

**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**

Sede Amministrativa: Università degli Studi di Padova

**Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse Naturali e
Ambiente**

**DOTTORATO DI RICERCA IN:
Viticoltura, Enologia e Marketing delle imprese vitivinicole
CICLO: XXV**

**Studio delle influenze ambientali (suolo-clima) sulla qualità
dell'uva rispetto alla sua idoneità all'appassimento su Cv.
tipiche della Valpolicella (Corvina e Corvinone)**

Coordinatore: prof. Viviana CORICH

Supervisore: prof. Andrea PITACCO

dott. Diego TOMASI

Dottorando: dott. Fabrizio BATTISTA

Data Consegna tesi

31 Gennaio 2013

A Francesca,

INDICE

1	INTRODUZIONE	1
1.1	L'APPASSIMENTO PER LA PRODUZIONE DI VINO	2
1.1.1	STORIA E TRADIZIONE	2
1.1.2	TECNICHE DI APPASSIMENTO	4
1.1.2.1	Appassimento naturale	4
1.1.2.2	Appassimento forzato	5
1.1.3	LA VALPOLICELLA E L'APPASSIMENTO	6
1.1.3.1	Storia	6
1.1.3.2	Area di produzione	8
1.1.3.3	Varietà utilizzate	9
1.1.3.4	Forme di allevamento diffuse	13
1.2	MODIFICAZIONI DELL'UVA DURANTE L'APPASSIMENTO	17
1.2.1	ZUCCHERI	18
1.2.2	ACIDI	19
1.2.3	I METABOLITI SECONDARI	20
1.3	LA CINETICA DI APPASSIMENTO	22
1.3.1	AMBIENTE DI APPASSIMENTO	23
1.3.2	CARATTERISTICHE DELL'UVA CHE INFLUENZANO L'APPASSIMENTO	25
1.3.2.1	Morfologia del grappolo e dell'acino	25
1.3.2.2	La buccia	28
1.3.2.3	Cere epicuticolari	33
2	SCOPO DELLA TESI	37
3	MATERIALI E METODI	39
3.1	LOCALIZZAZIONE DELLA PROVA	39
3.1.1	CARATTERIZZAZIONE PEDOLOGICA DELLA ZONA	39
3.1.2	CARATTERIZZAZIONE CLIMATICA DELLA ZONA	40
3.2	IL PIANO SPERIMENTALE	42
3.2.1	I SUOLI	42
3.2.2	I VIGNETI	44
3.3	RILIEVI ESEGUITI	45
3.3.1	MONITORAGGIO CLIMATICO	45
3.3.2	L'ACQUA NEL SUOLO	46
3.3.3	RILIEVI VEGETO-PRODUTTIVI	47
3.3.4	RILIEVI DELLA MICRO e MACROSTUTTURA DELL'UVA	47
3.3.5	RILIEVI SULLE CARATTERISTICHE DELL'UVA CHE INFLUENZANO L'APPASSIMENTO	50
3.3.5.1	Compattezza del grappolo	50
3.3.5.2	Dimensione degli acini	50
3.3.5.3	Cere epicuticolari	51
3.3.5.4	Spessore della buccia	51
3.3.6	MONITORAGGIO DELLA FASE DI APPASSIMENTO	53
3.4	ANALISI STATISTICA	54
4	RISULTATI E DISCUSSIONE	55
4.1	IL CLIMA	55
4.1.1	LE ANNATE	55
4.1.2	LE UNITÀ DI PEDOPAESAGGIO	56
4.2	L'ACQUA NEL SUOLO	59
4.2.1	2010	60
4.2.2	2011	61
4.2.3	2012	62
4.3	CARATTERISTICHE DELLE UVE	63
4.3.1	PARAMETRI QUANTITATIVI E QUALITATIVI	63
4.3.2	DIMENSIONE ACINI	68
4.3.2.1	Effetto di forma di allevamento, annata e varietà	68
4.3.2.2	Effetto del sito di coltivazione	71
4.3.3	COMPATTEZZA DEL GRAPPOLO	73

4.3.3.1	Effetto di forma di allevamento, annata e varietà	73
4.3.3.2	Effetto del sito di coltivazione	75
4.3.4	CERE EPICUTICOLARI	77
4.3.4.1	Effetto di forma di allevamento, annata e varietà	77
4.3.4.2	Effetto del sito di coltivazione	78
4.3.5	SPESSORE DELLA BUCCIA	81
4.3.5.1	Effetto di forma di allevamento, annata e varietà	81
4.3.5.2	Effetto del sito di coltivazione	83
4.4	CINETICHE DI APPASSIMENTO	86
5	CONCLUSIONI	99
6	BIBLIOGRAFIA	103

RIASSUNTO

La diffusione sempre più ampia della tecnica di appassimento ha portato allo sviluppo di nuove tecnologie in grado di pianificare in maniera sempre più precisa la cinetica di disidratazione delle uve agendo esclusivamente sulle condizioni ambientali dell'ambiente di appassimento. Spesso però questi strumenti non tengono in considerazione le differenti caratteristiche delle uve.

Il presente lavoro di ricerca ha studiato durante tre annate (2010-2012) quali caratteristiche delle uve possono influenzare l'appassimento, e come queste varino in funzione della varietà (Corvina e Corvinone), della tecnica agronomica (Pergola e Guyot) e del sito di coltivazione (otto unità di pedopaesaggio). Inoltre ponendo le uve in appassimento nelle condizioni in cui questo viene condotto nei fruttai commerciali si è capito quali tra i caratteri studiati influenzino in maniera determinante le cinetiche di disidratazione.

Le caratteristiche studiate sono state: dimensione degli acini, compattezza dei grappoli, cere epicuticolari e spessore della buccia.

Tutti questi parametri sono risultati fortemente legati alla componente genetica. Le due varietà studiate, Corvina e Corvinone, hanno mostrato valori diversi di questi caratteri. La Corvina ha sempre mostrato acini di più piccole dimensioni caratterizzati da una buccia più sottile ma ricoperta da una maggiore quantità di cere epicuticolari rispetto al Corvinone. Queste differenze tra le due varietà sono alla base della più lenta cinetica di disidratazione del Corvinone rispetto alla Corvina.

La quantità di cere epicuticolari è sembrata essere in grado di discriminare tre le differenti annate, ad una maggiore quantità di cere, però, sono corrisposte cinetiche di appassimento più rapide. È inoltre ipotizzabile una differente composizione delle cere tra

le due forme di allevamento in quanto, a parità di cere e degli altri parametri studiati, le uve allevate a Pergola hanno mostrato una cinetica di appassimento più lenta, ciò è probabilmente legato alla diversa composizione delle cere che ne determina diverse proprietà di difesa dalla disidratazione.

Considerando la stessa varietà le differenze a livello di spessore della buccia hanno mostrato un'influenza sulla fase di disidratazione solo in determinate annate. Quando le bucce sono state più sottili in termini di annata, le piccole differenze tra le zone sono risultate differenziare le cinetiche di appassimento.

Infine, sempre considerando la stessa varietà, la compattezza dei grappoli è risultato il parametro più importante in grado di fornire informazioni utili per prevedere la velocità di disidratazione. All'aumentare della compattezza dei grappoli la cinetica di disidratazione è più lenta.

Tutti questi parametri sono risultati essere influenzati dall'ambiente di coltivazione determinando come in diverse annate ed in diverse zone l'uva abbia presentato caratteristiche differenti. La dimensione degli acini è risultata influenzata dalle temperature e dalla disponibilità idrica nelle diverse fasi di sviluppo dell'acino. La compattezza dei grappoli, per entrambe le varietà studiate, è legata alla dimensione degli acini che li compongono. Pure lo spessore della buccia è risultato fortemente legato al clima e al sito di coltivazione, in particolare la più bassa disponibilità idrica del suolo ha determinato bucce più spesse. Infine il contenuto di cere è risultato legato alle temperature ed al livello di insolazione della zona fruttifera, maggiori livelli di insolazione e temperature più fresche hanno determinato un maggior contenuto di cere epicuticolari.

E' stato quindi confermata l'influenza dell'ambiente, dell'annata, della tecnica colturale e della varietà sui parametri che determinano diverse cinetiche di appassimento.

SUMMARY

The diffusion of grapes post-harvest dehydrations in order to produce wines led to the development of new technologies able to plan and control the kinetics of dehydration. These technologies normally act exclusively on the environmental conditions of the drying room (fruttaio), without considering the different grapes characteristics.

The aim of this thesis is to evaluate which are the grapes characteristics affecting the dehydration process. The study was carried out during three years (2010-2012) in order to evaluate how the genetic materials (two varieties studied: Corvina and Corvinone), the agronomic practices (different training systems: Pergola and Guyot) and the environmental factors (eight soil units) affect the following parameters: quantity of epicuticular wax, skin thickness, bunch density and berry surface to volume ratio.

Furthermore the bunch were dried in a commercial drying room to understand how the grapes characteristics affect the kinetic of dehydration.

All these parameters are linked with the genetic material examined. The two varieties studied, Corvina and Corvinone, showed different characteristics. Corvina showed smaller berries dimensions, with a thicker skin covered by a bigger amount of epicuticular wax than Corvinone. Thus the kinetic of Corvinone was always slower than the Corvina ones.

The epicuticular wax content was different between the different years studied. In the seasons with an higher content of wax the dehydration kinetic was faster compared with the other years. Furthermore probably there is a different wax composition between Pergola and Guyot, the epicuticular wax of Pergola showed an high efficiency on the defence against the berry water loss.

Considering the same varieties, the dehydration rate was affected by different level of skin thickness just in some situations. When the average year skin thickness was the thinner the difference between units influenced the water loss rate.

The main important parameters to understand the variability in the dehydrations kinetic was the bunch density. Dense bunches showed slower rate of water loss.

The study showed a variation of the studied parameters depending on the environmental variability (mainly pedological soil characteristics, site-altitude and exposure) and annual climatic conditions. The berry size is affected by the temperature and the available soil water. The bunch density is strictly correlated with the berry size, i.e. bigger berry are the main cause of a dense bunch.

The skin thickness is higher where the soil water content is lower, as in stressed situations to prevent water loss the plant showed a significant increase of berry skin thickness. The epicuticular wax is lead with the temperature and the exposure of the fruit zone, a good sun exposure and the cool temperature support an high wax content.

Finally the study confirmed the influence of the environmental factors, the seasonal effect, the agronomic practices and the genetic properties on the dehydrations kinetic.

1 INTRODUZIONE

Nel 2010 l'OIV con la risoluzione n. 333 ha definito il concetto di *terroir*:

Il “terroir” vitivinicolo è un concetto che si riferisce a uno spazio nel quale si sviluppa una cultura collettiva delle interazioni tra un ambiente fisico e biologico identificabile, e le pratiche vitivinicole che vi sono applicate, che conferiscono caratteristiche distintive ai prodotti originari di questo spazio.

Il “terroir” include caratteristiche specifiche del suolo, della topografia, del clima, del paesaggio e della biodiversità.

Con questa definizione vengono quindi definiti gli elementi dell'ecosistema vitivinicolo che determinano i caratteri di unicità di una determinata zona. Da un lato quindi vi è l'ambiente con la sua variabilità che è legata alle caratteristiche del suolo e del clima, ed all'interazione tra questi due elementi. Dall'altro la viticoltura che si inserisce in un contesto ambientale limitatamente modificabile dall'uomo che però attraverso la conoscenza collettiva dell'area e delle interazioni pianta-ambiente mette in campo le diverse strategie produttive, sia agronomiche che di scelta varietale, più adatte per arrivare a dei buoni obiettivi qualitativi. Le diverse pratiche produttive, come l'utilizzo di diversi sistemi di potatura, si sviluppano nel corso di lunghi periodi e continuano costantemente ad evolversi sia in funzione delle nuove tecnologie disponibili che dei nuovi obiettivi qualitativi. Alla luce di ciò appare evidente come nel concetto di *terroir* siano incluse non solo le pratiche agronomiche ma pure quelle enologiche e produttive tipiche di una determinata area. In questo contesto la pratica di porre in appassimento le uve per la produzione di vini sia dolci che secchi che nel corso della storia si è sviluppata in determinate aree geografiche mondiali entra a far parte della cultura vitivinicola della zona rendendo unica ed identificabile la produzione dell'area. Lo

sviluppo di questa pratica produttiva e delle differenti tecniche per metterla in atto sono l'evoluzione ed il frutto delle conoscenze collettive atte ad esaltare la produzione viticola di una determinata zona.

1.1 L'APPASSIMENTO PER LA PRODUZIONE DI VINO

1.1.1 STORIA E TRADIZIONE

La pratica dell'appassimento delle uve è probabilmente antecedente alle prime vinificazioni e forse anche alla domesticazione della vite. L'uomo inizialmente utilizzava l'uva come un qualsiasi altro frutto e probabilmente per eventi casuali si rese conto di come la sua conservazione prolungata fosse semplice rispetto ad altre bacche e determinasse modificazioni del profilo organolettico dell'acino in grado di renderne il sapore più piacevole (Scienza, 2006).

Le tecniche per appassire l'uva si svilupparono meglio con l'avvento del Neolitico quando l'uomo diventò sedentario, sviluppò l'agricoltura, ed avviò il processo di domesticazione della vite (Fregoni, 2005). Testimonianze archeologiche ed avanzate tecniche analitiche hanno consentito di individuare in Mesopotamia il luogo probabile della prima domesticazione avvenuta tra il 5500 ed il 5000 a.C e della prima vinificazione (5000-3500 a.C.) (Mc Govern, 2004).

Dalla Mesopotamia la vite ed il vino si diffusero nell'area mediterranea dove divennero importante merce di scambio. Per assolvere a questa funzione vennero privilegiati i vini con una maggiore conservabilità, ovvero quelli in grado di mantenere le loro caratteristiche il più a lungo possibile in modo da resistere ai lunghi viaggi commerciali. Lo sviluppo dell'appassimento fu certamente favorito anche da quest'aspetto in quanto vini ottenuti da mosti ad elevata concentrazione di zuccheri potevano essere conservati più a lungo. Numerosi testi ed iscrizioni testimoniano l'utilizzo dell'uva passa per la

produzione di vino, ad esempio un orcio risalente all'età del ferro ritrovato in Giudea riporta un'iscrizione in semitico che recita: “vino fatto con uva passa nera”. Si possono trovare inoltre testi che confermano l'esistenza di “vino affumicato” e “vino scurissimo”, che ricordano la pratica di cucinare il mosto sul fuoco per farne evaporare l'acqua e concentrare gli zuccheri (Scienza, 2006).

Magone, georgico cartaginese, indica ai viticoltori come produrre vino da uve passite consigliando di vendemmiare l'uva molto matura e di selezionare i migliori grappoli da destinare ad una fase di essiccazione al sole condotta sotto una coperta di canne in modo da evitare l'eccessiva radiazione e l'umidità della rugiada. L'uva passa veniva poi messa nel mosto fresco e quindi pigiata (Scienza, 2006). Le tecniche dell'appassimento si sono sicuramente sviluppate da prima nell'antica Grecia dove ancora oggi i nomi di alcuni vitigni ricordano la modalità di produzione dei vini dolci, suggerendo la presenza di una viticoltura specializzata; il *Capnions* per la produzione di vini mediante cottura del mosto e il *Tharrupia* utilizzato per l'appassimento su graticci (*tharrupio*).

Successivamente, questa pratica si sviluppò ulteriormente nel mondo romano tanto che Plinio (*Naturalis historia* XIV, 81) riporta tecniche per rendere più rapida la perdita di acqua dall'uva, suggerendo di immergerla nell'olio bollente al fine di togliere la pruina (Scienza, 2006).

I romani diffusero la tecnica dell'appassimento su pianta mediante torsione del rachide (Palladio, XII, 22; Plinio, XIV, 83-84) che veniva realizzata in quelle zone dove erano presenti venti caldi durante la maturazione. Infatti Ateneo di Naucratis afferma che il *Falerno* veniva prodotto solo quando, durante la vendemmia, soffiava il “vento d'autunno”. Sempre in epoca romana altri metodi di appassimento delle uve erano quelli per esposizione al sole (in ambienti caldi) o, in zone climaticamente più fresche ed umide, in appositi locali (fruttai) per riparare le uve da piogge, nebbie e rugiada.

Pertanto possiamo considerare le moderne tecniche di appassimento utilizzate oggi come la naturale evoluzione di millenni di storia.

1.1.2 *TECNICHE DI APPASSIMENTO*

Come testimoniato anche dagli storici romani per l'ottenimento di vini dolci furono da subito messe in pratica diverse tecniche di appassimento tipiche delle diverse zone in cui si svilupparono. Una prima fondamentale divisione tra le diverse tecniche è la definizione dei termini “appassimento” e “sovraturazione” delle uve. La sovraturazione è quello stadio di sviluppo che segue la maturazione fisiologica e, attraverso l'evoluzione di processi che tendono a diventare di natura degenerativa, porta il frutto verso la senescenza e la morte delle cellule che lo compongono. Al contrario l'appassimento prevede il distacco dell'uva dalla pianta con l'immediata interruzione dei flussi floematici.

Sono quindi due processi ben distinti durante i quali avvengono processi metabolici e biochimici profondamente differenti.

Il presente studio riguarderà le tecniche di appassimento da frutto reciso, che a loro volta possono essere suddivise in due categorie: appassimento naturale e forzato (Scienza, 2006).

1.1.2.1 *Appassimento naturale*

L'appassimento naturale, in ambienti in cui le condizioni di insolazione sono buone, prevedeva il posizionamento dell'uva su stuoie collocate a terra e l'utilizzo di teli protettivi per le ore notturne e le piogge. Questa tecnica, di antica tradizione, è applicata, ovviamente, in ambienti caratterizzati da clima soleggiato e caldo nella fase post-

vendemmia. Un esempio tipico di questo sistema è quello che si adotta nell'isola di Pantelleria, per la preparazione del Passito omonimo.

