimasti costanti per tutto il periodo di maturazione delle bacche.

Il fattore portainnesto è mediamente significativo sul grado zuccherino dei mosti (Brix) e sul contenuto di polifenoli nelle bacche, poco significativo sull'acidità totale e sul contenuto di antociani nelle bacche e non risulta significativo sul pH. Questo potrebbe lasciar supporre che come su *Cabernet sauvignon* anche su *Sangiovese* tutti i portainnesti siano in grado di garantire un tenore di assorbimento di ioni potassio simile fra di loro.

L'interazione fra i due fattori principali ANNO,PORTAINNESTO è poco significativa solo sul pH dei mosti e non risulta significativa in nessuno degli altri parametri qualitativi studiati.

| P.I. | Produzione ceppo | | Gemme | | Grappoli | | Legno | | Peso medio grappoli | |
|-------|------------------|-----|-------|----|----------|----|--------|---|---------------------|------|
| | | | | | | | | | | |
| 1103P | 1345,83 | cd | 11,58 | b | 13,08 | b | 626,67 | b | 106,99 | abcd |
| 110R | 1462,50 | bcd | 12,08 | ab | 15,00 | b | 631,25 | b | 110,78 | abc |
| 140Ru | 1909,09 | b | 13,45 | ab | 15,18 | b | 887,50 | a | 127,78 | a |
| 41B | 1612,50 | bc | 12,25 | ab | 16,33 | ab | 556,25 | b | 97,66 | bcd |
| 420A | 1550,00 | bcd | 11,33 | b | 15,83 | ab | 514,58 | b | 99,38 | abcd |
| SO4 | 1429,17 | cd | 11,50 | b | 15,50 | ab | 597,92 | b | 93,51 | cd |
| M1 | 1125,83 | d | 11,75 | b | 14,17 | b | 347,92 | c | 81,22 | d |
| M2 | 1575,00 | bcd | 12,75 | ab | 16,42 | ab | 518,75 | b | 98,69 | bcd |
| M3 | 1400,00 | cd | 12,08 | ab | 13,25 | b | 360,42 | c | 108,63 | abcd |
| M4 | 2337,50 | a | 14,67 | a | 19,17 | a | 637,50 | b | 124,05 | ab |

| P.I. | Produzione media/germoglio | | Ravaz | | Fertilità | Peso 20 acini | | Peso 20 bucce |
|-------|----------------------------|-----|-------|------|-----------|---------------|----|---------------|
| | | | | | | | | |
| 1103P | 126,21 | abc | 2,28 | d | 1,22 | 23,21 | b | 5,16 |
| 110R | 128,70 | abc | 2,47 | cd | 1,30 | 25,87 | a | 5,70 |
| 140Ru | 142,93 | ab | 2,08 | d | 1,15 | 23,77 | ab | 5,36 |
| 41B | 134,35 | abc | 3,19 | abcd | 1,35 | 23,08 | b | 5,33 |
| 420A | 137,00 | abc | 3,06 | abcd | 1,43 | 22,20 | b | 5,26 |
| SO4 | 130,26 | abc | 2,72 | bcd | 1,42 | 24,32 | ab | 5,47 |
| M1 | 94,99 | c | 3,42 | abc | 1,21 | 21,68 | b | 5,03 |
| M2 | 130,25 | abc | 3,53 | abc | 1,33 | 22,99 | b | 5,72 |
| M3 | 118,27 | bc | 3,93 | a | 1,12 | 22,07 | b | 4,93 |
| M4 | 168,73 | a | 3,79 | ab | 1,35 | 25,97 | a | 5,57 |

Tabella 9. Valori medi biennali delle combinazioni d'innesto *del Cabernet Sauvignon* per le grandezze relative ai parametri vegeto-produttivi. A lettere differenti corrispondono differenze significative per $P \leq 0,05$

Nella varietà *Cabernet Sauvignon* la produzione per ceppo risulta più abbondante col portainnesto M4 con una media di 2337,50 g di uva prodotta per pianta, seguito da 140Ru, 41B, M2, 420A, 110R questi ultimi tre non mostrano differenze statistiche significative fra di loro, poi vengono SO4, M3 e 1103P anche questi tre non mostrano differenze di significative fra di loro infine M1 con una media di 1125,83 g di uva prodotta.

Il numero di gemme risulta essere più alto con il portainnesto M4 con una media di 14,67 gemme per ogni pianta seguito da 140Ru, M2, 41B, M3 e 110R statisticamente sono simili fra di loro infine ci sono M1, 1103P, SO4 e 420A con una media rispettivamente di 11,75, 11,58, 11,50 e 11,33 gemme per ogni pianta tutti e 4 che non mostrano differenze significative fra di loro.

Per quanto riguarda il numero di grappoli prodotti il portainnesto migliore risulta essere M4 con una media di 19,17 grappoli prodotti per ogni pianta, seguito da M2, 41B, 420A e SO4 che tutti e quattro non mostrano differenze significative fra di loro, infine per ultimi vengono 140Ru, 110R, M1, M3 e

1103P con una media rispettivamente di 15,18, 15,00, 14,17 e 13,25 grappoli prodotti anche questi non differiscono significativamente fra di loro.

Il portainnesto che assicura il maggior peso del legno di potatura risulta essere 140Ru, che assicura peso medio di 887,50 g seguito da M4, 110R, 1103P, S04, 41B, M2, 420A dove tutti non mostrano differenze significative, infine M3 e M1 con una media rispettivamente di 360,42 e 347,92 g di legno prodotto anch'essi significativamente uguali fra loro.

Il portainnesto che assicura il maggior peso medio dei grappoli risulta essere 140Ru, che assicura una media di 127,78 g seguito da M4, 110R poi di seguito vengono M3, 1103P e 420A dove entrambi non mostrano differenze significative fra loro, M2 e 41B statisticamente uguali fra di loro, infine troviamo S04 e per ultimo M1 con una media di 81,22 g .

La produzione media/germoglio è migliore nel portainnesto M4 con una media di 168,73 seguito da 140Ru, poi vengono 420A, 41B, S04, M2, 110R e 1103P tutti uguali statisticamente fra di loro infine troviamo M3 e per ultimo M1 con una media di 94,99.

L'indice di Ravaz risulta essere più alto nel portainnesto M3 con una media di 3,93 seguono poi M4, M2 e M1 che sono statisticamente uguali fra di loro così come sono statisticamente uguali fra di loro 41B e 420A poi segue 110R, infine troviamo 1103P e 140Ru con una media rispettivamente di 2,28 e 2,08 che non presentano fra di loro differenze significative.

Per quanto riguarda l'indice di fertilità delle gemme tutti i portainnesti in esame non mostrano differenze significative fra di loro la media varia da 1,12 per il portainnesto M3 a 1,43 per il portainnesto 420A.

Il peso dei 20 acini risulta essere superiore nel portainnesto M4 con una media di 25,97 g di seguito viene 110R proseguendo ci sarà S04 e 140Ru che sono significativamente uguali fra di loro infine 1103P, 41B, M2, 420A, M3 e M1 con una media rispettivamente di 23,21, 23,08, 22,99, 22,20, 22,07 e 21,68 g anch'essi statisticamente uguali fra di loro.

Per quanto riguarda il peso delle 20 bucce tutti i portainnesti risultano statisticamente uguali fra di loro la media varia da 4,93 g per il portainnesto M3 a 5,72 per il portainnesto M2.

| P.I | °Bx | | pH | Acidità titolabile | | Polifenoli | | Antociani | |
|-------|-------|----|------|--------------------|----|------------|----|-----------|------|
| | | | | | | | | | |
| 1103P | 22,89 | b | 3,28 | 6,16 | ab | 2812,19 | bc | 1587,90 | cde |
| 110R | 23,48 | ab | 3,29 | 6,26 | a | 2753,65 | bc | 1473,39 | cde |
| 140Ru | 24,07 | a | 3,33 | 6,43 | a | 2703,31 | bc | 1423,38 | de |
| 41B | 24,23 | a | 3,30 | 6,01 | ab | 2791,87 | bc | 1820,59 | abc |
| 420A | 24,20 | a | 3,34 | 5,95 | ab | 3217,68 | ab | 1694,07 | bcde |
| SO4 | 24,49 | a | 3,34 | 5,55 | b | 2744,64 | bc | 1758,79 | bcd |
| M1 | 24,06 | a | 3,35 | 6,09 | ab | 3541,17 | a | 2149,73 | a |
| M2 | 24,25 | a | 3,28 | 6,00 | ab | 3047,34 | ab | 1710,28 | bcd |
| M3 | 22,99 | b | 3,27 | 5,91 | ab | 2974,56 | ab | 1997,73 | ab |
| M4 | 22,67 | b | 3,27 | 6,29 | a | 2294,00 | c | 1339,11 | e |

Tabella 10. Valori medi biennali delle combinazioni d’innesto del *Cabernet sauvignon* per le grandezze qualitative dei mosti e delle uve. A lettere differenti corrispondono differenze significative per $P \leq 0,05$.

Nella varietà *Cabernet Sauvignon* i portainnesti che assicurano il miglior grado zuccherino dei mosti sono risultati essere SO4 con una media di 24,49 °Brix , M2 con 24,25 °Brix, 41B con 24,23 °Brix, 420A con 24,20 °Brix, 140Ru con 24,07 °Brix e M1 con 24,06 °Brix con tenore alcolico probabile che va da circa 14° a 14,30° tutti significativamente uguali fra di loro seguiti da 110R infine per ultimi vengono M3, 1103P e M4 con una media rispettivamente di 22,99, 22,89 e 22,67 °Brix con un tenore alcolico probabile che varia da 13,05° a 13,35° anch’essi non mostrano differenze significative fra di loro.

Per quanto riguarda l’acidità titolabile i portainnesti che sono in grado di conferire un più alto tenore acido ai mosti sono risultati essere 140Ru con una media di 6,43 g/l di acido tartarico, M4 e 110R con rispettivamente 6,29 e 6,26 g/l di acido tartarico tutti e tre che non mostrano differenze significative fra di loro, seguiti da 1103P, M1, 41B, M2, 420A e M3 che anch’essi non mostrano differenze significative fra di loro infine per ultimo troviamo S04 con una media di 3,34 g/l di acido tartarico.

Per quanto riguarda il pH su *Cabernet sauvignon* i diversi portainnesti non differiscono statisticamente in maniera significativa fra di loro. La media varia da 3,27 dei portainnesti M3 e M4 a 3,35 del portainnesto M1.

Il portainnesto che permette un maggior contenuto di polifenoli nelle bacche è risultato essere M1 con una media di 3541, 17 mg di polifenoli/kg d’uva seguito da 420A, M2 E M3 statisticamente uguali fra di loro, di seguito vengono 1103P, 41B, 110R, S04, 140Ru anch’essi statisticamente uguali fra di loro e per ultimo M4 con una media di 2294,00 mg di polifenoli/kg d’uva.

Il portainnesto che permette di avere il più alto contenuto di antociani nelle bacche è M1 con 2149,73 mg di antociani/kg d'uva seguito da M3, 41B, di seguito vengono S04 e M2 statisticamente uguali fra di loro, poi 420A; 1103P, e 110R uguali statisticamente fra di loro, dopo viene 140Ru e infine M4 con una media di 1339,11 mg di antociani/kg d'uva .

| P.I. | Produzione ceppo | | Gemme | | Grappoli | | Legno | | Peso medio grappoli | |
|-------|------------------|----|-------|-----|----------|------|--------|----|---------------------|-----|
| | | | | | | | | | | |
| 1103P | 1766,67 | c | 9,75 | bc | 9,67 | abcd | 475,00 | bc | 188,23 | d |
| 110R | 2254,17 | bc | 10,00 | abc | 9,25 | bcd | 345,83 | c | 264,44 | abc |
| 140Ru | 2583,33 | bc | 12,00 | a | 12,67 | ab | 491,67 | bc | 191,23 | d |
| 41B | 3625,00 | a | 10,25 | abc | 12,00 | abc | 735,42 | a | 305,11 | a |
| 420A | 3016,67 | ab | 11,17 | ab | 13,25 | a | 466,67 | bc | 233,49 | bcd |
| S04 | 1770,83 | c | 8,25 | c | 8,25 | cd | 408,33 | c | 211,31 | cd |
| M1 | 2366,67 | bc | 8,92 | c | 8,83 | bcd | 591,67 | ab | 280,91 | ab |
| M2 | 2554,17 | bc | 8,83 | c | 9,75 | abcd | 610,42 | ab | 278,90 | ab |
| M3 | 1616,67 | c | 8,50 | c | 7,83 | d | 333,33 | c | 204,20 | cd |

| P.I. | Produzione media/germoglio | | Ravaz | | Fertilità | Peso 20 acini | | Peso 20 bucce | |
|-------|----------------------------|------|-------|----|-----------|---------------|-----|---------------|----|
| | | | | | | | | | |
| 1103P | 181,70 | d | 3,92 | b | 1,01 | 38,21 | cd | 6,54 | ab |
| 110R | 225,56 | bcd | 6,50 | a | ,89 | 43,68 | abc | 6,88 | ab |
| 140Ru | 211,43 | bcd | 5,95 | ab | 1,05 | 41,62 | bcd | 7,99 | a |
| 41B | 358,04 | a | 5,24 | ab | 1,17 | 50,16 | a | 7,37 | ab |
| 420A | 273,92 | abcd | 6,58 | a | 1,18 | 39,72 | cd | 6,03 | ab |
| S04 | 213,56 | bcd | 4,35 | ab | 1,00 | 38,24 | cd | 7,52 | ab |
| M1 | 301,37 | abc | 4,54 | ab | 1,01 | 48,02 | ab | 7,72 | ab |
| M2 | 316,49 | ab | 5,22 | ab | 1,13 | 46,26 | abc | 7,70 | ab |
| M3 | 202,01 | cd | 5,07 | ab | ,95 | 34,45 | d | 5,94 | b |

Tabella 11. Valori medi biennali delle combinazioni d'innesto del *Sangiovese* per le grandezze relative ai parametri vegeto-produttivi. A lettere differenti corrispondono differenze significative per $P \leq 0,05$.

Nella varietà *Sangiovese* il portainnesto che assicura la maggior produzione di uva per ceppo è 41B con una media di 3625 g di uva prodotta per ogni pianta seguito da 420A, 140Ru, M2, M1, 110R questi ultimi tre statisticamente uguali fra di loro, di seguito vengono S04, 1103P e M3 con una media 1770,83, 1766,67 e 1616,67 g rispettivamente anch'essi statisticamente uguali fra di loro.

Il portainnesto che permette di ottenere il maggior numero di gemme per ceppo è 140Ru con una media di 12, seguito da 420A, 41B e 110R questi ultimi due statisticamente uguali fra di loro, 1103P, infine M1, M2, M3 e S04 con una media rispettivamente 8,92, 8,83, 8,50 e 8,25 anch'essi statisticamente uguali fra di loro.

Il portainnesto che assicura il maggior numero di grappoli per ceppo è 420A con una media di 13,25, poi vengono 140Ru, 41B, M2, 1103P con questi ultimi due statisticamente uguali fra di loro, 110R, M1 che non mostrano differenze significative fra di loro, S04 infine per ultimo M3 con una media di 7,83 grappoli prodotti per ceppo.

Il più alto peso del legno di potatura è osservato nel portainnesto 41B con una media di 735,42 g per ceppo, di seguito vengono M2 e M1 che risultano statisticamente uguali fra di loro, 140Ru, 1103P e 420A che non mostrano differenze significative fra di loro, infine S04, 110R e M3 con una media rispettivamente di 408,33, 345,83 e 333,33 g dove anch'essi non mostrano differenze significative.

Il peso medio dei grappoli risulta più alto nel portainnesto 41B con una media di 305,11 g, seguito da M1 e M2 statisticamente uguali fra di loro, 110R, 420A, S04, M3 con questi ultimi due statisticamente uguali fra di loro infine vengono 140Ru, 1103P con una media di 191,23 e 188,33 g rispettivamente anch'essi non mostrano differenze significative fra di loro.

La produzione media/germoglio è migliore con portainnesto 41B con una media di 358,04, seguono M2, M1, 420A, 110R, S04, 140Ru con questi ultimi tre statisticamente uguali fra di loro, M3 infine 1103P con una media di 181,70.

L'indice di Ravaz risulta essere migliore con i portainnesti 420A e 110R con una media 6,58 e 6,50 rispettivamente essi sono statisticamente uguali fra di loro seguono, 140Ru, 41B, M2, M3, M1, S04 tutti statisticamente uguali fra di loro infine 1103P con una media di 3,92.

L'indice di fertilità delle gemme risulta sostanzialmente non differire significativamente fra i vari portainnesti. Esso varia da una media di 0,89 per il portainnesto 110R a una media di 1,18 per il portainnesto 420A.

Per quanto riguarda il peso di 20 acini il portainnesto che assicura il peso più alto è 41B con una media di 50,16 seguito da M1, M2, 110R questi ultimi statisticamente uguali fra di loro, 140Ru, 420A, S04, 1103P questi ultimi tre non mostrano differenze significative fra di loro, infine M3 con una media di 34,95 g.

Per quanto riguarda il peso delle 20 bucce il portainnesto che assicura il peso maggiore è 140Ru con una media di 7,99 g, seguito da M1, M2, S04, 41B, 110R, 1103P, 420A tutti statisticamente uguali fra di loro infine M3 con una media di 5,94.

| P.I. | °Bx | | pH | | Acidità titolabile | | Polifenoli | | Antociani | |
|-------|-------|------|------|------|--------------------|---------|------------|---------|-----------|--|
| | | | | | | | | | | |
| 1103P | 22,71 | abc | 3,27 | 5,96 | c | 2306,72 | ab | 1035,16 | abc | |
| 110R | 23,28 | ab | 3,17 | 6,27 | bc | 2035,1 | abc | 977,92 | bc | |
| 140Ru | 20,86 | e | 3,25 | 7,37 | a | 1859,12 | bc | 843,48 | c | |
| 41B | 21,4 | cde | 3,25 | 6,88 | ab | 1554,33 | c | 780,66 | c | |
| 420A | 21,08 | de | 3,19 | 6,19 | bc | 1955,03 | abc | 972,34 | bc | |
| S04 | 23,78 | a | 3,17 | 6,55 | bc | 2303,2 | ab | 1247,16 | a | |
| M1 | 21,88 | bcde | 3,22 | 6,37 | bc | 1994,05 | abc | 916,43 | bc | |
| M2 | 21,52 | cde | 3,26 | 6,14 | bc | 1745,80 | c | 876,01 | bc | |
| M3 | 22,57 | abcd | 3,2 | 6,07 | c | 2475,18 | a | 1132,81 | ab | |

Tabella 12. Valori medi biennali delle combinazioni d’innesto del *Sangiovese* per le grandezze qualitative dei mosti e delle uve. A lettere differenti corrispondono differenze significative per $P \leq 0,05$

Da questa tabella si può notare che per la varietà *Sangiovese* il portainnesto che permette di avere un maggior grado zuccherino dei mosti è l’S04 con una media di 23,78 °Brix che corrisponde ad un tenore alcolico probabile di circa 13,90° seguito da 110R, 1103P, M3, M1, M2, 41B questi ultimi due sono statisticamente uguali fra di loro 420A e infine 140Ru risulta essere quello che garantisce un minor tenore di zuccheri con una media di 20,86 °Brix che corrisponde ad un tenore alcolico probabile di 12,50°.