In altre aree viticole, dove le condizioni climatiche sono sfavorevoli, si sono sviluppate tecniche che prevedono il posizionamento delle uve raccolte in locali chiusi, disponendole su graticci, o in cassetture di legno o plastica sovrapponibili tra loro in modo da consentire una buona circolazione dell'aria. Un altro sistema, ormai in disuso, prevedeva la disposizione delle uve su una parete verticale costituita da una rete di fili collocati ad una debita distanza, sui quali venivano appesi i grappoli. Questi locali denominati "fruttai" devono essere ben asciutti e ben ventilati per consentire un corretto appassimento delle uve e limitare l'insorgenza di marciumi indesiderati; questo viene tradizionalmente ottenuto mediante l'apertura e la chiusura delle finestre.

La creazione di fruttai per l'appassimento naturale si è quindi sviluppata in zone più fresche ed umide del nord d'Italia (es. Valpolicella, Breganze, Soave e Valtellina) nelle quali, a differenza della tecnica di appassimento al sole, le uve permangono per tempi più lunghi nei fruttai (Scienza, 2006).

1.1.2.2 Appassimento forzato

L'appassimento forzato avviene in fruttai in cui l'ambiente è condizionato grazie all'ausilio di sistemi di ventilazione, di riscaldamento e di deumidificazione dell'aria (portando in alcuni casi l'umidità relativa dell'ambiente tra il 50 ed il 60 %). L'ambiente artificiale creato in questo modo modifica il processo di perdita dell'acqua da parte degli acini e consente una perfetta regolazione della cinetica di disidratazione. Lo scopo per cui queste tecnologie sono state introdotte era inizialmente quello di ridurre il pericolo della comparsa di marciumi e muffe, con il tempo queste sono diventate uno strumento per la perfetta regolazione dell'intera fase di post-raccolta.

Recentemente si stanno sviluppando inoltre tunnel di appassimento che, come tipologia costruttiva, richiamano le celle frigo per la conservazione dei prodotti orto-frutticoli. Queste celle permettono il totale controllo dei parametri climatici, come la temperatura, l'umidità relativa e la velocità della ventilazione, permettendo il raffreddamento, il congelamento (-15°C) e il riscaldamento delle uve (Scienza, 2006).

Appaiono evidenti i vantaggi dell'utilizzo dei sistemi di forzatura nell'ottica di un controllo sempre più accurato sia dell'ambiente di appassimento che dei fenomeni indesiderati (sviluppo di patogeni) oltre che di una modulazione della velocità di traspirazione sempre più precisa.

Ulteriori approfondimenti su come l'ambiente di appassimento influenzi la cinetica di distrazione sono riportati nel capitolo 1.3.

1.1.3 LA VALPOLICELLA E L'APPASSIMENTO

1.1.3.1 Storia

La pratica dell'appassimento delle uve nella zona di Verona è probabilmente legata alla vicinanza con la Retia dove già nel II secolo a.C. veniva prodotto un vino "retico" fatto con uve passite (Scienza, 2006).

In epoca romana Cassidoro (490-583 a.C.), originario di queste zone, descrive i vini della provincia veronese così: "questo è un vino puro dal colore regale e dal sapore speciale; la sua dolcezza si avverte con incredibile fragranza", inoltre viene pure descritta la tecnica di appassimento "l'uva viene appesa capovolta [...] si appassisce, non si corrompe per la vecchiaia, e trasudando gli insipidi umori si addolcisce (Cassidoro, *Varium*, libro XII). In una villa patrizia romana rinvenuta nell'area della Valpolicella (VR) e risalente ai primi secoli d.C. sono stati messi in luce alcuni locali muniti di un

sistema di riscaldamento sotto la pavimentazione (ipocausto) e alcuni di essi erano probabilmente riservati all'essiccamento di prodotti agricoli tra cui l'uva.

Dopo il periodo medioevale, durante il quale la serenissima repubblica di Venezia aveva assunto il monopolio del commercio dei vini dolci, Scipione Maffei chiama il vino della zona "vin santo", proprio ad indicare l'elevato contenuto zuccherino di questi vini.

Solo nell'ottocento per i vini dolci del Veneto (in Valpolicella e a Soave) comincia ad essere utilizzato il nome Recioto che sembrerebbe derivare dal termine dialettale "recia" (orecchia), in riferimento alle ali del grappolo, la parte più spargola e quindi più adatta alla fase di appassimento.

In Valpolicella si produceva solamente un vino da uve passite, il Recioto con un elevato contenuto zuccherino, ma ad un certo punto si scoprì che dalla completa fermentazione delle uve passite si poteva produrre un vino secco e quindi al confronto col Recioto amaro. Questo venne inizialmente chiamato Recioto Amarone come recita una delle prime etichette del 1953 (Scienza, 2006). Grazie alla sua struttura ed alla sua complessità olfattiva questo vino ha trovato sempre più spazio nel mercato mondiale arrivando, dopo il riconoscimento della DOCG, a 13 milioni di bottiglie vendute nel 2010.

A conferma di ciò in Figura 1.1 è riportato il costante trend di crescita della quantità di uva posta in fruttajo in Valpolicella passato dai 4.7 milioni di kg del 1990 agli oltre 30 del 2011. Questa costante crescita è stata accompagnata da un costante affinamento delle tecniche per la gestione della delicata fase dell'appassimento.

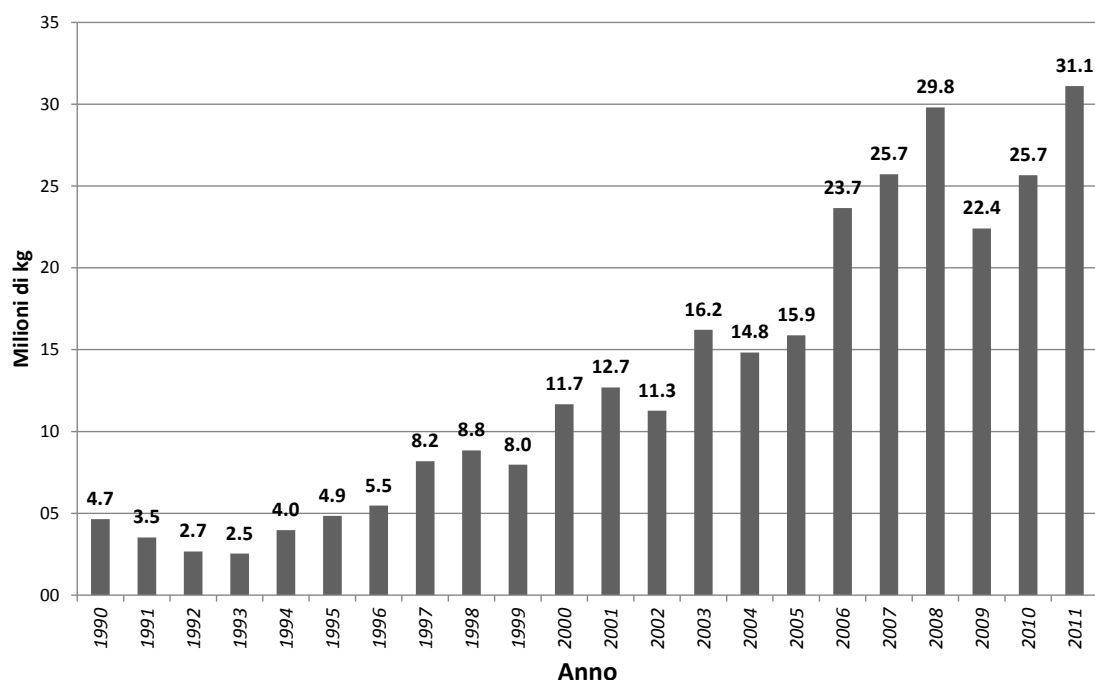


Figura 1.1: Milioni di kg di uva posta in appassimento nella DOCG Valpolicella.

1.1.3.2 Area di produzione

L'area di produzione dell'Amarone e del Recioto della Valpolicella DOCG è dislocata su 19 comuni del nord della provincia di Verona. Due specificazioni sono su aree più ristrette, una geografica, "Valpantena" per i vini prodotti in questa valle e "Classico" per i vini prodotti nella zona originaria dei comuni di Negrar, Marano, Fumane, Sant'Ambrogio e San Pietro in Cariano. Gli altri comuni della provincia di Verona nei quali è consentito produrre Amarone e Recioto sono: Dolcè, Verona, San Martino, Lavagno, Mezzane, Tregnago, Illasi, Colognola, Cazzano, Grezzana, Pescantina, Cerro, San Mauro e Montecchia.



Figura 1.2: Mappa dell'area di produzione dell'Amarone e Recioto della Valpolicella DOCG. I numeri indicano: 1) sottozona "classica"; 2) sottozona "Valpantena"; 3) restante zona della DOCG.

1.1.3.3 Varietà utilizzate

Nell'articolo 2 del disciplinare di produzione (DM 24 Marzo 2010) vengono indicate le varietà utilizzabili per la produzione di Amarone e Recioto della Valpolicella che sono:

- Corvina Veronese (Cruina o Corvina) dal 45 % al 95 %: è tuttavia ammesso in tale ambito la presenza del Corvinone nella misura massima del 50%, in sostituzione di una pari percentuale di Corvina;
- Rondinella dal 5 % al 30 %.

Inoltre possono essere utilizzati, fino ad un massimo del 15%, tutti i vitigni non aromatici a bacca rossa ammessi alla coltivazione nella provincia di Verona e con un limite del 10 % i vitigni classificati autoctoni italiani ai sensi della legge n. 82/06, che per la provincia di Verona individuano tra gli altri la Molinara, la Dindarella, l'Oseletta e la Turchetta.

1.1.3.3.1 *Corvina*

Vitigno autoctono veronese diffuso nella zona del Valpolicella, del Bardolino e del Garda Orientale. Le sue origini sono sconosciute anche se le prime notizie sulla sua coltivazione nella zona risalgono all'800 ad opera del Pollini.

Dal punto di vista ampelografico si presenta con:

Apice: di forma media, lanuginoso, biancastro, talvolta con leggere sfumature rosa.

Tralcio: Asse del germoglio leggermente curvo, con sezione trasversale circolare, superficie liscia, glabra, color verde chiaro con leggere sfumature marrone. Quando lignificato si presenta robusto con internodi lunghi (10 cm circa), striati, di color nocciola-rossastro; nodi non molto evidenti, con sfumature violacee; gemme schiacciate, non molto sporgenti.

Viticci: bifidi e trifidi, numerosi, continui verso la parte distale del tralcio.

Foglia: di grandezza media, pentagonale, quinquelobata; seno peziolare a U o a lira, per lo più aperto; seni laterali superiori molto profondi con bordi sovrapposti; seni laterali inferiori profondi; angolo alla sommità del lobo terminale retto; lobi marcati, piegati un po' a gronda; lembo un po' ondulato; pagina superiore di color verde intenso, liscia ed opaca; pagina inferiore grigio-verde, aracnoidea; nervature sporgenti e che traspaiono superiormente, verdi, talvolta rosate alla base. Denti molto pronunciati, irregolari, acuti.

Picciolo: corto, di medio spessore, glabro, roseo.

Infiorescenza: di grandezza media (lunga 15 cm circa), piuttosto compatta.

Grappolo a maturità industriale: di media grandezza, lungo, cilindrico-piramidale, con un'ala spesso lunga (ed in tal caso prende il nome di "Corvina doppia" della quale molti agricoltori parlano come di una varietà), piuttosto compatto; peduncolo visibile, legnoso all'attacco, di media grossezza, leggermente rosato; pedicelli mezzani, sottili, talvolta

rosati; cercine molto evidente, liscio di color rosso-vinoso intenso; pennello grande violaceo.

Acino: medio (mm 15), ellissoidale; buccia di color blu-violetto, molto pruinosa, spessa, molto consistente, un po' astringente, con ombelico persistente; polpa sciolta di sapore semplice e dolce.

Vinaccioli: in numero di 2-3 per acino, di media grandezza, di forma allungata.



Figura 1. 3: Foglia di Corvina.

Le fasi fenologiche della Corvina nel Veneto sono:

Germogliamento: tardivo.

Fioritura: media.

Invaiaatura: media.

Maturazione dell'uva: III-IV epoca (metà Settembre - inizio Ottobre).

Infine, dal punto di vista agronomico, la Corvina ha una buona vigoria con una produzione ottima e costante, solitamente il primo germoglio fruttifero è posizionato tra la 2^a e 3^a gemma, per questo predilige potature medie, sui germogli sono presenti 1-2 inflorescenze. (da *Registro nazionale delle Vareità di vite, MIPAF*)

1.1.3.3.2 Corvinone

Vitigno erroneamente considerato un biotipo della Corvina che grazie alle moderne tecniche di analisi molecolare è stato possibile identificare. Il Corvinone, comunque, presenta molte differenze con la Corvina anche dal punto di vista ampelografico (es. foglia) e morfofisiologico.

Dal punto di vista ampelografico presenta:

Apice: globoso ed espanso, pubescente, verde.

Germoglio: verde chiaro, con sezione trasversale circolare. Quando lignificato si presenta molto robusto con diametro maggiore rispetto alla Corvina.

Foglia: grande, allungata, pentagonale, pentalobata; seno peziolare a V aperto con spesso bordi delimitati per un breve tratto dalle nervature; seni laterali superiori profondi, a lira molto chiusa, quelli inferiori ad U o V poco profondi; pagina inferiore glabra, leggermente bollosa; dentatura evidente.

Grappolo a maturità industriale: grande (più di quello della Corvina), piramidale, semicompatto, alato con una o due ali.

Acino: grosso, ellissoidale; buccia pruinosa e di buona consistenza, colore blu scuro – violaceo, polpa succosa, di sapore semplice.

Il Corvinone presenta una vigoria media ed un germogliamento tardivo (simile a quello della Corvina) ma con una maturazione che solitamente si colloca una settimana dopo quella della Corvina. (da *Registro nazionale delle Vareità di vite, MIPAF*)

1.1.3.4 Forme di allevamento diffuse

Essendo la *Vitis vinifera* una specie a portamento sarmentoso la sua architettura viene modificata dall'uomo in strutture di diversa forma a seconda delle tradizioni e dei caratteri pedoclimatici del luogo oltre che delle esigenze quanti-qualitative. Negli ultimi venti anni si è aggiunto a questi l'esigenza di ridurre i costi di gestione rendendo più agevoli, ed in alcuni casi meccanizzabili, le operazioni colturali.

Pertanto con forma di allevamento si intende la “modalità di occupazione dello spazio aereo e di distribuzione della vegetazione e dei grappoli nel volume assegnato a ciascuna pianta” (Fregoni, 2005).

La forma di allevamento e il tipo di potatura influiscono sulla percentuale di germogliamento, sul vigore dei germogli, sulla fertilità delle gemme, sulle caratteristiche delle infiorescenze e dei grappoli e su tutti i componenti che definiscono la qualità del mosto (Pisciotta *et al.*, 2004; Baeza *et al.*, 2005; Reynolds e Heuvel, 2009).

Nella zona del Valpolicella, come riportato nell'articolo 4 del disciplinare, sono diffuse principalmente due forme di allevamento per la coltivazione sia della Corvina che del Corvinone: il Guyot e la Pergola Veronese.

1.1.3.4.1 Guyot

Il Guyot è la forma di allevamento a tralcio rinnovato più diffusa al mondo. I principali motivi che ne hanno facilitato la diffusione sono la semplicità di potatura, l'idoneità a realizzare impianti ad alta densità e la possibilità di vendemmia meccanica (Baldini e Intrieri, 2004).

Il Guyot è una forma di potatura mista con tralcio rinnovato e sperone, per le sue caratteristiche a ridotta espansione si presta bene ai terreni di scarsa fertilità e più

siccitosi di collina. Anche in pianura il suo impiego è abbastanza diffuso dove, però, devono essere messe in atto pratiche volte al contenimento dello sviluppo vegetativo.

Solitamente la pianta presenta un tronco di 70 – 120 cm di altezza, anche se in alcune zone ci si abbassa fino a 30 cm, sul quale è inserito un capo a frutto di 6 – 10 gemme ed uno sperone di 1 o 2 gemme, che ha lo scopo di dare i rinnovi per l'anno seguente. Il capo a frutto è disteso, orizzontalmente od ad archetto.

I tralci allevati perpendicolari al terreno vengono sostenuti da una serie di fili o doppi fili formanti gabbie, distanziati di 30-40 cm circa.

Nel Guyot classico i sesti d'impianto sono variabili, spaziando da 2.0 – 3.0 m tra i filari e 0.80 – 1.2 m sulla fila, in dipendenza della vigoria, del vitigno, del portainnesto e della fertilità del terreno.

La normale carica di gemme si aggira sulle 50-80'000 gemme per ettaro (Fregoni, 2005). I grappoli con questa forma di allevamento sono per la maggior parte esposti al sole (Reynolds e Heuvel, 2009) con il rischio, in annate caratterizzate da elevati livelli di irradiazione solare, di scottature in grado di comprometterne la qualità complessiva.

Il Guyot, essendo una forma di allevamento a spalliera, si presta molto bene alla meccanizzazione della potatura verde e della vendemmia. Tuttavia nella zona del Valpolicella questo aspetto è di marginale importanza in quanto l'uva destinata all'appassimento deve necessariamente essere vendemmia a mano.