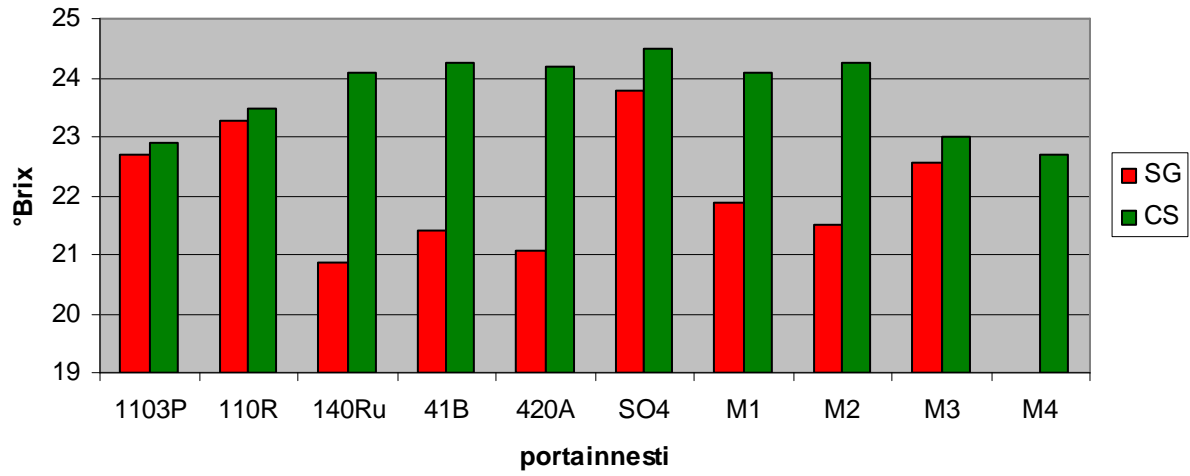
Per quanto riguarda il pH dei mosti tutti i portainnesti si comportano allo stesso modo la media varia da 3,17 dei portainnesti S04 e 110R a 3,27 per il portainnesto 1103P,

Il portainnesto che permette di ottenere un più alto grado di acidità totale in g/l di acido tartarico è il 140Ru con una media di 7,37 seguito da M1, 110R, 420A e M2 tutti statisticamente uguali fra di loro infine M3 e 1103 P con una media di 6,07 e 5,96 rispettivamente anch’essi statisticamente uguali fra di loro.

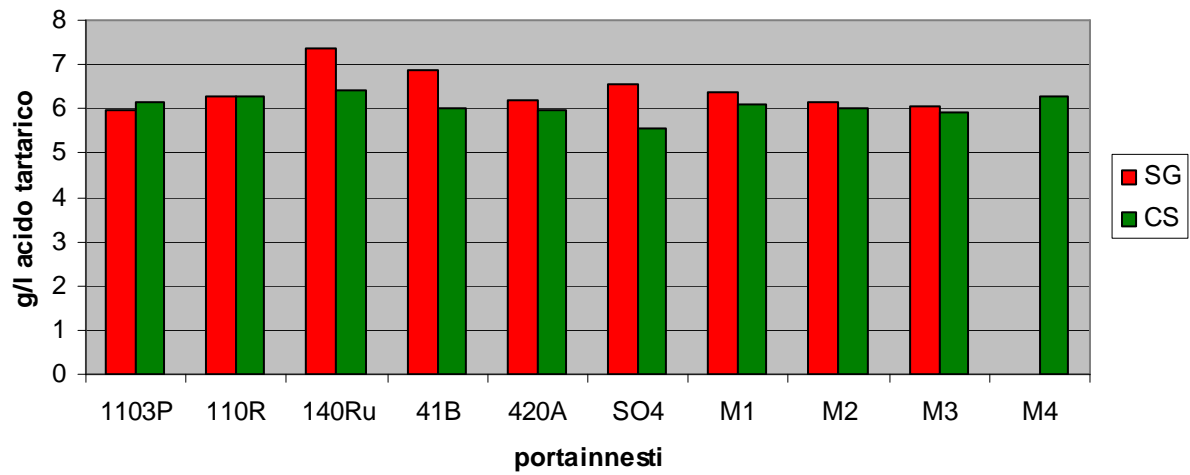
Il portainnesto che assicura un più alto contenuto di polifenoli nelle bacche è risultato essere M3 con una media di 2475,18 mg di polifenoli/kg d’uva seguito da 1103P e S04 che non mostrano fra di loro differenze significative poi vengono 110R, M1 e 420A anch’essi statisticamente uguali fra di loro infine 140Ru e per ultimi 41B e M2 con una media di 1554,33 e 1745,80 rispettivamente che non mostrano differenze significative fra di loro.

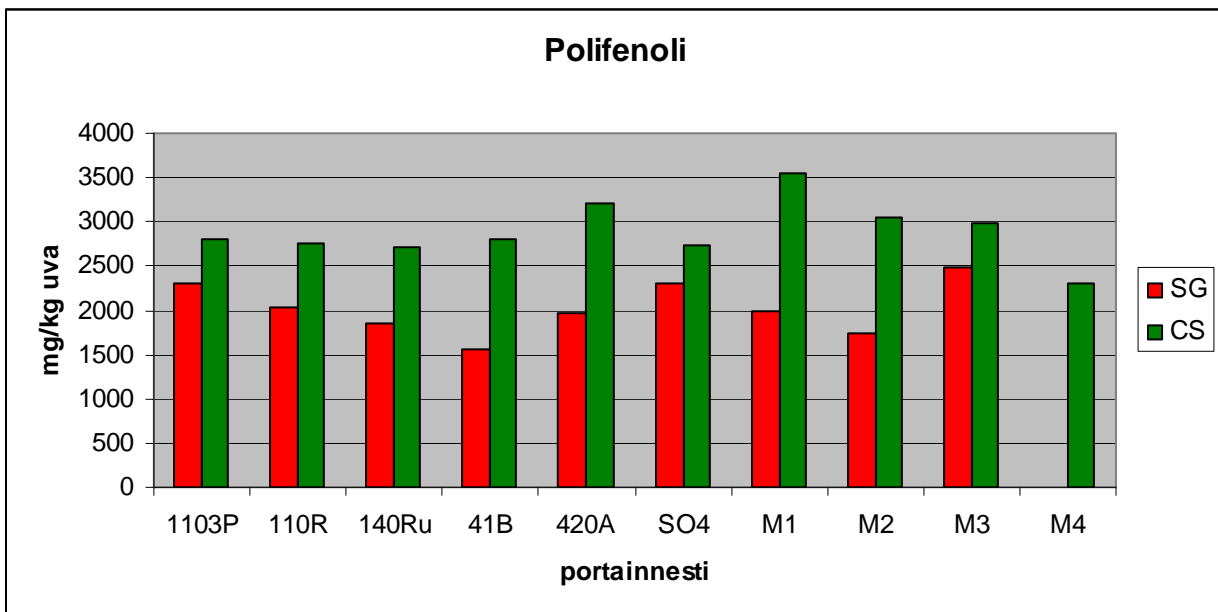
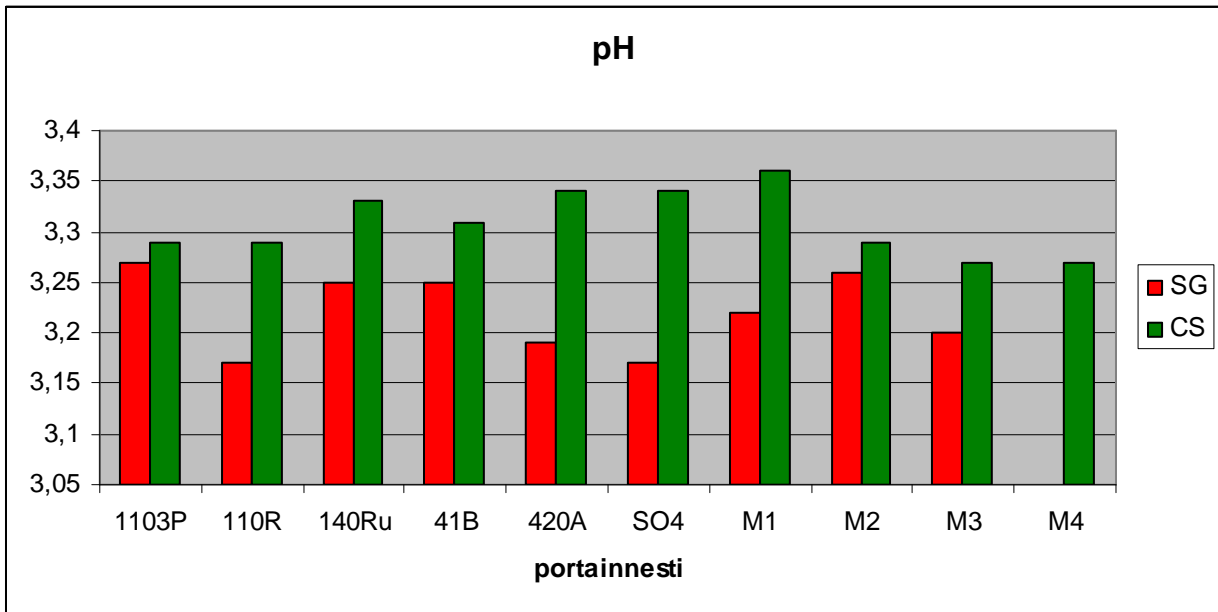
Per quanto riguarda il contenuto di antociani nelle bacche il portainnesto che fornisce le migliori prestazioni è S04 con una media di 1247,16 mg di antociani/kg d’uva seguito da M3, 1103P, 110R, 420A, M1 e M2 con questi ultimi quattro che risultano statisticamente uguali fra di loro infine troviamo 140Ru e 41B con una media di 843,48 e 780,66 rispettivamente.

Zuccheri rifrattometrici



Acidità titolabile





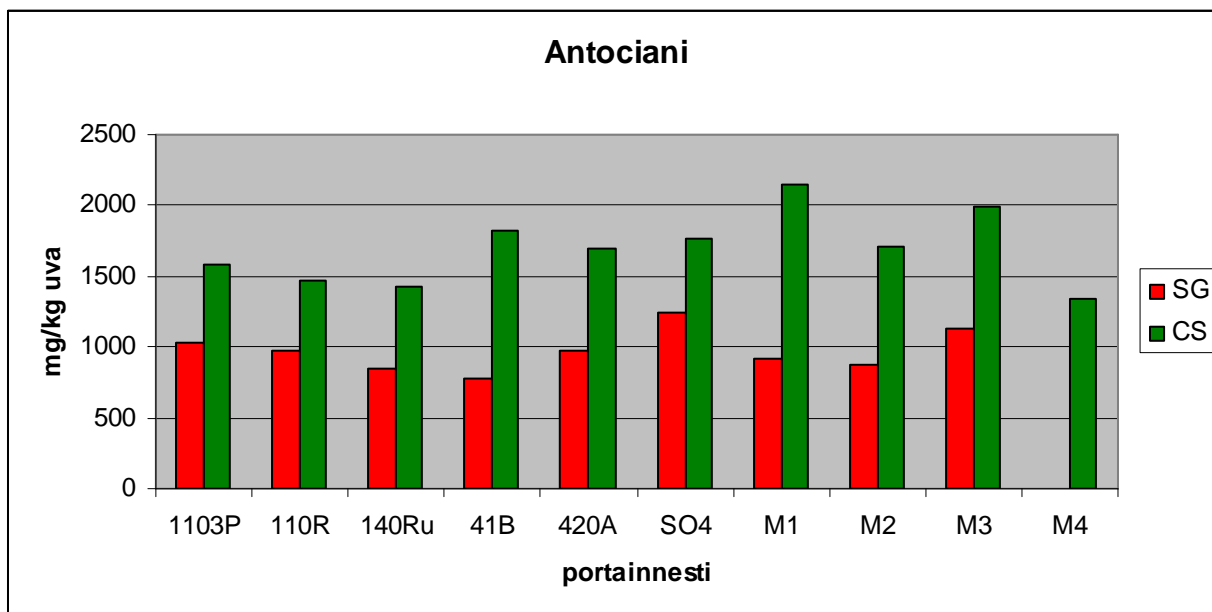


Figura 7. Grafici relativi ai parametri qualitativi dei mosti e delle uve nei portainnesti oggetto di tesi.