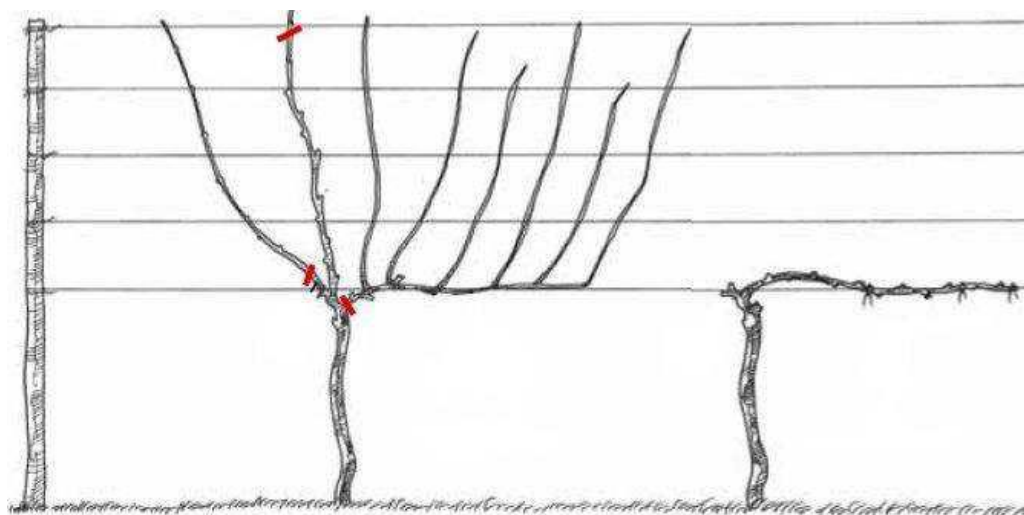


Figura 1.4: Caratteristiche strutturali del Guyot e schema di potatura invernale.

1.1.3.4.2 Pergola

La Pergola può essere considerata una delle evoluzioni più interessanti della vite allevata maritata a un tutore vivo e contraddistinta da una potatura lunga, come risposta alla necessità di dare sfogo alla vigoria del vitigno (Castaldi, 2012).

Questa forma di allevamento consente di raggiungere un buon equilibrio vegeto-produttivo anche nei terreni fertili e dotati di buona disponibilità idrica. Quindi la sua diffusione è maggiore nelle zone pianeggianti. È comunque presente anche in ambienti collinari dove le foglie riescono ad intercettare la massima radiazione solare che altrimenti potrebbe essere un fattore limitante.

La struttura di sostegno della pergola è costituita da pali e fili che formano un piano orizzontale (tradizionale) o inclinato (pergola trentina) sul quale sono legati i capi a frutto. Come caratteristica comune tutte le pergole presentano un tetto a circa 2 metri di altezza dal suolo dove la vegetazione si adagia e i grappoli pendono liberi per gravità verso il basso (Balsari e Scienza, 2003).

La potatura prevede l'eliminazione dei tralci che hanno prodotto e la loro sostituzione con tralci di un anno originatisi alla sommità del ceppo che ha un'altezza di circa 2 m,

sul quale vengono lasciati alcuni speroni da 1 – 3 gemme. I tralci prescelti vengono posizionati sui fili di sostegno e legati. In funzione degli obiettivi produttivi e qualitativi a cui si mira, nelle pergole si incide sul carico di gemme lasciando un numero variabile di tralci che oscilla tra un minimo di 1 ed un massimo di 4.

I sestri d'impianto sono molto ampi nel caso della pergola tradizionale (4 x 1,2 m) mentre scendono su valori di 3,5 x 0,8 m nel caso di impianti a pergoletta (Castaldi, 2012).

Uno dei principali limiti di questa forma di allevamento è la scarsa meccanizzazione di tutte le operazioni (potatura invernale, potatura verde e vendemmia) anche se nei moderni impianti a pergoletta le operazioni di cimatura possono essere eseguite a macchina. Un ulteriore aspetto negativo di questa forma di allevamento, dovuto però all'uomo, è che spesso nelle operazioni di potatura vengono lasciate troppe gemme per ceppo con un inevitabile decadimento qualitativo delle uve che può arrivare anche ad un insufficiente accumulo di zuccheri.

Aspetti indubbiamente positivi sono, come già detto, l'ottima intercettazione luminosa della parete fogliare disposta orizzontalmente (Reynolds e Heuvel, 2009), ed il conseguente ombreggiamento dei grappoli che consente di evitare fenomeni di scottatura e di compromissione del contenuto polifenolico delle uve causato dalle elevate temperature raggiunte dagli acini esposti direttamente ai raggi solari. Infine l'ottimo arieggiamento dei grappoli limita la comparsa di *Botrytis cinerea*. Le operazioni di vendemmia manuale e la selezione dei grappoli da destinare all'appassimento risultano facilitate dalla disposizione degli stessi.

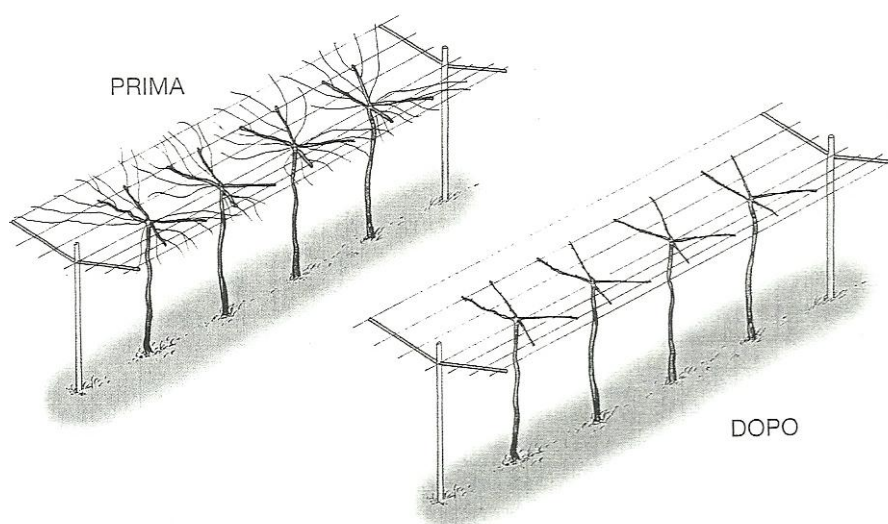


Figura 1.5: Pergoletta doppia prima e dopo la potatura (Castaldi, 2012).

1.2 MODIFICAZIONI DELL’UVA DURANTE L’APPASSIMENTO

L’aspetto più importante da tenere in considerazione per comprendere le modifiche che avvengono all’uva durante la fase di appassimento è che, come avviene in molti altri frutti carnosi, l’uva una volta staccata dalla pianta madre mantiene i suoi tessuti integri e metabolicamente attivi fino a che non giunge la morte cellulare (Bellincontro *et al.*, 2009). Il metabolismo dell’acino in questa fase è comunque ben diverso da quello che aveva prima del suo distacco dalla pianta e ciò è dovuto sia all’assenza dei flussi di acqua, nutrienti ed energia provenienti dalla pianta, sia alle condizioni ambientali del periodo post-raccolta. Per le cellule la fase di appassimento corrisponde ad uno stato assimilabile allo stress idrico (Costantini *et al.*, 2006; Bellincontro *et al.*, 2009; Mencarelli *et al.*, 2010), infatti si registra un picco di sintesi di ABA che rappresenta la prima pronta risposta della cellula alla nuova situazione di stress; l’ABA viene

sintetizzato con lo scopo di mantenere il turgore cellulare attraverso la chiusura degli stomi (Costantini *et al.*, 2006).

Nonostante ciò il principale fenomeno che avviene durante l'appassimento è la diminuzione del volume e del turgore cellulare causato dalla perdita di acqua. Lo studio della cinetica di disidratazione di numerose varietà ha fatto emergere come questa sia lineare fino ad un calo del peso iniziale del 40% (Mencarelli *et al.*, 2010; Giacosa *et al.*, 2012), oltre tale valore la cinetica è invece descritta da una relazione esponenziale (Barbanti *et al.*, 2008). Questo andamento è stato riscontrato anche per Corvina e Corvinone indipendentemente dalla velocità di disidratazione (Barbanti *et al.*, 2008).

La perdita di acqua da parte della bacca comporta marcate variazioni della composizione dell'acino dovute ad effetti di concentrazione dei succhi cellulari e dei soluti.

1.2.1 ZUCCHERI

L'effetto più marcato avviene a carico della più importante classe di composti solubili contenuti nell'acino, ovvero gli zuccheri.

Il loro incremento è dovuto principalmente ad un effetto concentrativo, durante la fase di appassimento non avviene nessun fenomeno di sintesi (Bellincontro *et al.*, 2004; Costantini *et al.*, 2006; Bellincontro *et al.*, 2009). Il rapporto glucosio/fruttosio varia durante l'appassimento. Questo rapporto è superiore a uno prima della maturazione, nel frutto maturo il valore si attesta attorno all'unità (Coombe, 1992), ma nel frutto sovramaturo e in fase di appassimento diventa inferiore a uno (Tonutti e Mencarelli, 2005). Il cambiamento a carico del rapporto glucosio/fruttosio nel corso della maturazione e sovraturazione è da imputare principalmente alla respirazione che utilizza preferibilmente come substrato il glucosio. In corrispondenza di una disidratazione post-raccolta è stato osservato un aumento della velocità di respirazione

sia in uve Malvasia (Costantini *et al.*, 2006) che Aleatico (Bellincontro *et al.*, 2006). Inoltre con una perdita di peso del 10-15% le bacche passano da un metabolismo aerobico ad uno di tipo anaerobico che induce un aumento della glicolisi e quindi un più elevato consumo del substrato preferibilmente utilizzato, ovvero il glucosio (Bellincontro *et al.*, 2004).

1.2.2 ACIDI

L'acidità organica, come per gli zuccheri, non è influenzata solamente dall'aspetto concentrativo, ma sia l'acido malico che il tartarico vengono interessati da processi metabolici (es. respirazione) e di precipitazione (es. salificazione). Questi cambiamenti possono risultare di diversa intensità in funzione del momento considerato e dell'intensità di disidratazione. In letteratura sono presenti dati variabili che riportano, in seguito ad appassimento, sia lievi incrementi di acidità totale dovuti soprattutto alla concentrazione di acido tartarico (Cancellier e Michelet, 1994) che diminuzioni, mai comunque troppo marcate, dovute principalmente ad una lieve diminuzione dell'acido malico (Di Stefano *et al.*, 1997; Di Stefano *et al.*, 2001). Considerato che il rapporto acido tartarico/acido malico aumenta durante l'appassimento, è ipotizzabile che l'entità del metabolismo dell'acido malico sia superiore all'effetto concentrazione causato dalla traspirazione. È importante considerare che la demolizione del malato nel citosol e la formazione di etanolo via piruvato è una reazione chiave nel prevenire acidificazioni letali nei tessuti vegetali e ciò sembra particolarmente importante nel momento in cui, a causa della disidratazione, si verifica una concentrazione dei succhi cellulari (Tonutti e Mencarelli, 2005).

Il rapporto zuccheri/acidi nella bacca aumenta durante l'appassimento (Tonutti e Mencarelli, 2005).

1.2.3 I METABOLITI SECONDARI

Oltre ai composti del metabolismo primario notevole importanza rivestono i metaboliti secondari presenti nelle diverse parti della bacca, principalmente buccia, nel definire alcuni aspetti qualitativi ed organolettici dei vini (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2004). In seguito ad appassimento il contenuto di questi composti varia conferendo alle uve caratteristiche diverse da quelle di partenza.

Fino a qualche anno fa si affermava che l'appassimento provocava una diminuzione di antociani, flavani, acidi idrossicinnamici legati all'acido tartarico e flavonoli (Borsa e Di Stefano, 2000). Ora appare evidente che le variazioni di questi composti durante l'appassimento sono diverse in relazione alla categoria di polifenoli considerata e soprattutto in funzione delle cinetiche in cui questo è avvenuto (Bonghi *et al.*, 2012).

Come già riportato la bacca staccata dalla pianta è metabolicamente attiva per un periodo variabile a seconda della varietà considerata e delle condizioni di stoccaggio fino a che non sopraggiunge la morte cellulare. In quanto metabolicamente attiva, la bacca reagisce a sollecitazioni endogene ed esogene quali ad esempio la disidratazione. In risposta allo stress idrico, nelle prime fasi di appassimento, si registra un accumulo dei polifenoli (Versari *et al.*, 2001; Frangipane *et al.*, 2005; Frangipane *et al.*, 2007; Mencarelli *et al.*, 2010) di nuova sintesi confermato anche dall'aumento dei trascritti della loro via di sintesi (Zamboni *et al.*, 2008; Rizzini *et al.*, 2009).

In una seconda fase si manifesta un processo ossidativo dei polifenoli che porta ad una loro diminuzione (Frangipane *et al.*, 2005; Mencarelli *et al.*, 2010) e ciò avviene quando le pareti cellulari perdono la loro funzionalità e le cellule non sono più metabolicamente attive. La morte cellulare avviene solitamente in corrispondenza di un calo in peso degli acini del 20 %, ma questo fenomeno può manifestarsi prima (calo in peso del 10 %) quando la cinetica di disidratazione è più rapida (Bellincontro *et al.*, 2009).

Il quadro dei rapporti quantitativi fra i composti fenolici prima e dopo l'appassimento varia in quanto i processi degradativi di queste molecole sono differenti; ad esempio è noto che gli acidi idrossicinnamici legati all'acido tartarico sono i composti fenolici della buccia maggiormente interessati ai fenomeni di ossidazione durante la disidratazione post-raccolta (Di Stefano *et al.*, 1997; Borsa e Di Stefano, 2000). La velocità di decomposizione di peonidina e malvidina in bucce della cv Red Globe (*V. vinifera*) è invece risultata essere proporzionale alla durata ed alla temperatura (da 24 a 40°C) di conservazione (Morais *et al.*, 2002).

Prove condotte conservando uva della Cv. Aleatico a tre diverse temperature: 10, 20 e 30 °C hanno evidenziato come a queste corrisponda una diversa cinetica di disidratazione che determina un profilo polifenolico profondamente diverso tra le tre situazioni. Se l'uva conservata a 10°C ha mantenuto inalterato il suo contenuto in antociani, quella posta a 20°C ha fatto registrare un incremento in composti antiossidanti (stilbeni, catechine e quercitina), infine è stato osservato che la temperatura di 30°C ha determinato un decadimento qualitativo delle uve compromettendone completamente il profilo polifenolico (Mencarelli *et al.*, 2010).

In Corvina l'accumulo di trans-resveratrolo durante l'appassimento è legato all'espressione del gene della stilbene sintetasi (STS). L'espressione di questo gene e la conseguente sintesi di trans-resveratrolo è indotta da appassimenti lenti e naturali senza pratiche di forzatura che fanno raggiungere un picco nell'accumulo di questa sostanza 74 giorni dopo la vendemmia. Sia le basse che le alte temperature di appassimento non inducono alcun aumento della trascrizione di STS; al contrario un breve shock termico di 36 ore nelle prime fasi di appassimento porta ad una maggior sintesi di trans-resveratrolo 60 giorni dopo la vendemmia (Versari *et al.*, 2001).

Monitorando l'attività enzimatica delle lipossigenasi (LOX) durante l'appassimento è stato riscontrato un loro incremento nelle prime fasi di disidratazione che raggiunge un picco massimo in corrispondenza del 12% del calo in peso: questo enzima ha un importante ruolo ossidativo nei confronti dei lipidi e la sua attività induce la formazione di composti volatili C6; inoltre l'accumulo di proteine e di prolina confermano la presenza di specifici processi metabolici attivati durante la disidratazione delle uve (Costantini *et al.*, 2006).

1.3 LA CINETICA DI APPASSIMENTO

Alla luce delle modifiche a carico dell'uva durante l'appassimento risulta evidente come diverse cinetiche di disidratazione determinino differenti cambiamenti nella composizione delle bacche. Sperimentazioni eseguite comparando diverse intensità di disidratazione raggiunte modificando l'ambiente di appassimento hanno evidenziato che aumentando la velocità di disidratazione si può modificare il contenuto dei composti aromatici (Bellincontro *et al.*, 2004) e dei polifenoli (Versari *et al.*, 2001; Frangipane *et al.*, 2007; Mencarelli *et al.*, 2010).

Risulta quindi fondamentale conoscere tutti gli aspetti che determinano diverse cinetiche di disidratazione.

La velocità con cui un frutto perde acqua, assumendo che la pressione di vapore negli spazi intercellulari del frutto sia vicina alla saturazione, è calcolabile con la seguente equazione:

$$r_{H_2O} = A \cdot P_{H_2O} \cdot \Delta p_{H_2O}$$

dove:

r_{H_2O} è la velocità di perdita d'acqua dalla bacca ($\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$);

A è la superficie del frutto (m^2);

P_{H_2O} è la permeabilità della superficie del frutto al movimento del vapore acqueo ($\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{Pa}^{-1}$);

Δp_{H_2O} è la differenza di pressione di vapore fra l'interno e l'esterno del frutto (Pa).

Fattori quali la dimensione della bacca (rapporto superficie/volume), la tipologia dei tessuti dermici (spessore delle cellule e della pruina) e le condizioni ambientali (temperatura, umidità relativa e pressione atmosferica) giocano un ruolo fondamentale nella modulazione di tale processo (Tonutti e Mencarelli, 2005).

La cinetica di appassimento è condizionata quindi da diversi fattori che possono essere suddivisi in due tipologie, da un lato le condizioni ambientali del locale di appassimento e dall'altro le caratteristiche fisico-chimiche e morfologiche dell'uva.