I grafici sovrastanti (**figura 7**) relativi ai parametri qualitativi dei mosti e delle uve mostrano che i nuovi portainnesti testati M1, M2, M3 e M4 in combinazione d'innesto con la varietà *Cabernet sauvignon* hanno un comportamento statisticamente simile a quello dei portainnesti tradizionali.

Tra i quattro nuovi portainnesti testati quello che presenta il maggior contenuto zuccherino è risultato essere M2 con 24,25 ° Brix seguito da M1 con 24,06 ° Brix, M3 con 22,99 ° Brix e infine M4 con 22,67 ° Brix.

L'acidità titolabile risulta essere più alta nel portainnesto M4 con 6,29 g/l di acido tartarico, seguito dal portainnesto M1 con 6,09 g/l, il portainnesto M2 con 6,00 g/l infine il portainnesto M3 con 5,91 g/l.

Il pH dei mosti è più alto con il portainnesto M1 che presenta un valore di 3,35, seguito dal portainnesto M2 con un valore di 3,28 e per ultimi i portainnesti M3 e M4 che presentano un valore di pH di 3,27.

Il contenuto di polifenoli nelle bacche è più alto con il portainnesto M1 con un valore di 3541,17 mg/kg uva, poi segue il portainnesto M2 che presenta un quantitativo di polifenoli per mg d'uva di 3047,34, il portainnesto M3 con un valore di 2974,56 mg/kg uva e per ultimo viene il portainnesto M4 con 2294,00 mg/kg uva.

Per quanto riguarda il contenuto di antociani nelle bacche il portainnesto che mostra un quantitativo maggiore nelle uve è M1 con 2149,73 mg/kg uva, seguito dal portainnesto M3 con 1997,73 mg/kg

uva, di seguito viene il portainnesto M2 con 1710,28 mg/kg uva e infine il portainnesto M4 con 1339,11 mg/kg uva.

Anche nelle combinazioni d'innesto con la varietà *Sangiovese* i quattro nuovi portainnesti hanno un comportamento statisticamente simile a quello dei portainnesti tradizionali.

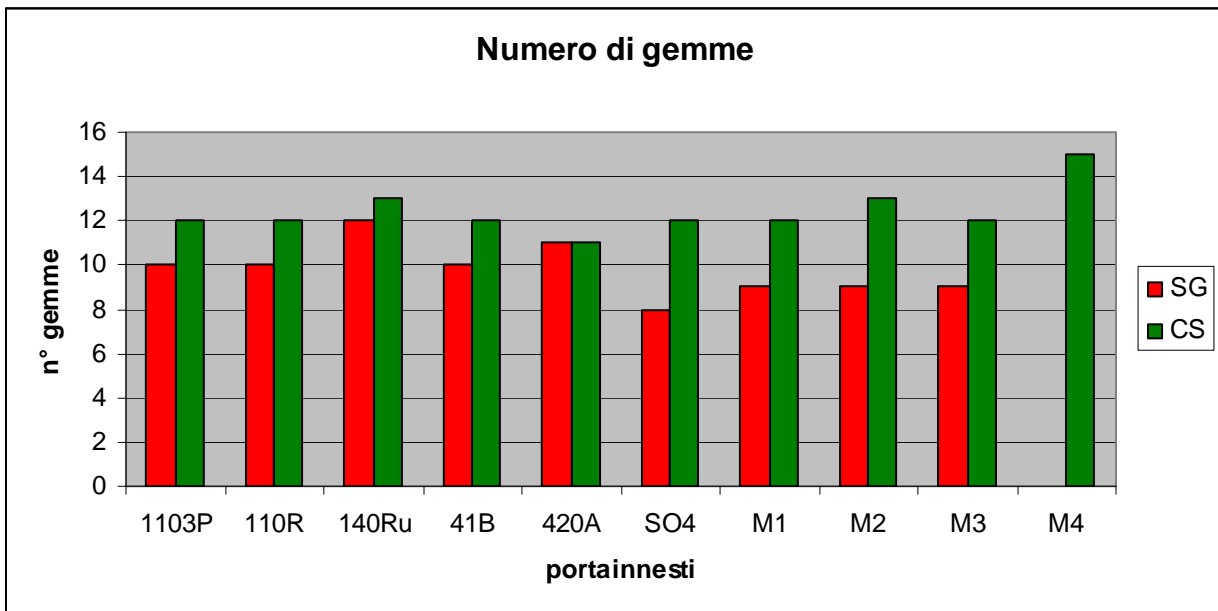
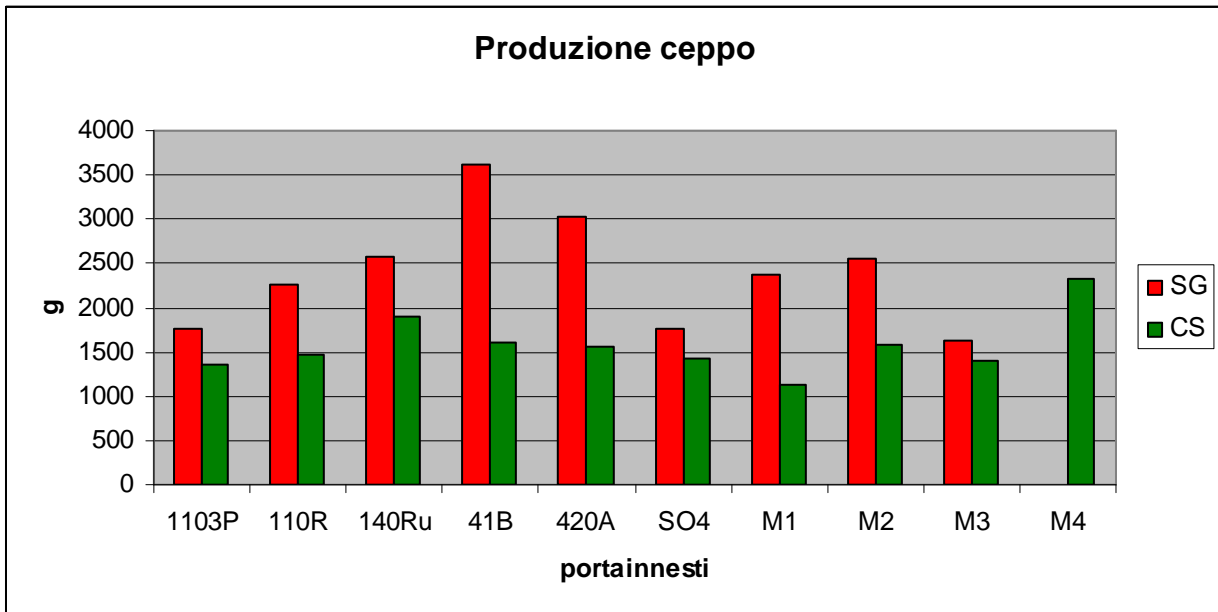
Tra i quattro nuovi portainnesti testati quello che presenta il più alto contenuto zuccherino è risultato essere M3 con 22,57 °Brix, seguito dal portainnesto M1 con 21,88 ° Brix infine il portainnesto M2 con 21,52 ° Brix.

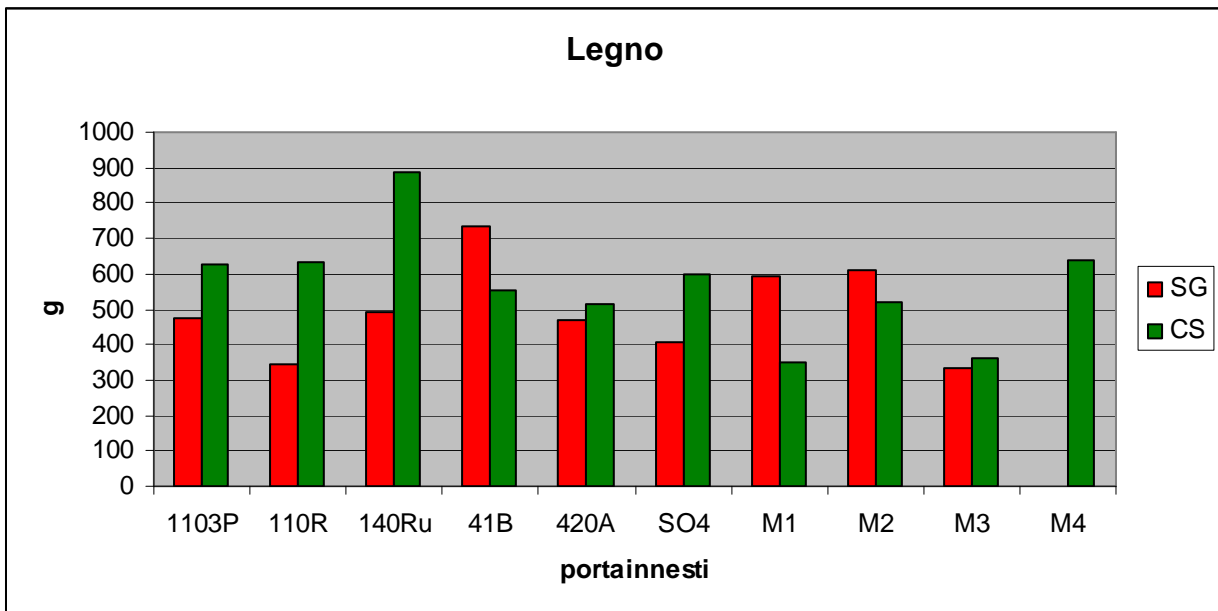
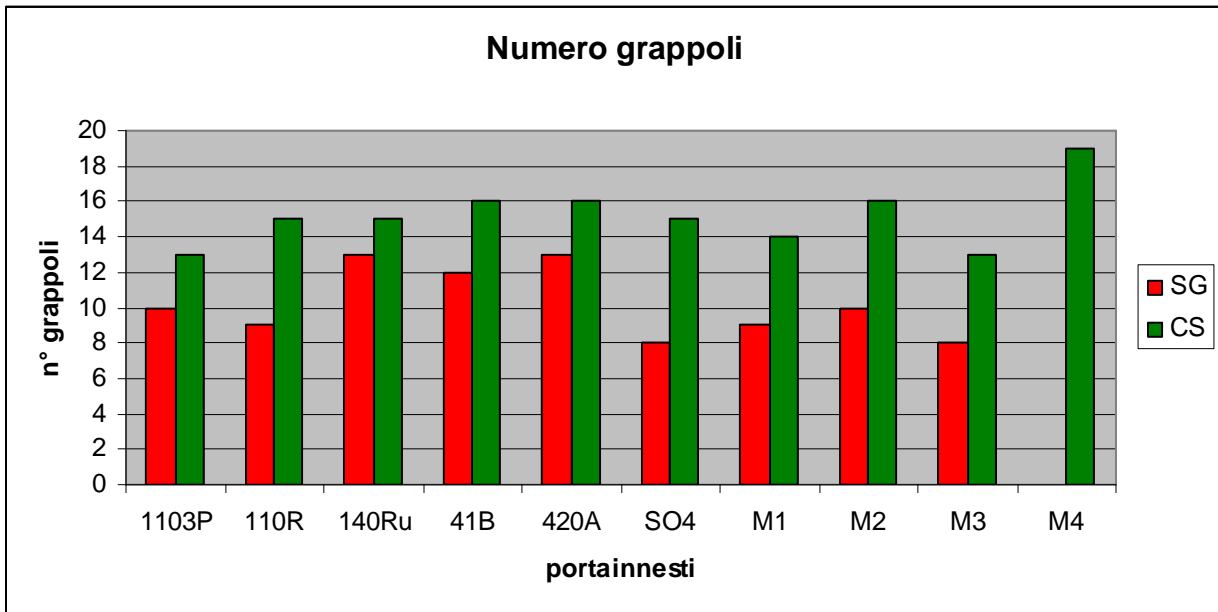
L'acidità titolabile risulta essere più alta nel portainnesto M1 con un valore di 6,37 g/l di acido tartarico, seguito dal portainnesto M2 con un valore di 6,14 g/l, infine dal portainnesto M3 con un valore di 6,07.

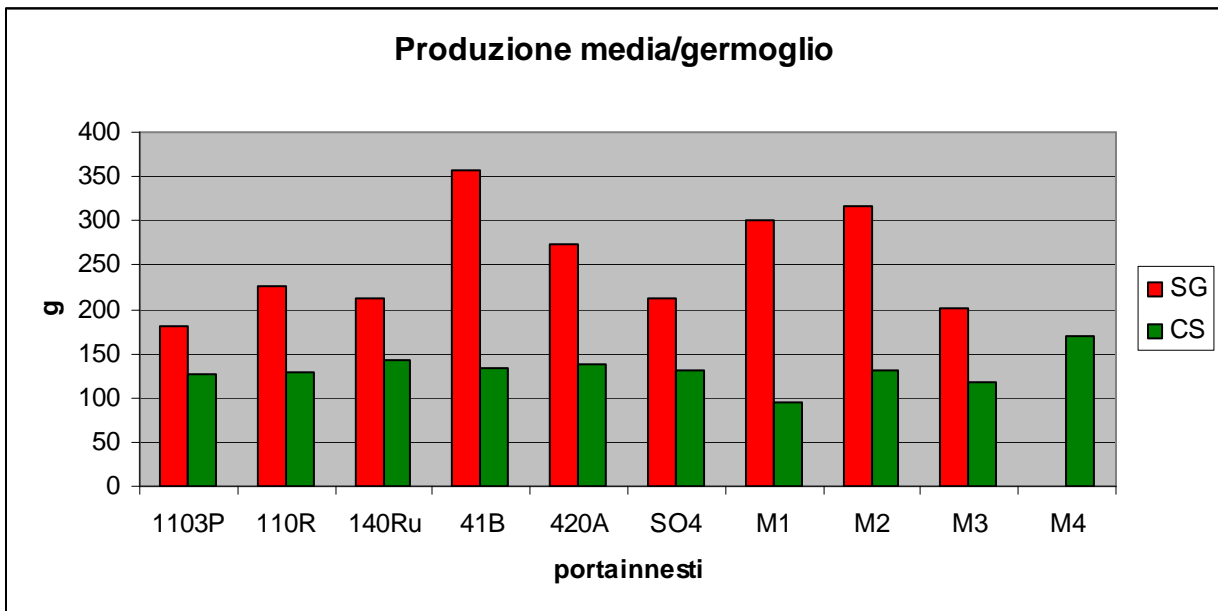
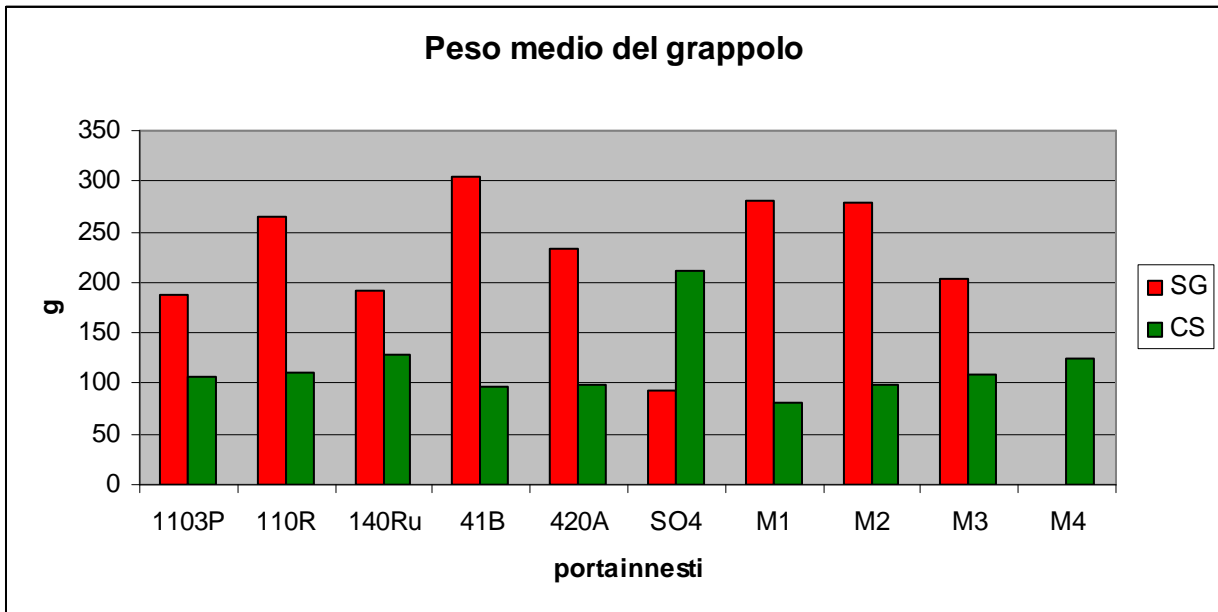
Il pH dei mosti risulta essere più alto nel portainnesto M2 con un valore di 3,26, seguito dal portainnesto M1 con un valore di 3,22 e per ultimo il portainnesto M3 con un valore di 3,20.