1.3.1 AMBIENTE DI APPASSIMENTO

I principali fattori legati all'ambiente di appassimento che determinano la cinetica di disidratazione sono: temperatura, umidità, pressione atmosferica e livello di ventilazione (Barbanti *et al.*, 2008; Bellincontro *et al.*, 2009).

L'entità del calo in peso durante l'appassimento aumenta all'aumentare della temperatura e diminuisce negli ambienti con umidità relativa più elevata (Barbanti *et al.*, 2008).

Nel lavoro di Barbanti *et al.* (2008) Corvina e Corvinone sono stati posti in appassimento a diverse condizioni di temperatura ed umidità ma in assenza di ventilazione. La Corvina posta a passire a diverse temperature (ad un umidità relativa del 53 %) ha raggiunto un calo in peso del 40 % dopo 21 giorni ad una temperatura di 25°C mentre per raggiungere il medesimo livello di disidratazione ad una temperatura più bassa (10°C) sono serviti 78 giorni. Un effetto della stessa entità è stato osservato anche per il Corvinone. L'effetto dell'umidità dell'ambiente è stato valutato ponendo le uve in

ambienti con la stessa temperatura (25°C) ma con livelli di umidità differenti: 53, 75 e 95 % il calo in peso del 40 % è stato raggiunto nelle tre diverse situazioni dopo 21, 46 e 65 giorni.

Essendo la cinetica di disidratazione influenzata dalla circolazione dell'aria all'interno del grappolo (Mencarelli *et al.*, 2006), risulta evidente come il livello di ventilazione dell'ambiente di appassimento sia fondamentale.

Una maggiore ventilazione causa un appassimento più rapido. Come riportato in Figura 1.6 una differenza nel livello di ventilazione sulla superficie degli acini di 1 m/s ha causato una differenza di 4 giorni nella cinetica di appassimento nel raggiungere un calo in peso del 20 % (Bellincontro *et al.*, 2009).

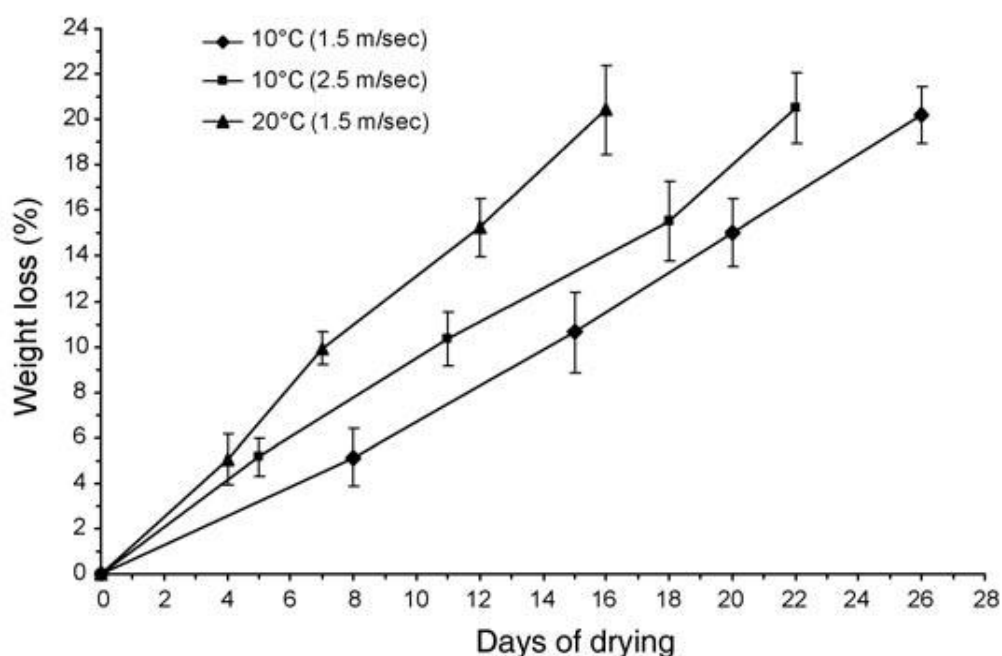


Figura 1.6: Cinetica di appassimento di Cesanese in tre differenti condizioni di temperatura e ventilazione con umidità relativa del 45 % (da Bellincontro *et al.*, 2009).

1.3.2 CARATTERISTICHE DELL'UVA CHE INFLUENZANO L'APPASSIMENTO

Le caratteristiche dell'uva che più di altre sembrano influenzare l'appassimento sono: il livello di maturazione delle uve, la dimensione degli acini, le cere epicuticolari che ricoprono l'acino, le proprietà della buccia e la compattezza dei grappoli (Barbanti *et al.*, 2008; Ramming, 2009; Muganu *et al.*, 2011; Rolle *et al.*, 2011; Giacosa *et al.*, 2012). Queste caratteristiche sono influenzate sia dalla componente genetica (varietà) che dalle pratiche agronomiche utilizzate per la coltivazione (Barbanti *et al.*, 2008; Giacosa *et al.*, 2012) oltre che dalla zona di produzione e più in generale dall'ambiente di coltivazione.

1.3.2.1 Morfologia del grappolo e dell'acino

La cinetica di disidratazione è influenzata dalla circolazione dell'aria all'interno dell'ambiente di appassimento (Mencarelli *et al.*, 2006), ed in particolare dalla velocità del flusso d'aria che circola sulla superficie degli acini (Bellincontro *et al.*, 2009). In quest'ottica la diffusione dell'aria sulla superficie degli acini viene influenzata oltre che dalle tecnologie utilizzate nell'ambiente di appassimento anche dalla conformazione del grappolo, ed in particolare dalla sua compattezza. Alcune prove condotte su varietà utilizzate per produrre l'uva passa hanno mostrato come varietà con grappoli più spargoli, che quindi consentono una buona circolazione dell'aria, abbiano una cinetica di appassimento più rapida rispetto a quelle con grappoli compatti (Ramming, 2009).

Oltre alla conformazione del grappolo anche le caratteristiche dell'acino influenzano la cinetica di disidratazione. Essendo l'appassimento un processo di diffusione dell'acqua attraverso la buccia le dimensioni dell'acino, intese come rapporto superficie volume, sono un importante parametro da considerare. In un recente lavoro condotto su uve utilizzate per la produzione di uva passa, gli acini della stessa varietà sono stati suddivisi

per dimensione, ed è stato osservato che quelli di piccole dimensioni hanno una cinetica di disidratazione più rapida rispetto a quando il rapporto superficie volume dell'acino è più basso (acini di grandi dimensioni). Le differenze nella cinetica di disidratazione tra gli acini delle differenti dimensioni sono risultate più marcata nella prima fase di appassimento (Ramming, 2009).

In un altro studio condotto su Corvina, Corvinone e Rondinella, basandosi sul fatto che le dimensioni dell'acino hanno una forte componente genetica, è stato ipotizzato che la causa delle differenti cinetiche di appassimento tra le varietà sia principalmente la dimensione degli acini. Gli autori concludono che la cinetica di appassimento delle uve è tanto più lenta quanto più grossa è la dimensione degli acini. Infatti come riportato nella Figura 1.7 a parità di condizioni di umidità e temperatura la dimensione degli acini, in questo lavoro valutata come il rapporto tra superficie e volume dell'acino (S/V), ha un importante effetto sul tasso di perdita d'acqua giornaliera in tutti e quattro gli intervalli di tempo considerati, ovvero: 10, 15, 20 e 25 giorni dopo la vendemmia. (Barbanti *et al.*, 2008).

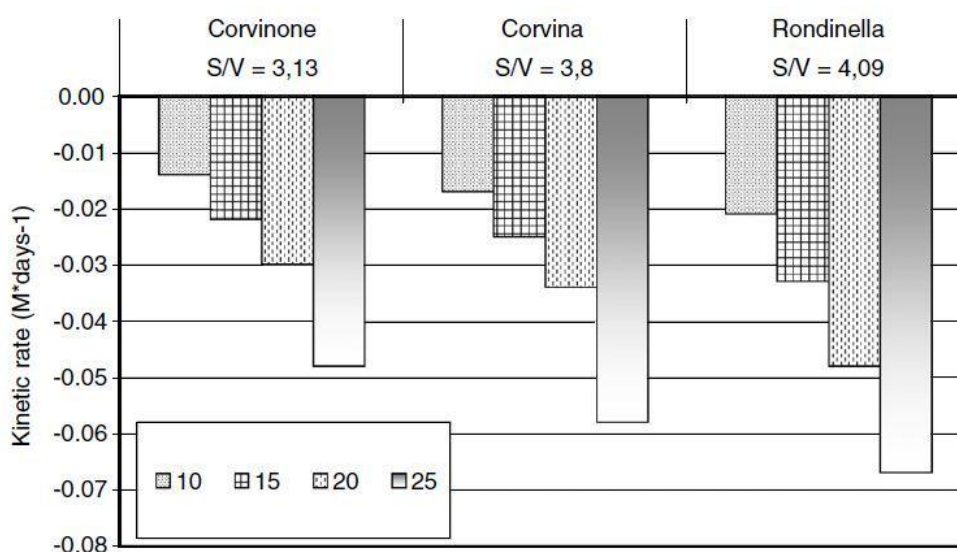


Figura 1.7: Cinetica di appassimento di tre varietà con acini di diverse dimensioni a 4 differenti intervalli di tempo dopo la vendemmia (da Barbanti *et al.*, 2008).

Oltre che dalla componente genetica dimensione degli acini e compattezza del grappolo possono essere influenzate dall'utilizzo di diverse pratiche agronomiche. In particolare è stato osservato che diverse forme di allevamento possono influenzare la compattezza dei grappoli, forme di allevamento con un minor numero di gemme solitamente portano a grappoli più compatti, e quindi più suscettibili a muffe come la *Botrytis* (Zabadal e Dittmer, 1998). Inoltre la gestione della chioma può influenzare sensibilmente la compattezza dei grappoli. Sfogliature precoci, eseguite in pre-fioritura, causando una diminuzione sia della percentuale di allegagione che della dimensione degli acini hanno l'effetto di rendere i grappoli più spargoli (Palliotti *et al.*, 2011; Gatti *et al.*, 2012).

Infine, anche lo stato idrico della pianta può modificare in maniera significativa la dimensione degli acini (Ojeda *et al.*, 2002; Roby e Matthews, 2004; Conde *et al.*, 2007; Chaves *et al.*, 2010). Ad esempio è stato osservato che in Cabernet Sauvignon periodi di stress idrico, sia pre che post-invaiaitura, determinino una riduzione del volume degli acini di circa il 20 %, al contrario eccessi idrici non sembrano avere un effetto di aumento del volume (Roby e Matthews, 2004).

In Shiraz periodi di stress idrico in pre-invaiaitura e post-invaiaitura hanno avuto effetti diversi, quando l'uva è stata soggetta a periodi di stress prima della fase di invaiaitura si è registrata una diminuzione delle dimensioni della bacca alla vendemmia del 40 %, mentre quando lo stress è avvenuto dopo, la riduzione è stata del 50 % (Ojeda *et al.*, 2002). In entrambi i casi l'effetto è risultato essere determinato dalla riduzione nell'accrescimento delle cellule del mesocarpo e non ad una riduzione dell'attività mitotica (Ojeda *et al.*, 2001; Conde *et al.*, 2007).

La divisione mitotica che avviene nella fase tra antesi e invaiaitura è risultata invece essere legata alla temperatura ambientale con un minimo termico di 10 °C (Ojeda *et al.*, 1999; Ojeda *et al.*, 2001).

Quindi la dimensione finale degli acini è legata in pre-ivaiaatura a temperature e disponibilità idrica, mentre nella fase di post-invaiaatura principalmente al regime idrico della pianta.

1.3.2.2 La buccia

Come già riportato la perdita d'acqua a carico degli acini è il principale fenomeno che avviene durante l'appassimento, questo processo è dominato dalla diffusione dell'acqua attraverso la buccia. La buccia ha un ruolo fondamentale nel caratterizzare il processo di appassimento regolando gli scambi gassosi con l'atmosfera, fornendo una barriera protettiva contro gli attacchi fungini e proteggendo l'acino da danni meccanici (Vazquez *et al.*, 2000; Kök e Çelik, 2004).

La buccia è pertanto costituita da un insieme eterogeneo di tessuti: epidermide e ipoderma. L'epidermide è costituito da uno a tre strati di cellule allungate in senso tangenziale il cui spessore varia a seconda della varietà. L'ipoderma a sua volta è costituito da otto a dieci strati cellulari suddivisi in due regioni differenti: una superficiale di cellule allungate ed una profonda di cellule poligonali (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2004; Schlosser *et al.*, 2008).

Lo sviluppo della bacca avviene con un andamento che può essere descritto da una doppia sigmoide, sulla quale sono state individuate tre fasi (Coombe, 1992; Conde *et al.*, 2007):

- 1) Fase erbacea (fase I);
- 2) Fase translucida e invaiatura (fase II);
- 3) Fase di maturazione (fase III).

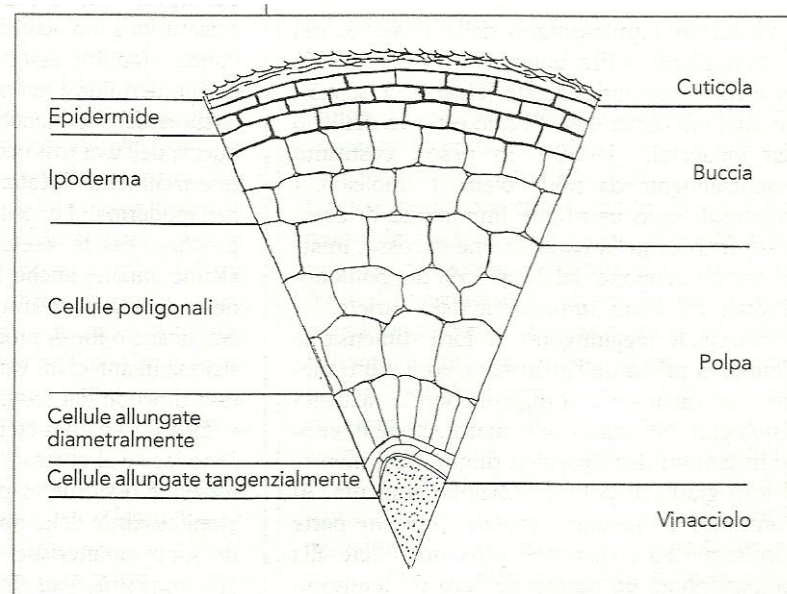


Figura 1.8: Morfologia schematica dei diversi tessuti dell'acino d'uva a maturità (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2004).

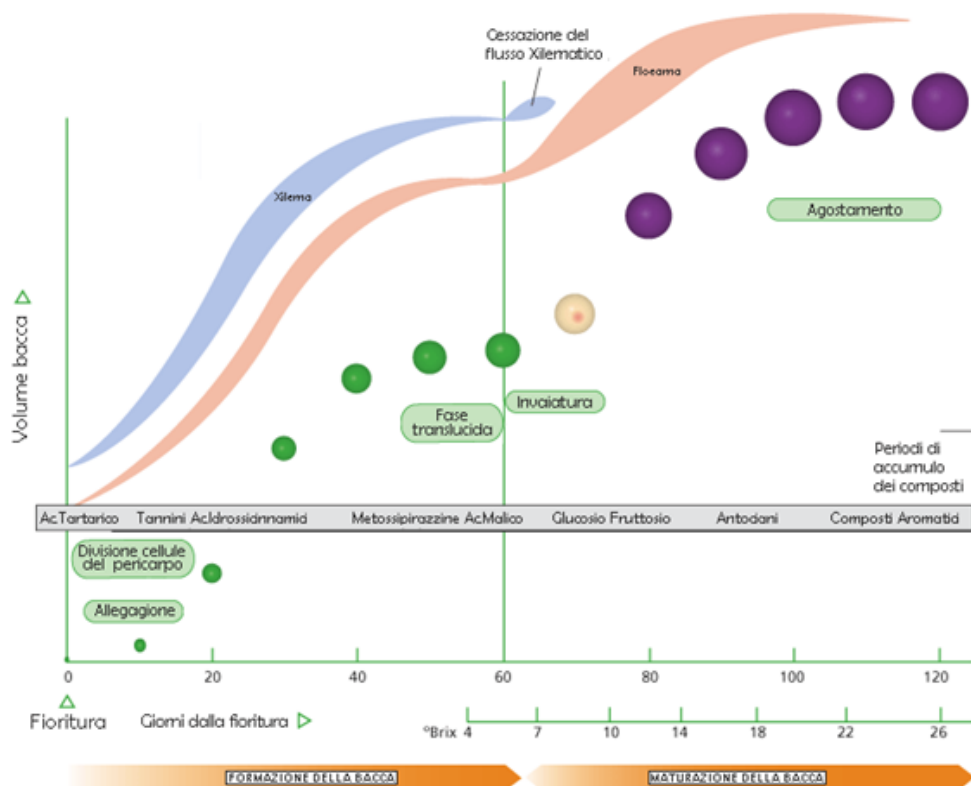


Figura 1.9: Curva di accrescimento della bacca d'uva con indicazione dei periodi di accumulo dei composti ed influenza del trasposto xilematico e floematico nella bacca (Modificato da Kennedy, 2002).

Le tre fasi durano complessivamente da 70 a 120 giorni, secondo la precocità o tardività di maturazione dei vitigni (Fregoni, 2005).

Dopo la fioritura, con la fecondazione (o con la stenospermocarpia o la partenocarpia) e i relativi stimoli ormonali, le cellule dell'ovario del fiore iniziano la divisione cellulare ed il proprio accrescimento, portando alla formazione della bacca (*allegagione*).