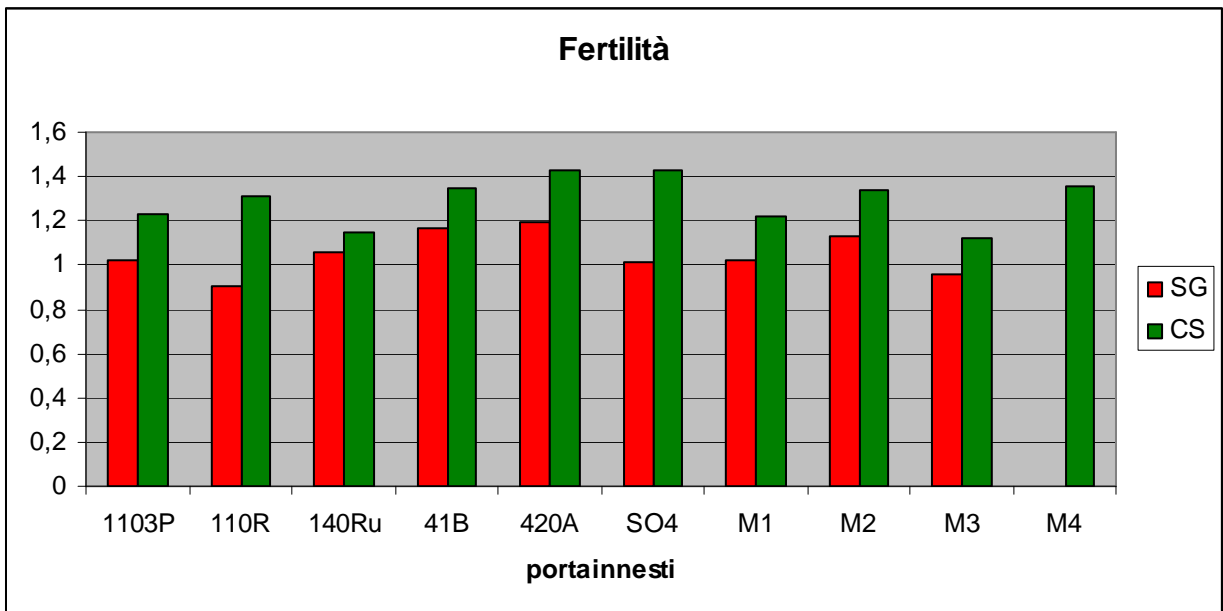
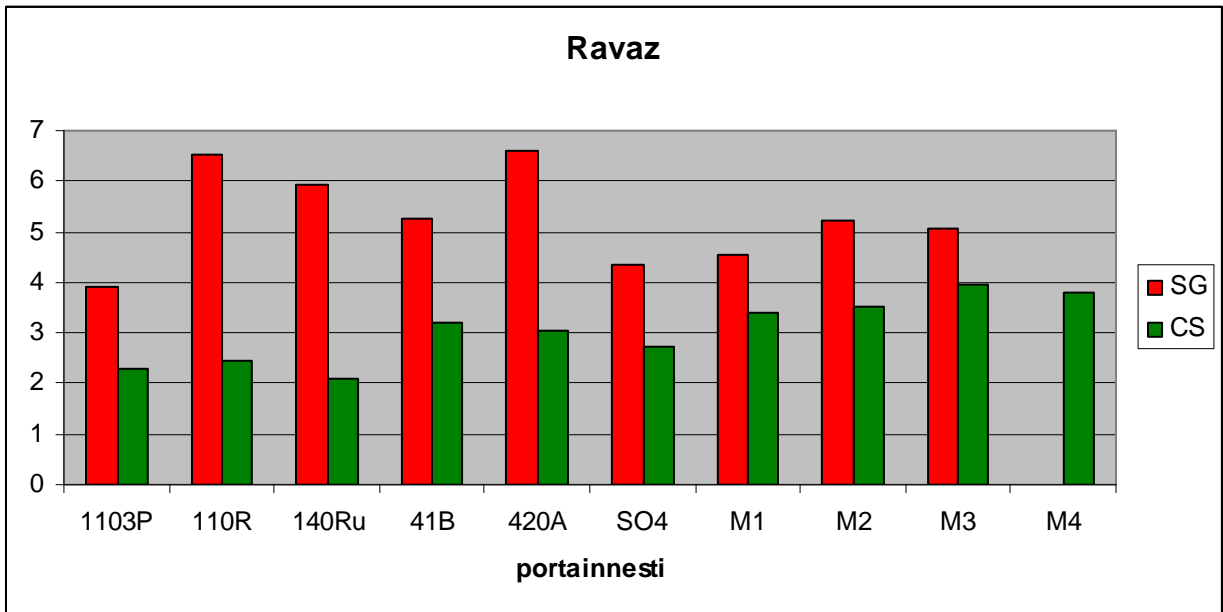
Il contenuto di polifenoli nelle bacche più alto è dato dal portainnesto M3 con 2475,18 mg/kg uva, seguito dal portainnesto M1 con un contenuto di polifenoli di 1994,05 mg/kg uva e per ultimo il portainnesto M2 con un contenuto di polifenoli di 1745,80 mg/kg uva.

Il contenuto di antociani nelle bacche è più alto nel portainnesto M3 con un valore di 1132,81 mg/kg uva, seguito dal portainnesto M1 con un contenuto di 916,43 mg/kg uva ed infine dal portainnesto M2 con un contenuto di 876,01.









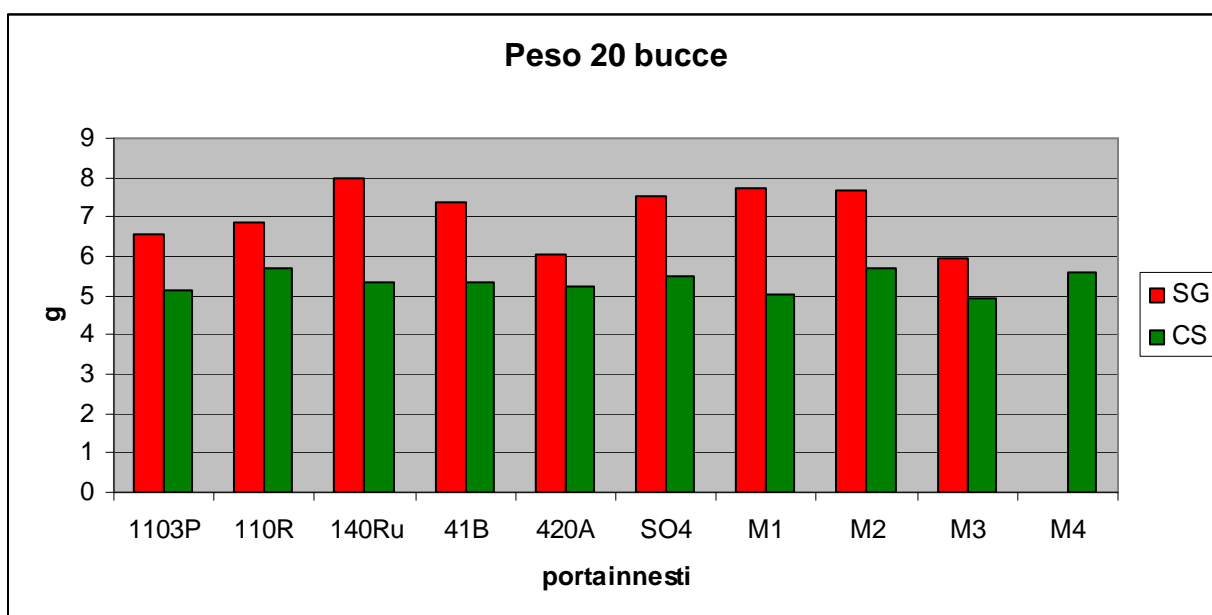
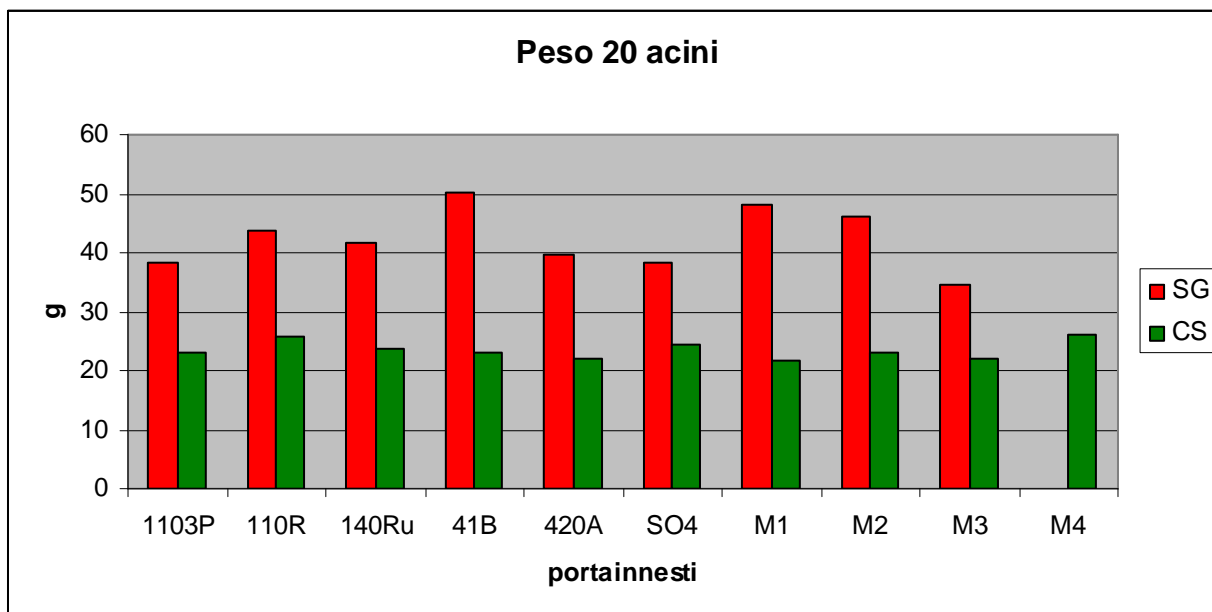


Figura 8. Grafici relativi ai parametri vegetativi nei portainnesti oggetto di tesi

I grafici sovrastanti (**figura 8**) relativi ai parametri vegetativi mostrano che i nuovi portainnesti M1, M2, M3 e M4 in combinazione d'innesto con *Cabernet sauvignon* hanno un comportamento statisticamente simile a quello dei portainnesti tradizionali.

Tra i quattro nuovi portainnesti testati quello che presenta una migliore produzione per ceppo è risultato essere il portainnesto M4 con 2337,50 g di uva prodotti, seguito dal portainnesto M2 con 1575,00 g, il portainnesto M3 che è in grado di produrre 1400,00 g di uva ed infine il portainnesto M1 con 1125,83 g di uva prodotta.

Il numero di gemme per ceppo risulta essere più alto con il portainnesto M4 con una media di 14,67 gemme seguito dal portainnesto M2 con 12,75 gemme, il portainnesto M3 con 12,08 gemme ed infine il portainnesto M1 con una media di 11,75 gemme prodotte.

Il numero di grappoli è più alto con il portainnesto M4 con una media di 19,17 grappoli prodotti per ceppo, seguito dal portainnesto M2 con 16,42 grappoli prodotti, il portainnesto M1 segue con 14,17 grappoli e per ultimo il portainnesto M3 con 13,25 grappoli prodotti di media.

Il peso del legno di potatura è più alto con il portainnesto M4 con una media di 637,50 g di legno prodotto, segue il portainnesto M2 con 518,75 g di legno prodotto, il portainnesto M3 con 360,42 e per ultimo il portainnesto M1 con 347,92 g di legno prodotto.

Il peso medio del grappolo è risultato essere più alto con il portainnesto M4 con una media 124,05 g, seguono il portainnesto M3 con 108,63 g, il portainnesto M2 con 98,69 g e infine il portainnesto M1 con una media di 81,22 g.

La produzione media/germoglio è più alta con il portainnesto M4 con una media 168,73 g, seguono il portainnesto M2 con 130,25 g, il portainnesto M3 con 118,27 g ed infine il portainnesto M1 con una media di 94,99 g.

L'indice di Ravaz è risultato essere più elevato con il portainnesto M3 che presenta un valore di 3,93, seguono il portainnesto M4 con un valore di 3,79, il portainnesto M2 con 3,53 e per ultimo il portainnesto M1 con 3,42.

L'indice di fertilità delle gemme è più elevato con il portainnesto M4 che presenta un valore di 1,35, seguono il portainnesto M2 con un valore di 1,33, il portainnesto M1 con 1,21 ed infine il portainnesto M3 con un valore medio di 1,12.

Il peso di 20 acini è più elevato con il portainnesto M4 con un valore di 25,97 g, seguono il portainnesto M2 con un valore di 22,99 g, il portainnesto M3 con un valore di 22,07 g e per ultimo il portainnesto M1 con un valore medio di 21,68 g.

Il peso di 20 bucce è più elevato con il portainnesto M2 che presenta un valore di 5,72 g, seguito dal portainnesto M4 con un valore di 5,57 g, il portainnesto M1 con un valore di 5,03 g ed infine il portainnesto M3 con un valore medio di 4,93.

Anche nelle combinazioni d'innesto con la varietà *Sangiovese* i quattro nuovi portainnesti hanno un comportamento statisticamente simile a quello dei portainnesti tradizionali per quanto riguarda i parametri vegetativi.

La produzione per ceppo risulta essere più elevata con il portainnesto M2 che presenta un valore medio di 2554,17 g, seguito dal portainnesto M1 con 2366,67 g ed infine dal portainnesto M3 con un valore medio di 1616,67 g.

Il numero di gemme è più elevato con il portainnesto M1 che presenta un valore medio di 8,92 gemme, seguito dal portainnesto M2 con 8,83 e dal portainnesto M3 con 8,50.

Il numero di grappoli prodotti è più alto con il portainnesto M2 che presenta un valore medio di 9,75 grappoli prodotti, seguito dal portainnesto M1 con 8,83 e dal portainnesto M3 con un valore medio di 7,83.

Il peso del legno di potatura risulta essere più elevato con il portainnesto M2 con un valore medio 610,42 g, seguito dal portainnesto M1 con 591,67 g e dal portainnesto M3 con un valore medio di 333,33 g di legno prodotto.

Il peso medio del grappolo è più alto con il portainnesto M1 che presenta un valore di 280,91 g, seguito dal portainnesto M2 con 278,90 e per ultimo il portainnesto M3 con un valore medio di 204,20 g.

La produzione media/germoglio risulta essere più elevata con il portainnesto M2 che presenta un valore medio di 316,49 g, seguito dal portainnesto M1 con 301,37 g e dal portainnesto M3 con un valore medio di 202,01 g.

L'indice di Ravaz è più alto nel portainnesto M2 con un valore medio di 5,22, seguono il portainnesto M3 con 5,07 e il portainnesto M1 con un valore medio del 4,54.

L'indice di fertilità delle gemme è più elevato nel portainnesto M2 con un valore medio del 1,13, seguono il portainnesto M1 con 1,01 e per ultimo il portainnesto M3 con un valore medio dello 0,95.

Il peso di 20 acini è più alto nel portainnesto M1 con un valore medio di 48,02 g, seguono il portainnesto M2 con 46,26 ed infine il portainnesto M3 con un valore medio di 34,45 g.

Il peso di 20 bucce risulta essere più elevato nel portainnesto M1 con un valore medio di 7,72 g, seguono il portainnesto M2 con 7,70 e M1 che presenta un valore medio di 5,94 g.

CONCLUSIONI

I risultati evidenziati in questo lavoro di tesi hanno sottolineato che il modello fattoriale adottato ANNO, PORTAINNESTO e la loro interazione nelle combinazioni d'innesto con la varietà *Cabernet sauvignon*, influenza significativamente i parametri vegetativi: produzione ceppo, peso del legno di potatura, peso medio del grappolo, produzione media/germoglio, indice di Ravaz mentre non influenzano significativamente i parametri numero di gemme, numero di grappoli e indice di fertilità delle gemme. Nelle combinazioni d'innesto con la varietà *Sangiovese* il modello adottato ANNO, PORTAINNESTO e la loro interazione influenza statisticamente i parametri vegetativi produzione ceppo, numero di grappoli, peso del legno di potatura, peso medio del grappolo e produzione media/germoglio mentre non influenza statisticamente i parametri numero di gemme, indice di Ravaz e indice di fertilità delle gemme. Per quanto riguarda i parametri relativi alla qualità dei mosti e delle uve si può affermare che il modello adottato ANNO, PORTAINNESTO influenza statisticamente tutti i parametri presi in considerazione: zuccheri rifrattometrici ($^{\circ}$ Brix), acidità titolabile, pH dei mosti e contenuto di polifenoli e antociani nelle bacche sia nelle combinazioni d'innesto con la varietà *Cabernet sauvignon* che quelle con la varietà *Sangiovese*. I quattro nuovi portainnesti oggetto di studio M1, M2, M3 e M4 in combinazione con le varietà *Cabernet sauvignon* e *Sangiovese* hanno mostrato un comportamento tale da ampliare le possibilità di adattamento della vite alle condizioni pedoclimatiche in cui si è realizzata la prova. In particolare i nuovi portainnesti hanno mostrato una miglior capacità di equilibrare i rapporti tra la fase vegetativa della pianta e quella produttiva con interessanti ricadute sulla qualità delle uve.

La scelta del portainnesto adatto rappresenta una tappa importante al momento dell'impianto di nuovi vigneti e deve tenere conto di vari aspetti come l'adattamento al clima della zona, il vigore indotto, la lunghezza del ciclo vegetativo, l'efficienza nell'assorbimento degli elementi nutritivi (soprattutto calcio, potassio e magnesio), l'adattamento al tipo di terreno, le caratteristiche chimiche del suolo, la densità d'impianto, il vitigno e da ultimo ma non meno importante dei precedenti l'obiettivo enologico che si vuole raggiungere (vini rossi, bianchi, spumanti, passiti ecc.).

I risultati ottenuti in questo lavoro di tesi hanno portato alla conclusione della necessità di creare nuovi portainnesti di vite che siano da un lato in grado di adattarsi a tutte le condizioni pedoclimatiche condizione fondamentale soprattutto in zone dove la viticoltura è in fase di espansione e allo stesso tempo che gli stessi garantiscano un buon equilibrio vegeto-produttivo e buone caratteristiche qualitative dei mosti e delle uve che vanno ad incidere sulle caratteristiche organolettiche del futuro vino condizioni necessarie richieste dai consumatori sul mercato enologico

mondiale verso una sempre più espansione del settore viti-vinicolo verso zone non tradizionalmente vocate per la viticoltura e ancora oggi in parte inesplorate.

RIASSUNTO

La necessità di migliorare le caratteristiche vegetative della vite e le sue capacità produttive, sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo, ha fatto sì che nel corso dei decenni venissero introdotti diverse tipologie di portainnesto, in relazione ai diversi fattori biotici e abiotici a cui questa coltura doveva rispondere, in funzione della sempre più ampia espansione della viticoltura verso aree caratterizzate da condizioni pedologiche e climatiche molto difficili.

Il primo traguardo ottenuto dall'uso del portainnesto è stato quello della tolleranza alla fillossera, un insetto introdotto in Europa dal continente Americano verso la fine del 1800, che causa gravi danni all'apparato radicale di *Vitis vinifera*. Al contrario le specie americane, coevolute con l'afide, mostrano essere tolleranti nei confronti del parassita. A questo inizio è seguito come detto un periodo di intensa attività di breeding che ha portato alla costituzione della grande maggioranza dei portainnesti ancora oggi utilizzati. D'altro canto le sempre nuove esigenze colturali e l'ampliamento della viticoltura verso aree mai prima investite a questa coltura fanno sì che ci sia una sempre maggiore richiesta di nuovi ibridi portainnesti che possano rispondere adeguatamente alle attuali condizioni della viticoltura mondiale.

Per queste ragioni nella prima metà degli anni '80 presso l'Università degli Studi di Milano è stato avviato un programma di miglioramento genetico dei portainnesti di vite che ha portato dopo lunghi anni di selezione all'individuazione di 4 nuovi genotipi di particolare pregio agronomico. Questi nuovi portainnesti sono stati testati in diverse condizioni colturali tra cui: presso l'azienda agricola Ruffino sita nel comune di Castellina in Chianti (Siena). In specifico l'attività svolta durante questo lavoro ha riguardato gli anni 2010 e 2011 durante i quali sono stati testati 4 nuovi portainnesti (M1, M2, M3, M4) e 6 portainnesti tradizionali (1103P, 110R, 140Ru, 41B, 420A, S04) su ognuno di essi sono state innestate 2 varietà *Cabernet sauvignon* e *Sangiovese*.

Per ogni combinazione di innesto sono state campionate 6 piante per un totale di 114 ripetizioni e per ognuna delle quali sono stati valutati parametri vegeto-produttivi quali numero di germogli presenti su ogni ceppo, numero di grappoli prodotti per ogni ceppo, peso di produzione e peso del legno di potatura invernale e quindi calcolati in seguito il peso medio di ogni grappolo, il rapporto fra il peso di produzione e il numero di germogli presenti per ogni ceppo, l'indice di Ravaz e l'indice di fertilità delle gemme inoltre i mosti provenienti dalle uve campionate sono stati sottoposti ad analisi di laboratorio per determinare il contenuto zuccherino (espresso in °Brix),

l'acidità titolabile (espressa in g/l di acido tartarico) e il pH. Delle 114 ripetizioni 57 di esse (3 per ogni combinazione di innesto) sono state sottoposte ad analisi fenoliche per determinare il contenuto di polifenoli e di antociani nelle bacche.

Sulla varietà *Cabernet sauvignon* i portainnesti testati risultano differenziarsi in modo statisticamente significativo per la produzione per ceppo, numero di gemme, numero di grappoli, peso del legno di potatura, peso medio dei grappoli, produzione media/germoglio, indice di Ravaz e peso dei 20 acini. Anche per quanto riguarda i parametri qualitativi dei mosti e delle uve i portainnesti risultano avere un'influenza statisticamente significativa.

Sulla varietà *Sangiovese* i portainnesti testati presentano differenze significative per quanto riguarda tutti i parametri vegeto-produttivi tranne per l'indice di fertilità delle gemme.