Da alcune osservazioni su Cabernet Sauvignon nella fase I la bacca incrementa il proprio peso di oltre il 250 %, questo incremento è principalmente dovuto all'incremento delle cellule del mesocarpo che espandendosi in tutte le direzioni (sia tangenziale che longitudinale) incrementano il loro peso di oltre il 160 %. Le cellule dell'epidermide e dell'ipoderma si espandono solamente in maniera tangenziale portando ad un incremento del 15% e del 33% rispettivamente (Figura 1.10) (Schlosser *et al.*, 2008).

Nella fase II, periodo di stasi della curva di accrescimento a doppia sigmoide che termina con l'invaiaatura, in Cabernet Sauvignon non è stato osservato alcun cambiamento nelle cellule dell'ipoderma e del mesocarpo ma al contrario è stata riscontrata una leggera riduzione in volume delle cellule dell'epidermide denotato da un assottigliamento delle stesse (Figura 1.10) (Schlosser *et al.*, 2008).

Nella fase di maturazione le cellule del mesocarpo riprendo il loro accrescimento mentre quelle dell'epidermide e del ipoderma diminuiscono le loro dimensioni in maniera inversamente proporzionale all'accrescimento di quelle del mesocarpo.

Per quanto riguarda le pareti cellulari sia quelle delle cellule dell'epidermide che dell'ipoderma incrementano notevolmente nella fase I. Verso la fine della fase III, a maturazione, le pareti delle cellule dell'epidermide si sono ulteriormente inspessite mentre quelle dell'ipoderma hanno mostrato un leggero assottigliamento (Figura 1.10) (Schlosser *et al.*, 2008).

Lo spessore della buccia è fortemente influenzato dalla componente genetica e varietale, infatti diverse varietà hanno uno spessore della buccia differente (Letaief *et al.*, 2008), questo è dovuto al fatto che il numero di strati cellulari dell'ipoderma varia in maniera consistente a seconda della varietà (Considine e Knox, 1979; Roudot, 2006; Hardie *et al.*, 2008). Il clima e l'ambiente di coltivazione influenzano lo spessore della buccia (Letaief *et al.*, 2008; Porro *et al.*, 2008; Rolle *et al.*, 2012b). Per sette varietà a bacca rossa coltivate in Piemonte la buccia è risultata essere più sottile in annate più fredde (Letaief *et al.*, 2008), questo aspetto sembrerebbe essere correlato all'andamento delle temperature massime (Rolle *et al.*, 2012a). Riguardo alla zona di coltivazione il Nebbiolo coltivato in zone montuose ha mostrato bucce più spesse di oltre il 20 % rispetto a quello coltivato in pianura (Rolle *et al.*, 2006). Anche lo stato idrico della pianta sembrerebbe avere un importante ruolo sullo spessore della buccia, viti di Lambrusco a foglia frastagliata in situazione di stress idrico dopo l'invaiaatura hanno presentato bucce più spesse rispetto a viti bene irrigate (Porro *et al.*, 2008). Questo è stato confermato anche da osservazioni al microscopio in quanto il numero di strati cellulari delle due tesi era identico ma la dimensione delle pareti cellulari è risultata essere maggiore negli acini stressati. Inoltre nella piante stressate è stata osservata una traslocazione del calcio dalle foglie agli acini, e considerando l'importanza di questo macroelemento nelle pareti delle cellule, ciò sembrerebbe una risposta fisiologica della pianta allo stress idrico; in pratica piante stressate inspessiscono le pareti delle cellule della buccia allo scopo di limitare gli effetti dello stress idrico (Porro *et al.*, 2008). Questo tipo di comportamento è confermato anche dal fatto che in situazioni di stress la buccia degli acini è più pesante (Ojeda *et al.*, 2002; Roby e Matthews, 2004). Un effetto diametralmente opposto è stato riscontrato quando lo stress idrico avviene in pre-invaiaatura, in questo caso la sintesi di ABA da parte delle bacche, riducendo l'efficienza

fotosintetica, inibisce la divisione cellulare, propria delle prime fasi di sviluppo del frutto, provocando quindi un probabile assottigliamento della buccia dovuto ad un numero di strati cellulari inferiore (Chaves *et al.*, 2010).

Anche il microclima del grappolo determina differenze nello spessore della buccia. Gli acini all'interno della chioma, caratterizzati da temperature più basse e da una minore esposizione ai raggi luminosi, presentano bucce più sottili rispetto a quelli più esposti. Questo comportamento è legato al maggior numero di strati cellulari che compongono la buccia (Muganu *et al.*, 2011) e quindi probabilmente ad una maggiore divisione cellulare nelle prime fasi di sviluppo dell'acino. Un analogo comportamento è stato osservato in seguito a sfogliature eseguite in pre-fioritura, che aumentando il livello di esposizione e di conseguenza le temperature sin dalle prime fasi di formazione dell'acino, hanno favorito la divisione cellulare nella prima fase di formazione del frutto determinando bucce più spesse (Gatti *et al.*, 2012).

Non per tutte le varietà lo spessore della buccia è correlato con la sua durezza, ovvero non sempre acini con buccia più spessa presentano una maggiore resistenza alla rottura (Letaief *et al.*, 2008). Corvina e Corvinone non presentano questa correlazione, infatti la Corvina, nonostante la buccia più sottile, ha una maggiore resistenza alla rottura rispetto al Corvinone (Giacosa *et al.*, 2012). In un recente lavoro è stata valutata l'influenza della durezza della buccia sulla cinetica di appassimento di 39 diverse varietà tra cui anche Corvina e Corvinone. Gli autori sono riusciti ad elaborare un'equazione in grado di stimare la perdita di peso giornaliera sulla base di Temperatura e Umidità dell'ambiente di appassimento e forza di rottura della buccia espressa in Newton. Confrontando acini della stessa varietà (Erbaluce) suddivisi in due categorie di durezza della buccia è risultato evidente che quelli con bucce più morbide hanno mostrato una cinetica di appassimento più rapida in particolar modo a basse temperature di appassimento (15°C).

Nello stesso lavoro dal confronto tra le diverse varietà è però emerso come varietà con bucce più dure in alcuni casi appassiscano più velocemente di quelle con bucce più morbide, è questo il caso di Corvina e Corvinone. La Corvina, nonostante la buccia più dura, è appassita più velocemente del Corvinone (Giacosa *et al.*, 2012). Questo indica come la cinetica di appassimento sia determinata anche ad altre caratteristiche dell'uva legate alla componente genetica come lo spessore della buccia, la quantità di cere e la dimensione degli acini.

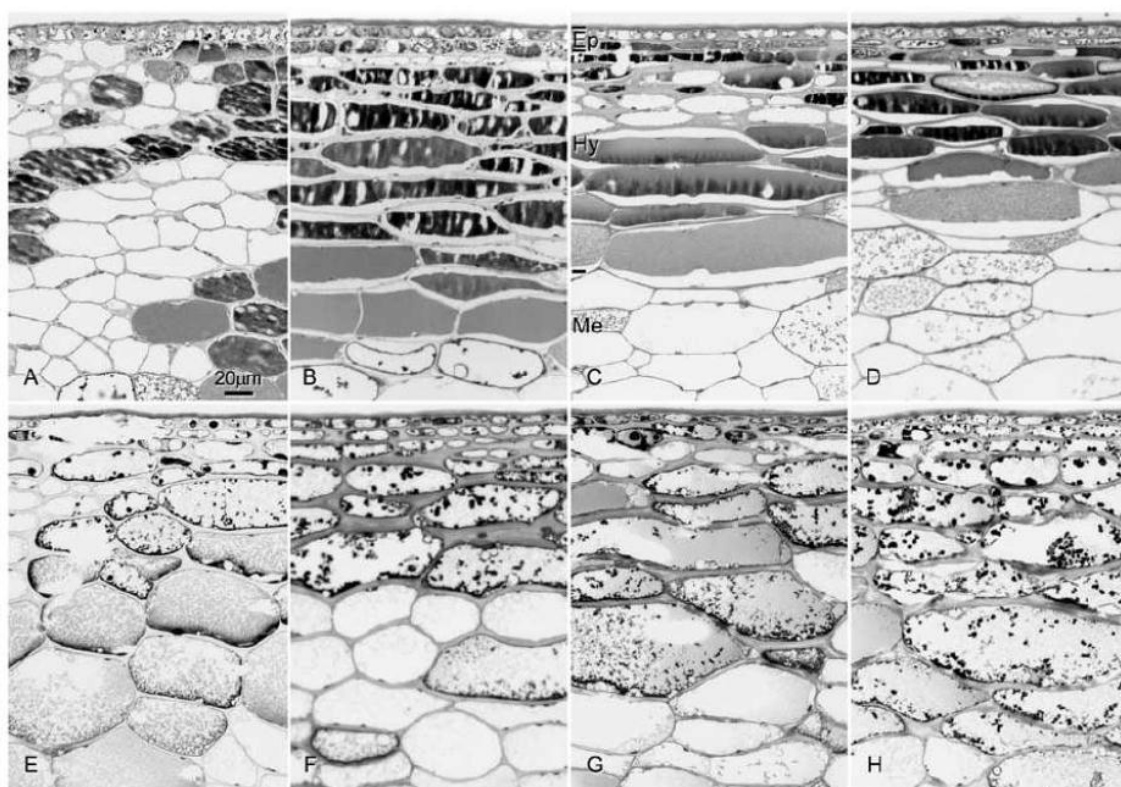


Figura 1.10: Sviluppo degli strati di epidermide e ipoderma in Cabernet Sauvignon a: 15 (A), 28 (B), 42 (C), 56 (D), 71 (E), 85 (F), 99 (G) e 112 (H) giorni dopo la fioritura (da Schlosser *et al.*, 2008).

1.3.2.3 Cere epicuticolari

La cuticola è una membrana protettiva che ricopre tutti i tessuti vegetali e quindi anche la buccia delle bacche di *Vitis vinifera* (Gabler e Mackey, 2003). Quando presenti gli

stomi sono la via privilegiata per la perdita di acqua dei tessuti, negli acini d'uva questi però sono praticamente assenti e comunque perdono la loro funzionalità a partire dall'invaiaitura (Blanke e Leyhe, 1987; Fregoni, 2005). Per questo motivo la cuticola può essere considerata la principale regolatrice della perdita di acqua dalle bacche (Rogiers *et al.*, 2004).

Il peso della cuticola espresso per unità di superficie di buccia si riduce in maniera significativa fino all'invaiaitura per poi rimanere costante nelle successive fasi (Commenil *et al.*, 1997; Casado e Heredia, 2001). È stato osservato inoltre che il peso della cuticola di acini all'ombra è maggiore di quelli esposti al sole (Rosenquist e Morrison, 1989).

Questa membrana è costituita da cutina, polisaccaridi e cere epicutcolari (Commenil *et al.*, 1997); quest'ultime si trovano sulla superficie della cuticola (Figura 1.8), e grazie alla loro composizione costituiscono la barriera protettiva contro la perdita di acqua (Shepherd e Wynne Griffiths, 2006). Le cere epicutcolari sono costituite da acido oleanoico, alcoli grassi, acidi grassi, idrocarburi, aldeidi ed esteri (Tabella 1.1) (Commenil *et al.*, 1997; Casado e Heredia, 1999). Contrariamente a quanto osservato per la cuticola le cere epicutcolari aumentano fino all'invaiaitura per poi andare incontro ad una lieve diminuzione che si protrae fino all'epoca della vendemmia (Rogiers *et al.*, 2004). L'entità di questa diminuzione, però, sembrerebbe essere varietà specifica (Commenil *et al.*, 1997) e non tutti gli autori riportano una diminuzione in post-invaiaitura (Casado e Heredia, 2001). Infatti su questo fenomeno intervengono, oltre al fattore genetico, anche fattori ambientali infatti una maggiore riduzione della quantità di cere epicutcolari è stata osservata negli acini interni alla chioma (all'ombra) rispetto a quelli più esposti (Muganu *et al.*, 2011). L'effetto ambientale è stato studiato più approfonditamente sulle foglie di numerose specie ed è emerso che all'aumentare

dell'irradiazione solare si riscontrano aumenti della quantità di cere, mentre a temperature più alte è corrisposta una loro diminuzione (Shepherd e Wynne Griffiths, 2006). Periodi di stress idrico provocano un rapido aumento della sintesi di cere che ricoprono gli organi della pianta, ciò è stato osservato soprattutto in specie presenti ambienti in molto aridi (Shepherd e Wynne Griffiths, 2006).

Tabella 1.1: Percentuale di composizione delle cere epicuticolari isolate da bacche mature di *Vitis vinifera* (da Casado e Heredia, 1999).

Compound	Percentage of mass (%)
Oleanolic acid	29.7
<i>n</i> -Fatty alcohols	
C ₂₂	1.3
C ₂₄	12.0
C ₂₆	23.5
C ₂₈	12.1
<i>n</i> -Fatty acids	
C ₂₄	7.8
C ₂₆	7.6
C ₂₈	1.0
Others (<i>n</i> -alkanes and long chain esters)	5.1

Anche se è stato chiarito che le cere non influenzano la traspirazione degli acini sulla pianta (Rogiers *et al.*, 2004), è indubbio che queste abbiano un importante ruolo nella regolazione della cinetica di appassimento. Questo è confermato anche dal fatto che è una pratica consolidata nella produzione di uva passa la rimozione parziale delle cere con emulsionanti specifici in modo da facilitare ed accelerare la fase di disidratazione (Martin e Stott, 1957).

In un recente lavoro dagli acini di Summer Muscat e Sultana sono state rimosse le cere epicuticolari con due differenti tecniche ed in seguito è stata monitorata la cinetica di appassimento delle uve. In una tesi le cere sono state rimosse mediante strofinamento mentre per l'altra tesi attraverso il lavaggio con cloroformio. Per entrambe le varietà è

stata osservata una perdita di peso più rapida degli acini senza cere rispetto al controllo. Tra le due tecniche di rimozione, invece, sono appassiti più velocemente gli acini dai quali le cere sono state rimosse mediante lavaggio in cloroformio (Ramming, 2009). Questo potrebbe essere anche legato al fatto che il cloroformio ha alterato la struttura delle cellule dell'epidermide, in particolare della cuticola, oltre, come riportato dagli autori, aver rimosso in maniera più completa le cere epicuticolari. Dallo stesso lavoro si osserva come il Summer Muscat abbia una cinetica di appassimento più rapida rispetto alla Sultana anche dopo la rimozione delle cere, questo indica come la cinetica di appassimento sia influenzata anche da altri aspetti come lo spessore della buccia e/o della cuticola (Ramming, 2009).

2 SCOPO DELLA TESI

La diffusione sempre più ampia della tecnica di appassimento ha portato allo sviluppo di nuove tecnologie in grado di pianificare in maniera sempre più precisa la cinetica di disidratazione delle uve agendo esclusivamente sulle condizioni ambientali dell'ambiente di appassimento. Spesso però questi strumenti non tengono in considerazione le differenti caratteristiche delle uve sia legate alla varietà che alla tecnica agronomica ed infine alle diverse zone di coltivazione.

Un utilizzo ottimale di queste tecniche presuppone un'approfondita conoscenza delle caratteristiche delle uve che influenzano l'appassimento in modo da adottare le tecniche agronomiche in grado di soddisfare al meglio gli obiettivi enologici e di arrivare a dividere le uve provenienti da diverse zone per ottimizzare e lavorare in maniera specifica le uve nella fase di disidratazione.

Gli studi in materia di appassimento si sono principalmente concentrati sulle diverse condizioni ambientali che determinano diverse cinetiche di perdita di peso e quando hanno indagato l'effetto di alcune caratteristiche delle uve i grappoli non sono mai stati lasciati integri.

La presente ricerca vuole indagare come alcune caratteristiche delle uve che possono influenzare l'appassimento varino in funzione della varietà, delle tecniche agronomiche e del sito di coltivazione. Inoltre ponendo le uve in appassimento nelle condizioni in cui questo viene condotto nei fruttai commerciali si cercherà di capire quali tra i caratteri studiati influenzino in maniera determinante le cinetiche di disidratazione.

Obbiettivo di questo lavoro di ricerca è fornire informazioni utili per ottimizzare la tecnica di appassimento non solo agendo sull'ambiente del fruttajo ma mettendo in atto le tecniche agronomiche che determinino un miglioramento delle caratteristiche delle uve rendendole più idonee alla fase di disidratazione post-vendemmia.

3 MATERIALI E METODI

3.1 LOCALIZZAZIONE DELLA PROVA

La prova è stata condotta all'interno dell'area di produzione DOCG di Amarone e Recioto della Valpolicella, nella sotto zona Valpantena. La zona denominata Valpantena, individuata del disciplinare di produzione (DM 24 marzo 2010), si colloca a nord-est di Verona nell'omonima vallata che si sviluppa lungo l'asse nord-sud interessando i comuni di Verona e Grezzana.

3.1.1 CARATTERIZZAZIONE PEDOLOGICA DELLA ZONA

Sulla base delle informazioni contenute nella mappa dei suoli della Valpolicella (Benciolini *et al.*, 2012) è stato possibile individuare le tipologie di suolo presenti nell'area della Valpantena.

L'area di studio è risultata essere suddividibile in due macrozone, ognuna delle quali caratterizzata da pedopaesaggi differenti:

- Rilievi prealpini con forme tabulari, uniformemente inclinati, su rocce della serie stratigrafica giurassico-cretacica e terziaria;
- Alta pianura recente, ghiaiosa e calcarea, costituita da piane alluvionali dei torrenti prealpini (olocene).

Nelle aree dei rilievi prealpini ed in particolare nelle zone sommitali e nei versanti collinari a quote anche elevata ma con pendenze contenute (fino al 10%) si incontrano prevalentemente substrati costituiti da calcari marnosi e rocce calcaree più o meno compatte e stratificate (scaglia rossa, calcari a Nummuliti e biancone). Nei versanti a pendenza più elevata i substrati dominanti sono i calcari nodulari ad ammoniti (rosso ammonitico) e calcari oolitici grigi e calcari compatti (calcari grigi di Noriglio).

Nelle zone di medio versante, a quote generalmente comprese tra i 100 ed i 200 m, si incontrano invece depositi di falda di detrito colluviale, distribuito in fasce che bordano i rilievi collinari, arrivando a localizzarsi anche sul fondo di vallette secondarie riempite per accumulo dai versanti adiacenti di materiale colluviale. Quindi i substrati di queste aree sono fortemente legati alla tipologia di suolo presente nelle zone collinari sovrastanti.

Nelle zone di alta pianura, si incontrano due tipologie di suoli, quelli caratterizzati da depositi di canale ad elevata componente ghiaiosa, ricchi di scheletro, e quelli caratterizzati da depositi di intercanale a granulometria da media a moderatamente fine.

3.1.2 CARATTERIZZAZIONE CLIMATICA DELLA ZONA

La conformazione orografica della Valpantena che si sviluppa in direzione nord-sud conferisce a questa vallata particolari condizioni climatiche. La detta conformazione favorisce il sollevamento delle masse d'aria lungo i pendii, quando soffiano forti venti meridionali. Inoltre l'area è ben protetta a nord dalle Prealpi della Lessinia. Il clima dunque risente di questo fatto importante, in modo particolare per quanto riguarda le caratteristiche della temperatura, delle precipitazioni e dei venti.

La temperatura minima, soprattutto in inverno, è più bassa nelle zone pianeggianti che non in collina; raramente nei mesi più freddi di dicembre, gennaio e febbraio scendono sotto le zero. D'estate le massime restano, nella media, intorno ai 25-30 °C mentre le minime sono tra i 18 ed i 20 °C. Le temperature medie estive restano sempre di qualche grado inferiori in collina rispetto alla pianura. Per la sua conformazione e per la buona circolazione dell'aria la presenza di nebbia è un evento abbastanza raro, che solitamente si registra 5-6 volte l'anno nei fondovalle contro le 1-2 volte in collina.

Le precipitazioni raggiungono il loro massimo in primavera (aprile - maggio) e in

autunno (ottobre – novembre); solitamente la loro quantità aumenta passando dalla pianura verso la collina.

La vicinanza del lago di Garda e il passaggio di numerose correnti d'aria calda da sud e di aria più fredda da nord sono condizioni favorevoli alla formazione di eventi grandinigeni che sono abbastanza frequenti nei mesi primaverili.

I venti predominanti in estate provengono da Ovest e Nord Ovest, anche se tutte le vallate sono interessate da venti di tipo termico (brezza di monte e di valle). In autunno ed in inverno, predominano quelli provenienti da Nord (tramontana) e da Nord Est (bora); entrambi questi venti sono molto secchi e freddi; per contro raramente si nota lo scirocco proveniente da Sud Est e caratterizzato da elevate temperature e umidità.

Queste condizioni climatiche autunnali-invernali condizionano il processo di appassimento naturale delle uve favorendo un appassimento lento e limitando la presenza muffe, soprattutto qualora i fruttai siano posti in collina.

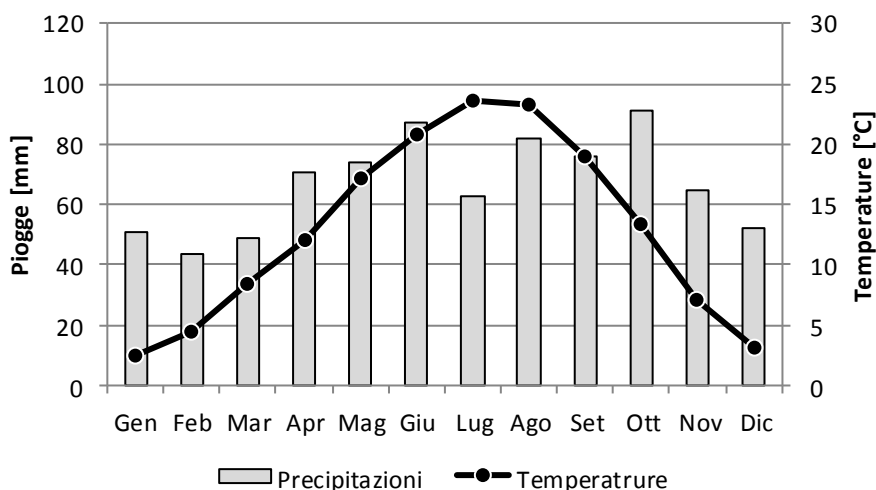


Figura 3.1: Valori di Temperatura e Precipitazione medi del periodo 1971-2011 della stazione di Villafranca Veronese (dati del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare).

3.2 IL PIANO SPERIMENTALE

Utilizzando la mappa dei suoli (Benciolini *et al.*, 2012) e le informazioni della superficie vitata dell'area è stata possibile l'individuazione di otto zone di studio di interesse viticolo ciascuna caratterizzata da condizioni omogenee per composizione del terreno, caratteristiche orografiche, morfologiche ed altimetriche all'interno delle quali sono stati individuati i vigneti oggetto dello studio.

3.2.1 I SUOLI

Nella zona collinare (Tabella 3.1a), sopra i 140 m di quota, sono state individuate due tipologie di suolo dominanti, biancone e scaglia rossa, ciascuna delle quali, nella suddivisione in zone dell'area, è stata a sua volta divisa in due unità sulla base sia della quota altimetrica che della profondità di suolo esplorabile dalle radici, scendendo di quota la profondità del suolo aumenta.

Nelle zone a quote più basse e con pendenze contenute, generalmente localizzate a ridosso dei rilievi, sono state prese in considerazione due zone, entrambe di tipo colluviale che differiscono per la natura del suolo che le ha originate. Una zona si è originata per accumulo di materiale derivante da Scaglia Rossa mentre l'altra da Biancone (Tabella 3.1b).

Infine, la pianura di origine alluvionale è stata suddivisa in due zone: l'alta pianura con suoli ad un elevata componente ghiaiosa e la bassa pianura con substrati dalla granulometria più fine (Tabella 3.1c).

Tabella 3.1: Descrizione delle unità di pedopaesaggio individuate nell'area di studio. 3.1a: zona collinare, 3.1b: zona di media collina, 3.1c: zona pianeggiante (modificato da Benciolini et al., 2012).

3.1a

SIGLA	UNITA' DI PEDOPAESEAGGIO	DESCRIZIONE DEL SUOLO
ACS	Versanti e sommità collinari a quote superiori i 300 m con substrato costituito da Scaglia Rossa	Substrato costituito da calcari marnosi e rocce calcaree compatte stratificate (Scaglia Rossa). Suoli a tessitura franco argillosa limosa o franco argillosa con comune scheletro calcareo lungo il profilo; sono estremamente calcarei e moderatamente alcalini.
BCS	Versanti e sommità collinari a quote inferiori i 300 m con substrato costituito da Scaglia Rossa	Questi suoli hanno una profondità esplorabile dalle radici delle piante moderatamente elevata con limitazioni dovute alla presenza di roccia compatta o fratturata a partire da 80 cm circa; la permeabilità è moderata, la capacità in acqua disponibile per le radici delle piante è bassa, il drenaggio è buono; calcare attivo: 10-13% circa.
ACB	Versanti collinari a quote superiori i 300 m con substrato costituito Biancone	Substrato costituito da rocce calcaree stratificate con intercalazioni di argilliti (Biancone). Suoli a tessitura media con abbondante scheletro calcareo lungo tutto il profilo; sono estremamente calcarei e moderatamente alcalini; il substrato, a partire da 60-100 cm, è costituito da rocce calcaree stratificate.
BCB	Versanti collinari a quote inferiori i 300 m con substrato costituito Biancone	Questi suoli hanno una profondità esplorabile dalle radici delle piante moderata, con limitazioni dovute alla presenza di roccia compatta o fratturata a partire da 60 cm circa od allo scheletro molto abbondante; la permeabilità è moderata, la capacità in acqua disponibile per le radici delle piante è molto bassa, il drenaggio è buono; calcare attivo 15-20%.

3.1b

SIGLA	UNITA' DI PEDOPAESEAGGIO	DESCRIZIONE DEL SUOLO
CB	Depositi di falda di detrito colluviale distribuito in fasce che bordano i rilievi collinari e presenti sul fondo di vallette secondarie riempite per accumulo dai versanti adiacenti (Biancone) di materiale colluviale.	Suoli estremamente calcarei e moderatamente alcalini, a tessitura franco argillosa ghiaiosa, subordinatamente franca ghiaiosa; gli orizzonti profondi hanno tessitura franco argillosa molto ghiaiosa. Questi suoli hanno una profondità esplorabile dalle radici delle piante elevata o molto elevata; la permeabilità è moderata, la capacità in acqua disponibile per le radici delle piante è moderata, il drenaggio è buono; calcare attivo 13-16%.
CS	Depositi di falda di detrito colluviale distribuito in fasce che bordano i rilievi collinari e presenti sul fondo di vallette secondarie riempite per accumulo dai versanti adiacenti (Scaglia Rossa) di materiale colluviale.	Suoli a tessitura fine o moderatamente fine con abbondante scheletro calcareo lungo tutto il profilo; molto calcarei, moderatamente alcalini. Questi suoli hanno una profondità esplorabile dalle radici delle piante elevata o molto elevata; la permeabilità è moderata, la capacità in acqua disponibile per le radici delle piante è da moderata ad elevata, il drenaggio è buono; calcare attivo: 10-13% circa.

3.1c

SIGLA	UNITA' DI PEDOPAESEAGGIO	DESCRIZIONE DEL SUOLO
PG	Aree pianeggianti caratterizzate da depositi di canale ad elevata componente ghiaiosa	Suoli molto od estremamente calcarei e moderatamente alcalini, a tessitura franco argilloso limosa o franco argillosa, con scheletro calcareo da comune ad abbondante. Questi suoli hanno una profondità esplorabile dalle radici delle piante moderatamente elevata con limitazioni dovute ad eccesso di scheletro ghiaioso calcareo, la permeabilità è moderata, la capacità in acqua disponibile per le radici delle piante è moderata, il drenaggio è buono; calcare attivo 3-7%.
PF	Aree pianeggianti caratterizzate da depositi di intercanale a granulometria da media a moderatamente fine	Suoli da molto ad estremamente calcarei, a tessitura franco argilloso limosa, da moderatamente ad estremamente alcalini. Questi suoli hanno una profondità esplorabile dalle radici delle piante molto elevata; la permeabilità è moderata, la capacità in acqua disponibile per le radici delle piante è elevata, il drenaggio è buono; calcare attivo: 4-8% circa.

3.2.2 I VIGNETI

Sulla base delle informazioni pedologiche riportate sono state condotte delle osservazioni speditive per confermare l'effettiva corrispondenza del suolo del sito individuato con le tipologie descritte in Tabella 3.1. Una volta operata questa conferma sono stati scelti i vigneti per lo studio. Dal punto di vista agronomico i vigneti sono stati scelti con caratteristiche simili: età del vigneto compresa tra i 15 ed i 20 anni, forma di allevamento a Guyot con 7-10 gemme sul capo a frutto e uno sperone di 2-3 gemme, gestione delle operazioni colturali (cimature, potatura, irrigazione, strategia di difesa e trattamenti fitosanitari) simile in quanto coordinata dal Tecnico della Cantina Sociale Valpantena. Per quanto riguarda il materiale genetico per la Corvina il clone oggetto dello studio è ISV CV 48 innestato su SO4, mentre per il Corvinone ISV CV 7/SO4. Inoltre per quasi tutte le zone sono stati scelti anche alcuni vigenti allevati a Pergola veronese costituita da due capi con 9-10 gemme e 2-3 speroni da 2-3 gemme ciascuno, questo in modo da confrontare le diverse risposte vegeto-produttive ed eventualmente la diversa attitudine delle due forme di allevamento a fornire uve con diverse caratteristiche influenzanti la fase di appassimento.

Tabella 3.2: Disegno sperimentale, indicazione del numero di vigneti selezionati per ogni unità di pedopaesaggio.

<i>Unità di pedo-paesaggio</i>	<i>Vigneti selezionati</i>			
	<i>Corvina</i>		<i>Corvinone</i>	
	<i>Guyot</i>	<i>Pergola</i>	<i>Guyot</i>	<i>Pergola</i>
<i>PG</i>	4	2	2	2
<i>PF</i>	3	3	2	2
<i>CS</i>	3	-	-	-
<i>CB</i>	3	3	2	3
<i>MCS</i>	3	2	2	2
<i>MCB</i>	3	2	2	2
<i>ACS</i>	3	2	3	-
<i>ACB</i>	3	2	3	2

3.3 RILIEVI ESEGUITI

3.3.1 MONITORAGGIO CLIMATICO

La temperatura dell'aria a due metri di altezza dal suolo è stata monitorata in un vigneto per ogni unità di pedopaesaggio individuata mediante l'utilizzo di sensori di temperatura automatizzate (Tinytag TGP 0073, Gemini, UK). Inoltre due pluviometri automatici sono stati installati per il monitoraggio delle precipitazioni. Uno è stato posto nella zona di fondovalle ad una quota di 65 m s.l.m. ed uno in collina a 300 m s.l.m..

I dati climatici ottenuti sono stati confrontati con le medie storiche della zona e per valutare le differenze tra le diverse zone oggetto dello studio; sono quindi stati utilizzati per caratterizzare le zone dal punto di vista climatico.

3.3.2 L'ACQUA NEL SUOLO

Lo stato idrico del suolo di un vigneto per ogni tipologia di suolo individuato in Tabella 3.1 è stato determinato mediante l'utilizzo di tecnologia TDR (Time Domain Reflectometry, Soil Moisture Equipment Corp., Santa Barbara, CA). Con questo strumento la misura dell'umidità viene effettuata in base alla costante dielettrica del suolo che è direttamente correlata alla sua umidità (Topp *et al.*, 1982; Topp e Davis, 1985; Noborio, 2001); il dato viene poi espresso in termini percentuali come volume di acqua per volume di suolo. La misura si definisce nel Dominio Temporale perché la costante dielettrica è proporzionale al tempo richiesto ad un impulso elettrico a corta lunghezza d'onda per oltrepassare uno strato di terreno noto.

Nelle annate di studio, durante tutto il periodo vegetativo, le misurazioni dell'umidità del suolo sono state eseguite in 4 pozzetti per ogni vigneto posizionati sul filare rilevando l'umidità a tre diverse profondità (30, 60 e 90 cm).

Alcune misurazioni supplementari sono state eseguite durante l'inverno per determinare il massimo contenuto idrico del pozzetto. I dati sono poi stati elaborati calcolando la frazione di acqua del suolo utilizzabile (FTSW) con il metodo di Lacape *et al.* (1998) poi validato su *Vitis vinifera L.* da Pellegrino *et al.* (2004). Per ogni singola stazione installata e ad ogni profondità misurata fino a 90 cm è stato calcolato il massimo contenuto idrico traspirabile (TTSW) con la seguente relazione:

$$TTSW = \int_0^{90} SWC_{FC} - SWC_{MIN}$$

Dove SWC_{FC} è il valore massimo di TDR misurato nel periodo invernale e SWC_{MIN} è il valore minimo.

Analogamente l'acqua disponibile nella data della singola misurazione (ASW) è stata calcolata secondo l'equazione:

$$ASW = \int_0^{90} SWC_D - SWC_{MIN}$$

Dove SWC_D è il valore di TDR misurato nel giorno del rilievo.

Infine FTSW è stato calcolato come il rapporto tra ASW e TTSW.

L'utilizzo di questo metodo consente di utilizzare i dati ottenuti con il TDR per confrontare suoli con tessiture diverse ed in diversi ambienti, in quanto i valori di FTSW sono strettamente correlati con il potenziale idrico fogliare (Pellegrino *et al.*, 2004).

3.3.3 RILIEVI VEGETO-PRODUTTIVI

In ogni annata, ed in tutti i vigenti selezionati, al momento della vendemmia, da tre repliche di 10 piante ciascuna tutti i grappoli sono stati asportati per quantificare la produzione media del vigneto. I dati ottenuti sono stati elaborati in modo da determinare la produzione per ceppo media.

Durante l'inverno sulle medesime piante (3 repliche da 10 ceppi) è stato eseguito l'intervento di potatura invernale ed è stata pesata la massa dei sarmenti. I dati ottenuti sono stati elaborati in modo da determinare la produzione di legno per ceppo; inoltre è stato calcolato l'indice di Ravaz quale indice di equilibrio vegeto-produttivo, calcolato facendo il rapporto tra i kg di uva per ceppo ed i kg di legno per ceppo.

3.3.4 RILIEVI DELLA MICRO e MACROSTUTTURA DELL'UVA

In ogni vigneto sono stati prelevati in modo casuale 15 grappoli per la determinazione del peso medio del grappolo e per le analisi relative agli indici di maturazione e al contenuto di sostanze coloranti.

I campioni di uva prelevati sono stati spremuti con apposita pigiatrice meccanica in modo da ottenere un mosto pigiato con la stessa pressione per ogni campionamento.

Sui mosti sono stati analizzati i seguenti parametri: concentrazione di solidi solubili (°Brix) determinata con rifrattometro (refrattometro digitale ATAGO RX 100); acidità titolabile espressa in g/L di acido tartarico mediante titolazione colorimetrica con NaOH 10N ed indicatore blu di bromotimolo; pH determinato con piaccametro (Crison).