Per quanto riguarda invece i parametri qualitativi dei mosti e delle uve i portainnesti testati risultano differenziarsi in modo statisticamente significativo per il grado zuccherino, l'acidità titolabile e il contenuto di antociani e polifenoli nelle bacche. Tra i nuovi portainnesti testati in particolare M4 ha mostrato un comportamento migliore in combinazione d'innesto con *Cabernet sauvignon*, infatti i parametri vegeto-produttivi presi in considerazione sono statisticamente molto differenti da quegli degli altri portainnesti mentre M1, M2 e M3 presentano i parametri vegetativi con meno differenze significative rispetto ai portainnesti tradizionali. Per le combinazioni d'innesto del *Sangiovese* il portainnesto M3 ha mostrato un comportamento statisticamente peggiore, rispetto ai portainnesti tradizionali, per quanto riguarda i parametri vegeto-produttivi.

Nel caso dei parametri qualitativi dei mosti e delle uve in combinazione con *Cabernet sauvignon* i nuovi portainnesti hanno un comportamento plusvariante rispetto alla media, fa eccezione l'M4 per il contenuto di antociani e polifenoli. In combinazione su *Sangiovese* i nuovi portainnesti presentano invece comportamento statisticamente in linea con la media dei portainnesti con alcune punte di eccellenza dovute alle prestazioni dell'M3.

I risultati ottenuti in questo lavoro di tesi hanno portato alla conclusione della necessità di creare nuovi portainnesti di vite che siano da un lato in grado di adattarsi a tutte le condizioni pedoclimatiche condizione fondamentale soprattutto in zone dove la viticoltura è in fase di espansione e allo stesso tempo che gli stessi garantiscano un buon equilibrio vegeto-produttivo e buone caratteristiche qualitative dei mosti e delle uve che vanno ad incidere sulle caratteristiche organolettiche del futuro vino condizioni necessarie richieste dai consumatori sul mercato enologico mondiale verso una sempre più espansione del settore viti-vinicolo verso zone non tradizionalmente vocate per la viticoltura.

BIBLIOGRAFIA

- Bavaresco L., Cantù E., Trevisan M. 2000. Chlorosis Occurrence, Natural Arbuscular Mycorrhizal Infection and Stilbene Root Concentration of Ungrafted Grapevine Rootstocks Growing on Calcareous Soil. *Journal of Plant Nutrition* vol. 23, 11 e 12 pagine 1685-1697.
- Bavaresco L., Giachino E., Pezzuto S. 2003. Grapevine Rootstock Effects on Lime-Induced Chlorosis, Nutrient Uptake, and Source-Sink Relationships. *Journal of Plant Nutrition* vol. 26, 7 pag 1451-1465.
- Boselli M., Scienza A., Dorotea G., Volpe B., 1983. Possibilità di previsione del disseccamento del rachide mediante il controllo della nutrizione minerale. *Vignevini* vol. 10, 4 pagine 35-38.
- Brancadoro L., Iacono F., Scienza A. 2000. Portainnesti di vite per l'adattamento ad alcuni fattori limitanti. Supplemento a *L'Informatore Agrario* vol. 56, 12 pagine 33-34, 37-40.
- Brancadoro L., Valenti L., Reina A., Scienza A., 1994. Potassium content of grapevine during the vegetative period: the role of the rootstock. *Journal of Plant Nutrition* vol. 17, 12 pagine 2165-2175.
- Brancadoro L., Valenti L., Reina A., 1995. Rootstock effect on potassium content of grapevine. *Acta Horticulturae* 383 pagine 115-124.
- Brancadoro L., Rabotti G., Scienza A., Zocchi G., 1995. Mechanisms of Fe-efficiency in roots of *Vitis* spp. in response to iron deficiency stress. *Plant and soil* vol.171, 2 pagine 229-234.
- Calò A., Costacurta A., Dei vitigni italici ovvero delle loro storie caratteri e valorizzazione. Editore Matteo.
- Calò A., Costacurta A., Scienza A., Vitigni d'Italia Editore Calderini pagine 258-259, 756-759.
- Cançado G.M.A., Ribeiro A.P., Pineros M.A., Miyata L.Y., Alvarenga A.A., Villa F., Pasqual M., Purgatto E., 2009. Evaluation of aluminium tolerance in grapevine rootstocks. *Vitis* vol 48, 4 pagine 167-173.
- Cianferoni R., 1979. Il "Chianti Classico" fra proprietà e crisi edizioni Edagricole Bologna..
- Coiro M.I., Taylor C.E., Borgo M., Lamberti F., 1990. Resistance of grapevine rootstocks to *Xiphinema index*. *Nematologia mediterranea* vol. 18 pagine 119-121.
- Crespan M., Meneghetti S., Cancellier S., 2009. Identification and Genetic Relationship of the Principal Rootstocks Cultivated in Italy. *American Journal of Enology e viticulture* 60:3 pagine 349-356.

De Herralde F., Aranda Xavier, Biel C., Savè R., Root Growth Dynamics and Effects On Whole Plant Growth in Three Rootstocks Under Low Water Availability Conditions. PAV-17th GiESCO Meeting, Asti 2011 pagine 37-39.

Fraschini P., 1990. Nuovi portainnesti americani resistenti ai nematodi. *Vignevini* vol 4 pagine 30-32.

Fregoni M., Criteri di scelta dei portainnesti nella viticoltura mondiale. Relazione tenuta al Congresso Nazionale del MIVA (Cagliari, 1979) pagine 31-38.

Garris A., Cousins P., Ramming D., Baldo A., 2009. Parentage Analysis of Freedom Rootstock. *American Journal of Enology e viticulture* 60:3 pagine 357-361.

Hatch A. T., Hickey C.C., Wolf K.T., 2011. Cover crop, Rootstock, and Root Restriction Regulate Vegetative Growth of *Cabernet sauvignon* in a Humid Environment. *American Journal of Enology e viticulture* 62:3 pagine 298-311.

Hepaksoy S., Ben-Asher J., De Malach Y., David I., Sagih M., Bravdo B. 2006. Grapevine Irrigation with Saline Water: Effect of Rootstocks on Quality and Yield of *Cabernet sauvignon*. *Journal of Plant Nutrition* vol. 29 pagine 783-795.

Iacono F., Buccella A., Peterlunger E., 1998. Water stress e rootstocks influence on leaf gas Exchange of grafted and ungrafted grapevines. *Scientia Horticulturae* vol. 75 pagine 27-39.

Kodur S., 2011. Effects of juice pH and potassium on juice and wine quality, and regulation of potassium in grapevines through rootstocks (*Vitis*): a short review. *Vitis* vol. 50, 1 pagine 1-6

Kodur S., Tisdall J.M., Tang C., Walker R. R., 2010. Accumulation of potassium in grapevine rootstocks (*Vitis*) grafted to “Shiraz” as affected by growth-traits and transpiration. *Vitis* vol 49, 1 pagine 7-13.

Kodur S., Tisdall J.M., Tang C., Walker R. R., 2011. Uptake, transport, accumulation and retranslocation of potassium in grapevine rootstocks (*Vitis*) *Vitis* vol 50, 4 pagine 145-149.

Loubser J.L., Meyer A.J. 1987. Resistance of Grapevine Rootstocks to *Meloidogyne incognita* under Field Conditions. *South African Journal of Enology and Viticulture* vol.8, 2 pagine 70-74.

Marenghi M. Manuale di viticoltura Edagricole Bologna.

Nikolic M., Romheld V., Merkt N. 2000. Effect of bicarbonate on uptake and translocation of Fe in two grapevine rootstocks differing in their resistance to Fe deficiency chlorosis. *Vitis* vol. 39, 4 pagine 145-149.

Novello V., De Palma L., 1997. Genotype, rootstock, and irrigation influence on water relations, photosynthesis and water use efficiency in grapevine. *Acta Horticulturae* 449, vol. 2 pagine 467-473.

- Paranychianakis N.V., Angelakis A.N., 2008. The effect of water stress and rootstock on the development of leaf incurie in grapevine irrigated with saline effluent. *Agricultural Water Management* vol. 95 pagine 375-382.
- Peterlunger E., Marangoni B., Cipriani G., 1990. Conducibilità idrica radicale di portainnesti di vite. *Vignevini* vol 6 pagine 43-46.
- Ruhl E. H., 2000. Effect of rootstocks and K⁺ supply on pH and acidity of grape juice. *Acta horticulturae* vol 512 pagine 31-37.
- Sivritepe N., Sivritepe H.O., Celik H., Katkat A.V. 2010. Salinity Responses of Grafted Grapevines: Effect of Scions and Rootstock Genotypes. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici* vol. 38, 3 pagine 193-201.
- Southey J.M., 1992. Root Distribution of Different Grapevine Rootstocks on a Relatively Saline Soil. *South African Journal of Enology and Viticulture* vol. 13, 1 pagine 1-9.
- Tardaguila J., Bertamini M., Giulivo C., Scienza A., 1995. Rootstock effects on growth, dry weight partitioning and mineral nutrient concentration of grapevine. *Acta Horticulturae* 388 pagine 111-116.
- Walker A. M., Jin Yimin, 1998. Development of resistant rootstocks to control *Xiphinema index* and fanleaf degeneration. . *Acta Horticulturae* 473 pagine 113-116.
- Zachariakis M., Tzorakakis E., Kritsotakis I., Sminis C.I., Manios V., 2001. Humic substances stimulate plant growth and nutrient accumulation in grapevine rootstocks. *Acta Horticulturae* 549 pagine 131-136.

RINGRAZIAMENTI

Per prima cosa vorrei ringraziare il dott. Lucio Brancadoro per avermi seguito in tutto questo anno di lavoro di tesi. (ed avermi sopportato aggiungo!!!!)

La dott. Mara Rossoni che mi ha seguito passo passo in tutte le analisi di laboratorio

Un grandissimo grazie va ai miei genitori (senza di loro non sarei mai arrivato fino a qui!)

Gli amici di Novara non faccio nomi ma loro lo sanno che mi riferisco “solo” a loro per essermi stati vicini anche nei momenti più duri e difficili.

I compagni e amici di università Matteo e Fabio (o uomo di Varese per me) quante lezioni e pause pranzo passate assieme e quanti ricordi.....

E per ultimo grazie anche a chi non ha creduto in me!!!!