Allo scopo di vendemmiare le uve dai diversi ambienti ad un livello simile di maturazione sono stati anche eseguiti dei campioni per la determinazione delle curve di maturazione indicative dell'ottimale momento di raccolta dell'uva.

Sui campioni d'uva prelevati come precedentemente descritto per ciascun vigneto sono state prelevate 6 repliche di 30 acini ciascuna; 3 da utilizzare per l'analisi dei composti fenolici totali e 3 per quelli estraibili. Gli acini sono stati immediatamente pesati e sbucciati, le bucce dei 30 acini sono state poi conservate a -18°C fino al momento dell'analisi.

Il contenuto in antociani e flavonoidi totali ed estraibili è stato determinato con il metodo proposto da Di Stefano *et al.* (1989) e Di Stefano e Gentilini (1995). Il metodo consiste:

Preparazione del campione

Per l'estrazione dei composti fenolici totali le bucce sono state poste in 75 mL di tampone tartarico a pH = 3.2 ottenuto aggiungendo nell'ordine: 5 g di acido tartarico, 22 mL di NaOH 1N, 500 mL di acqua distillata, 2 g di metabisolfito di sodio, 120 mL di etanolo 95%, acqua. Dopo 4 ore a temperatura ambiente, le bucce nel tampone sono state omogeneizzate.

Per l'estrazione dei composti fenolici estraibili, invece, le bucce sono state poste in una soluzione di tampone tartarico a pH 3.2 preparato come descritto sopra, aggiungendo 40

mg di metabisolfito e 50 mg di sodio azide. Dopo 48 ore a 30°C, le bucce sono state omogeneizzate.

Per entrambi gli estratti la fase liquida è stata isolata per centrifugazione e su questa sono state effettuate le determinazioni dei composti fenolici.

Determinazione dell'indice di antociani

Sia per i totali che per gli estraibili l'estratto ottenuto è stato diluito a seconda dei casi operando diluizioni da 30 a 50 volte con la miscela Etanolo:H₂O:HCl in rapporto di 70:30:1. È stata determinata l'assorbanza al massimo nel visibile ($E_{\max,vis}$: 540 nm) ed è stato calcolato l'indice di antociani con la relazione seguente:

$$\text{Ant (mg/Kg di acini)} = E_{\max,vis} \times 16.17 \times d \times V/P$$

dove $E_{\max,vis}$ è l'assorbanza dell'estratto diluito in etanolo cloridrico, d è il fattore di diluizione dell'estratto, V è il volume di tampone in cui sono state poste le bucce, P è il peso dei 30 acini e 16.17 è un coefficiente dedotto dall'assorbanza molare della malvidina-3-glucoside in etanolo cloridrico.

Determinazione dell'indice di flavonoidi

La soluzione di etanolo cloridrico precedentemente preparata è stata analizzata allo spettro di assorbanza da 230 a 700 nm in cuvette di quarzo con cammino ottico di 1 cm. Dallo spettro è stata calcolata l'assorbanza corretta a 280 nm ($E'_{\max,vis}$) con metodo grafico e si è determinato l'indice di flavonoidi con la relazione:

$$\text{Flav (mg/Kg)} = E'_{\max uv} \times 82.4 \times d \times (V/100)$$

Dove $E'_{\max uv}$ è l'assorbanza corretta dell'estratto in etanolo cloridrico, 82.4 è stato dedotto dal rapporto fra la concentrazione di una soluzione di catechina e la sua assorbanza a 280 nm corretta, d è il fattore di diluizione dell'estratto, V è il volume di tampone in cui sono state poste le bucce, P è il peso di 30 acini.

3.3.5 RILIEVI SULLE CARATTERISTICHE DELL'UVA CHE INFLUENZANO L'APPASSIMENTO

Da 15 grappoli per ogni vigneto studiato sono stati determinati i parametri che più di altri influenzano la fase di appassimento (Barbanti *et al.*, 2008; Ramming, 2009; Muganu *et al.*, 2011; Rolle *et al.*, 2011; Giacosa *et al.*, 2012). Come già riportato per ridurre l'effetto del livello di maturazione le uve sono state prelevate con livelli di solidi solubili simili.

3.3.5.1 Compattezza del grappolo

Su 15 grappoli per ogni vigneto è stato determinato l'indice di compattezza (I.C.). È stato determinato il volume (cm³) e la lunghezza dei singoli grappoli (cm). L'I.C. è stato calcolato facendo il rapporto tra il volume e la lunghezza del grappolo. Essendo la Corvina ed il Corvinone caratterizzati da ali, per la determinazione di questo indice l'ala è stata rimossa in modo da considerare solamente la parte principale del grappolo. Valori di I.C. elevati indicano grappoli più compatti. Si è scelto di utilizzare questo indice in quanto è in grado di fornire un più elevato livello di discriminazioni tra grappoli della stessa varietà (e clone) allevati in ambienti diversi.

3.3.5.2 Dimensione degli acini

Dai 15 grappoli studiati per ogni vigneto sono stati prelevati 60 acini che sono stati divisi in tre repliche da 20 acini ciascuna. Questi sono stati posti su sfondo bianco e sono stati fotografati. Utilizzando un software gratuito per l'analisi di immagini (ImageJ 1.38x) sono stati determinati l'asse maggiore e minore di ogni singolo acino. Come già riportato nel capitolo 1.1.3.3 sia gli acini di Corvina che di Corvinone sono di forma

ellissoidale (Barbanti *et al.*, 2008). Pertanto per calcolare la superficie (S) ed il volume (V) di ogni acino si sono usate le formule dello sferoide prolato:

$$S = 2 \cdot \pi \cdot b^2 + 2 \cdot \pi \cdot \frac{a \cdot b}{e} \cdot \text{sen}^{-1}e$$

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot a \cdot b^2$$

Dove a è il semiasse maggiore, b il semi asse minore ed e è l'eccentricità dello sferoide.

La dimensione degli acini è stata valutata facendo il rapporto tra questi due valori, ovvero calcolando il rapporto superficie/volume (S/V) come già proposto da Barbanti *et al.* (2008).

3.3.5.3 Cere epicutcolari

Dai 15 grappoli studiati per ogni vigneto sono stati prelevati 60 acini che sono stati divisi in tre repliche da 20 acini ciascuna. In accordo con i metodi precedentemente utilizzati da altri autori per la determinazione delle cere epicutcolari gli acini con attaccato il pedicello sono stati immersi in due Becker distinti per 45 sec. prima e per 20 poi in 15 ml di cloroformio 100%. L'estratto dei due Becker è stato poi unito ed il cloroformio è stato fatto evaporare per circa 7 giorni e comunque fino al raggiungimento di un peso costante. Le cere rimaste all'interno del Becker sono state pesate e la quantità di queste è stata espressa per unità di superficie degli acini ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) (Rogiers *et al.*, 2004; Muganu *et al.*, 2011) La superficie degli acini è stata calcolata come descritto nel paragrafo 3.3.5.2.

3.3.5.4 Spessore della buccia

Dai 15 grappoli studiati per ogni vigneto sono stati prelevati 20 acini per questa determinazione. Lo spessore della buccia è stato misurato usando la Universal Testing

Machine TAxT2i Texture Analyzer (Stable Micro System, Godalming, Surrey, UK) con il metodo di (Letaief *et al.*, 2008; Segade *et al.*, 2011).

Gli acini sono stati congelati in azoto liquido (-273.15 °C) e successivamente conservati ad una temperatura di -20°C; questo allo scopo di mantenere integri i tessuti impedendo la formazione di microcristalli di ghiaccio (Porro *et al.*, 2008). Successivamente una piccola porzione laterale di buccia (0.25 cm²) è stata rimossa con un bisturi ed è stata posizionata sulla piattaforma in corrispondenza della sonda.

Prima dell'inizio del test viene calibrata la distanza massima percorribile dalla sonda fino al punto di contatto con la piattaforma. Lo spessore viene quindi determinato per differenza tra il punto di contatto della sonda con la buccia ed il tempo che la sonda impiegherebbe per raggiungere la piattaforma di acciaio inox. Lo spessore viene poi espresso in µm.

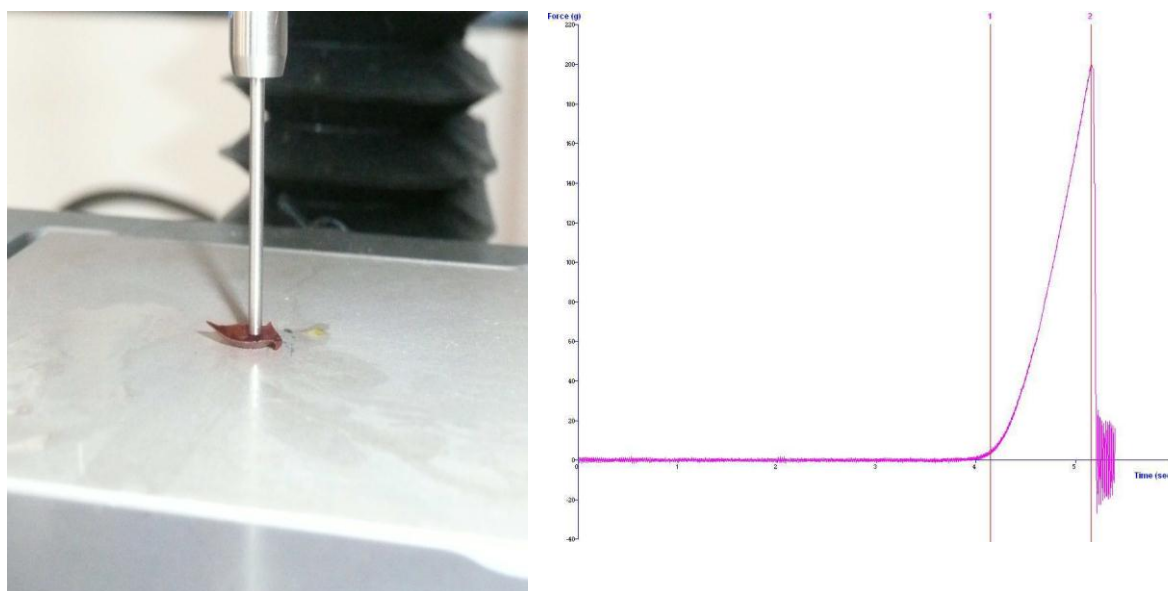


Figura 3.2: A *sinistra*: Testing Machine TAxT2i Texture Analyzer (Stable Micro System, Godalming, Surrey, UK) con la sonda P/2. A *destra*: Grafico del test dello spessore (sulle ascisse il tempo) la prima linea verticale indica il momento di contatto fra la sonda e la buccia (1), la seconda il punto teorico di contatto fra la sonda e la piattaforma (2). La differenza tra questi due punti viene utilizzata per la misura dello spessore.

3.3.6 MONITORAGGIO DELLA FASE DI APPASSIMENTO

Per ogni vigneto studiato sono state vendemmiate 4 cassette in plastica da 6 kg ciascuna. Grappoli integri e senza presenza di alcun attacco fungino sono stati posizionati nelle cassette formando un unico strato. Le cassette sono state riempite con circa 6 kg di uva $\pm 10\%$ e sono state immediatamente pesate ed impilate formando quattro colonne per ogni bancale per un totale di 40 cassette. Le cassette di ogni tesi sono state disposte in maniera randomizzata nelle differenti posizioni disponibili in modo da limitare le piccole differenze di T, UR e ventilazione del fruttajo. Il bancale è sempre stato posizionato dietro ad altri bancali in modo da non essere mai esposto a flussi d'aria diretti. Ogni settimana le cassette sono state pesate per determinare la velocità del calo in peso, ogni due settimane sono stati prelevati campioni di uva per determinare i parametri di micro e macro struttura descritti nel paragrafo 3.3.4.

Nelle tre annate di studio l'appassimento è stato condotto nel medesimo fruttajo utilizzando pratiche di condizionamento ambientale; la temperatura è stata mantenuta a $18^{\circ}\text{C} \pm 10\%$ e l'umidità relativa a $70\% \pm 10\%$, l'ambiente è comunque sempre stato monitorato.

Inoltre nel 2012 le uve provenienti da tre singoli vigneti sono state poste in appassimento in tre differenti condizioni in modo da approfondire le relazioni tra i parametri studiati e la cinetica di appassimento. Le tre condizioni sono: 1) gli acini sono stati rimossi dai grappoli, con il pedicello integro di circa 0.5 cm, e sono stati posti ad appassire in una cassetta forata in modo da garantire l'arieggiamento, questo metodo è quello utilizzato in numerose pubblicazioni sull'appassimento (Barbanti *et al.*, 2008; Bellincontro *et al.*, 2009; Ramming, 2009; Muganu *et al.*, 2011; Rolle *et al.*, 2011; Giacosa *et al.*, 2012); 2) da altri acini, posti nelle condizioni appena descritte, sono state rimosse le cere mediante

sfregamento con una salvietta come proposto da (Ramming, 2009); 3) i grappoli integri sono stati posti ad appassire normalmente in cassetine di 6 kg.

I dati di calo in peso sono stati elaborati in termini percentuali per ogni cassetta calcolando la percentuale di calo in peso secondo la seguente relazione:

$$Calo \% = 100 - \left(\frac{P_x}{P_{iniziale}} \cdot 100 \right)$$

Dove $P_{iniziale}$ è il peso iniziale netto all'inizio della fase di appassimento e P_x il peso netto rilevato al momento del monitoraggio.

Avendo il calo in peso una relazione lineare nel tempo (Barbanti *et al.*, 2008) i dati di ogni cassetta sono stati interpolati in modo da ottenere l'equazione della retta del calo in peso di ogni singola cassetta del tipo:

$$Calo \% = m \cdot T_{\text{giorni dopo la vendemmia}}$$

3.4 ANALISI STATISTICA

Tutti i dati sono stati sottoposti ad analisi della varianza (ANOVA) ad una o più vie. Le differenze tra le medie sono state saggiate con il test di Duncan. Per le elaborazioni è stato utilizzato il programma di analisi statistica STATISTICA versione 8.0 (StatSoft Inc., 1987-2007), i coefficienti di correlazione tra i parametri sono stati calcolati con lo stesso software. Le correlazioni multiple di grado superiore al primo sono state ottenute con R versione 2.11.1.

4 RISULTATI E DISCUSSIONE

4.1 IL CLIMA

4.1.1 LE ANNATE

I dati meteorologici delle annate oggetto dello studio (2010, 2011 e 2012) sono stati analizzati e riportati in Figura 4.1. Da questi emerge come il 2010 sia stata, tra le tre, l'annata più fresca e piovosa. Nella prima parte dell'anno le temperature medie sono state inferiori a quelle degli altri anni, per arrivare poi ad un picco nel mese di Luglio. Nei mesi di maturazione dell'uva (Agosto e Settembre) le differenze sono risultate più marcate arrivando ad avere, nel mese di Agosto, una temperatura media di circa 4°C più bassa rispetto alla media del 2011 e 2012. Le basse temperature di quest'annata sono state accompagnate da elevate precipitazioni annue, 1110 mm contro una media storica di 803 mm, queste sono risultate particolarmente intense nei mesi di Agosto e Settembre quando sono caduti quasi 300 mm.

La prima parte del 2011 (Gennaio-Luglio) dal punto di vista termico è risultata in linea con la media storica (vedi Figura 3.1), mentre le precipitazioni sono state particolarmente scarse nel periodo primaverile (Aprile-Maggio), bilanciate però dai 220 mm caduti nei mesi di Giugno e Luglio. Alla fine del periodo estivo nei mesi di Agosto e Settembre le precipitazioni sono state nella norma accompagnate però da temperature medie abbastanza calde, 25°C ad Agosto e 22°C a Settembre, contro una media storica rispettivamente di 23 e 19°C.

Il 2012 è stata sicuramente un'annata anomala, secca e calda. Le precipitazioni sono state molto scarse per tutto l'inverno, infatti tra Dicembre 2011 e Marzo 2012 sono caduti solamente 60 mm di pioggia contro i circa 200 mm della media storica (vedi Figura 3.1). Dopo le piogge nella media dei mesi di Aprile e Maggio i mesi di Giugno,

Luglio e Agosto sono stati nuovamente molto secchi con solamente 71 mm caduti. Nei tre mesi estivi le temperature sono risultate molto elevate arrivando a medie di 23.9, 25.8 e 26.6°C rispettivamente nei mesi di Giugno, Luglio e Agosto.

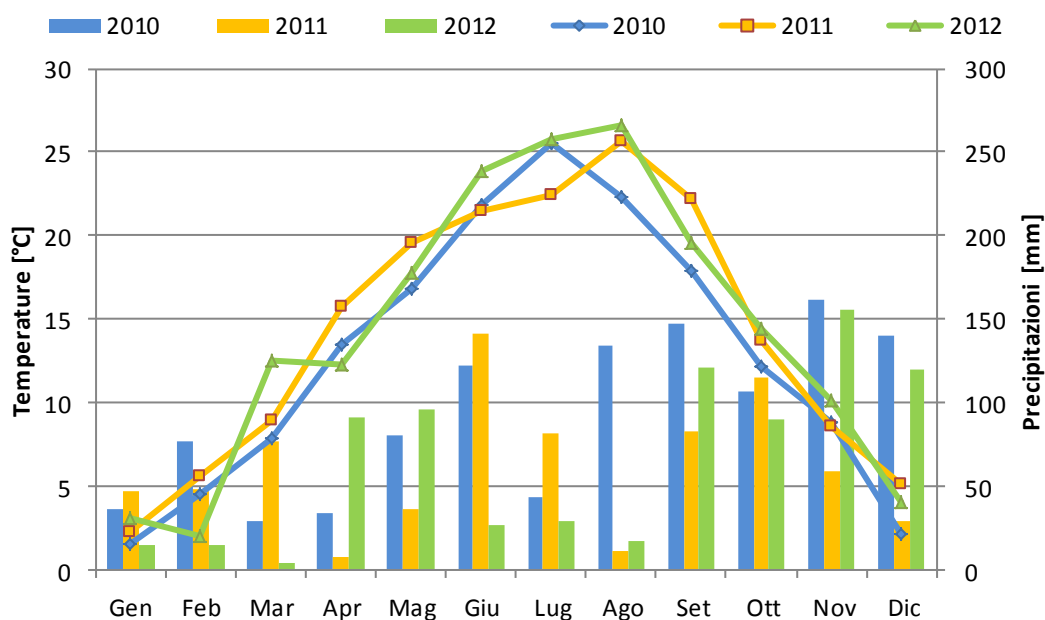


Figura 4.1: Temperatura media mensile di tutte le zone oggetto dello studio delle annate 2010, 2011 e 2012 (linee). Somme mensili di pioggia di tutte le zone oggetto dello studio (istogramma).

4.1.2 LE UNITÀ DI PEDOPAESAGGIO

L'analisi climatica delle stazioni metereologiche dislocate nelle differenti unità ha consentito di delinearne le caratteristiche climatiche dell'area oggetto dello studio.

Tra le due stazioni di monitoraggio delle precipitazioni, una posta in pianura (60 m s.l.m.) ed una in collina (300 m s.l.m.) non sono state riscontrate sostanziali differenze.

Mentre le otto stazioni per il monitoraggio delle temperature hanno consentito di definire quattro zone climatiche distinte e principalmente legate alle quote altimetriche del sito.

Le zone possono essere così riassunte: pianura (quote inferiori agli 80 m s.l.m., nella quale ricadono le unità PG e PF), bassa collina (zone posizionate sull'unghia del monte a

quote comprese tra gli 80 ed i 160 m, comprensiva delle unità CS e CB), media collina (quote comprese tra i 160 ed i 280 m, riguardante le unità MCS e MCB) ed alta collina (oltre i 280 m, nelle quale ricadono le unità ACB e ACS).

Dai dati meteo delle tre annate (Figura 4.2, Figura 4.3 e Figura 4.4) di studio emerge come le temperature medie siano più elevate nella zona di pianura seguita, con qualche piccola differenza, dalla bassa collina. In queste due zone climatiche le temperature minime sono molto simili tra loro e sono risultate essere le più basse tra le zone individuate, ciò è legato al fenomeno dell'inversione termica tipico delle zone di fondovalle. In tutte e tre le annate, per queste due zone, sono le elevate temperature massime, che si registrano nelle ore centrali della giornata, a determinare l'innalzamento delle temperature medie. Infatti la zona pianeggiante è l'unica nella quale in tutte e tre le annate la media delle massime di almeno una decade supera i 35°C (II decade di Luglio nel 2010, III di Agosto nel 2011 e I di Agosto nel 2012).

Per quanto riguarda le due zone a quote superiori i 160 m si nota come nel 2010 e nel 2011 le temperature medie tra le due siano sostanzialmente identiche, anche se la media collina è risultata leggermente più fresca. Nel 2012 questa differenza è risultata più marcata. Osservando l'andamento delle temperature massime nel 2010 (Figura 4.2) non vi sono differenze tra la media e l'alta collina, mentre nel 2011 e nel 2012 (Figura 4.3 e Figura 4.4) le differenze si incontrano quando le temperature medie superano i 25°C. Ovvero nei periodi più caldi le temperature dell'alta collina sono superiori a quelle della media collina. Questo è confermato sia dalle maggiori temperature diurne dell'alta collina che dalle più fresche temperature notturne della media collina, che risultano simili a quelle delle quote sottostanti. Ciò è legato al fenomeno dell'inversione termica notturna, le masse di aria fredda e umida, avendo un maggior peso, durante la notte scendono verso il fondovalle (Tomasi *et al.*, 2012). Il 2012, come già riportato, è stato

molto caldo, ed infatti in tutte e quattro le fasce climatiche individuate la media delle temperature massime è stata sempre superiore ai 30°C per oltre due mesi.

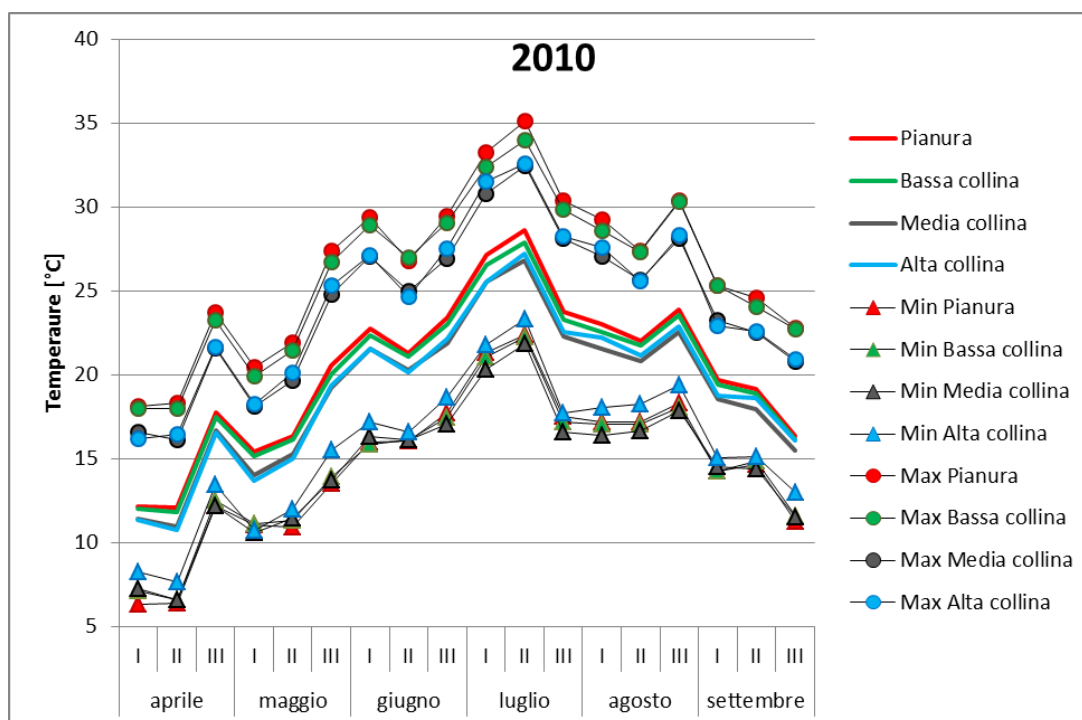


Figura 4.2: Media delle temperature minime, massime e medie del periodo Aprile-Settembre 2010 divise in decadi per le quattro fasce climatiche della Valpantena.

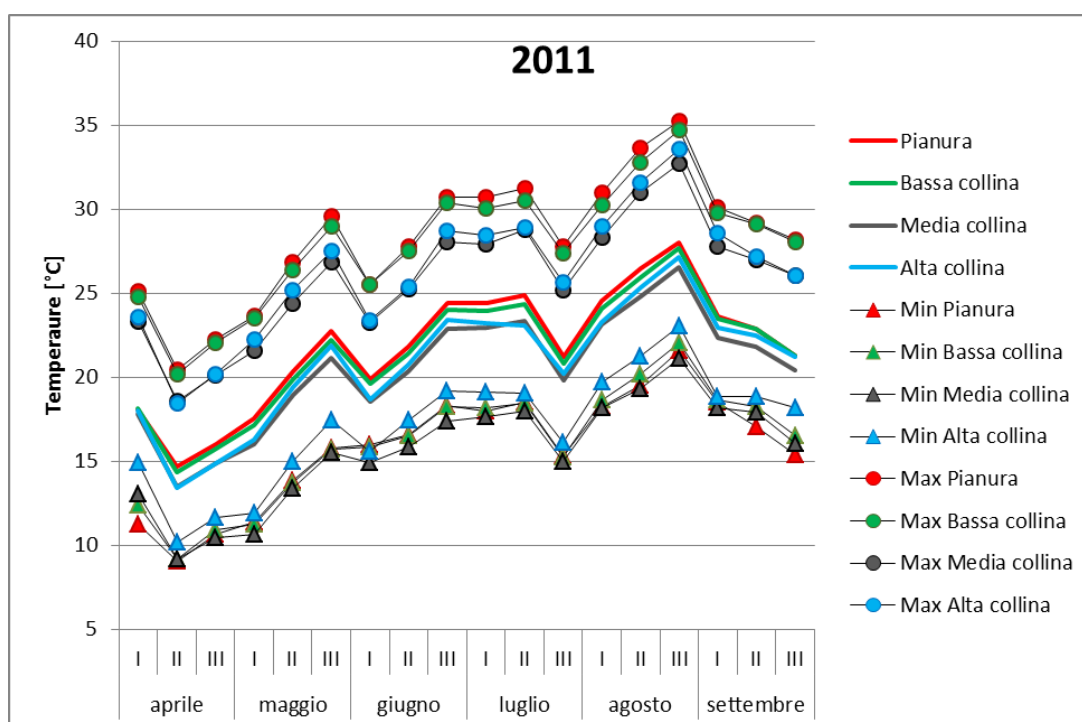


Figura 4.3: Media delle temperature minime, massime e medie del periodo Aprile-Settembre 2011 divise in decadi per le quattro fasce climatiche della Valpantena.

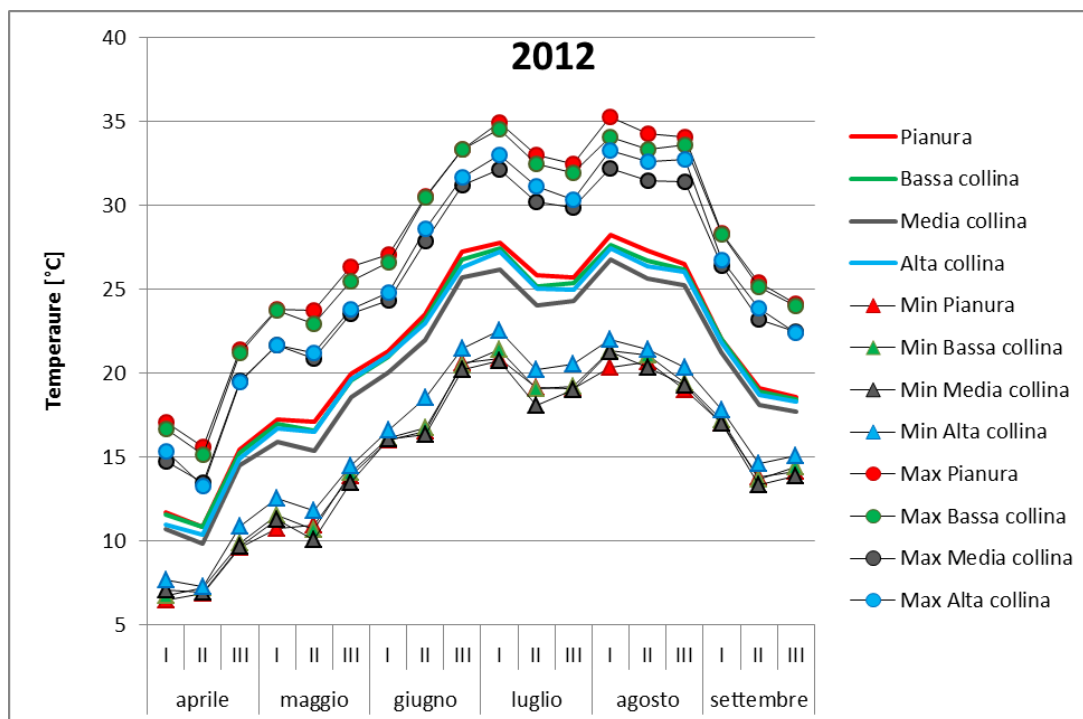


Figura 4.4: Media delle temperature minime, massime e medie del periodo Aprile-Settembre 2012 divise in decadi per le quattro fasce climatiche della Valpantena.

4.2 L'ACQUA NEL SUOLO

Alla luce delle zone climatiche individuate e delle profondità esplorabili dalle radici i contenuti idrici dei suoli sono stati confrontati a coppie aventi come comune matrice lo stesso regime termico e la medesima profondità dello strato utile.

Anche i dati del massimo contenuto idrico traspirabile (TTSW) hanno confermato questo tipo di suddivisione (Tabella 4.1) ad eccezione della zona di media collina su scaglia rossa (MCS) che ha mostrato una disponibilità idrica massima molto elevata. Le zone pianeggianti, anche a causa di suoli molto profondi hanno mostrato i valori più elevati, i contenuti più bassi sono stati riscontrati nelle zone di bassa collina (CS e CB) e di alta collina (ACS, ACB). Questi valori di TTSW simili sono però legati a due aspetti differenti, nelle zone di alta collina questi sono dovuti ad uno spessore dello strato esplorabile dalle radici limitato che non supera i 60 cm, mentre nelle zone di bassa

collina ciò è legato al fatto che, trovandosi questi suoli in porzioni con un minimo di pendenza e con substrati di origine colluviale, il drenaggio è sicuramente molto elevato. Nella zona di media collina i valori sono risultati elevati ed in qualche modo sono risultati comparabili con quelli di pianura.

Tabella 4.1: Massimo contenuto idrico traspirabile (TTSW) ottenuto dai dati di TDR delle tre annate (2010, 2011, 2012).

Unità	TTSW	Deviazione standard
PG	49.73	6.63
PF	50.08	4.65
CS	40.23	5.06
CB	39.57	0.65
MCB	48.25	4.51
MCS	65.85	5.43
ACB	44.53	3.41
ACS	41.50	6.89

4.2.1 2010

I dati di FTSW del 2010 (Figura 4.5) mostrano come, a causa delle abbondanti precipitazioni, durante il periodo vegetativo, non vi siano state sostanziali differenze nelle zone di pianura, media ed alta collina. Le uniche differenze individuate sono state nelle porzioni di bassa collina dove in corrispondenza delle più abbondanti precipitazioni primaverili e del mese di Agosto il suolo colluviale originatosi per deposito di scaglia rossa ha trattenuto più a lungo l'umidità.

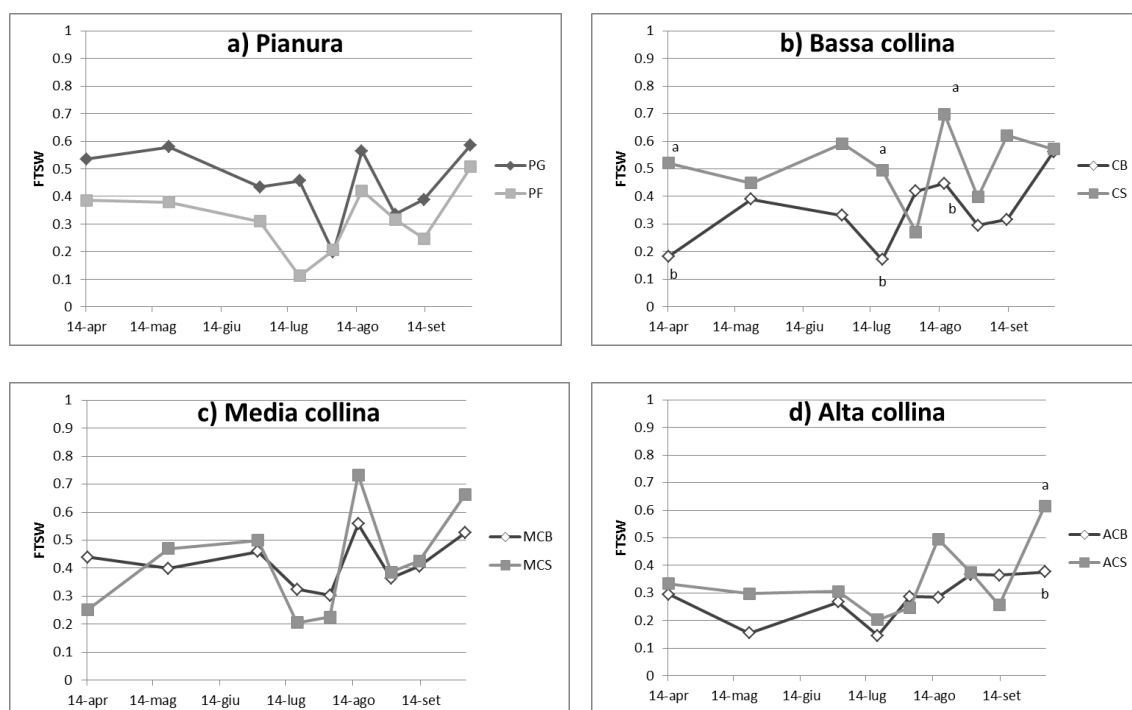


Figura 4.5: Frazione di acqua utilizzabile dalla piante (FTSW) nelle diverse unità di pedopaesaggio nell'annata 2010.

Note: I dati riportati sono la media di quattro misurazioni eseguite in quattro pozzetti; lettere differenti indicano differenze significative (test di Duncan $p=5\%$)

4.2.2 2011

Nel 2011 la FTSW (Figura 4.6) ha mostrato differenze significative in tutte le zone. Nella zona di pianura i suoli con maggior potere drenante, quelli più sabbiosi (PF), durante i mesi di Luglio e Agosto hanno mostrato valori inferiori. In tutte le altre zone i suoli con matrice di scaglia rossa (CS, MCS e ACS) hanno mostrato un frazione di acqua traspirabile superiore rispetto ai suoli di biancone (CB, MCB, ACB), ciò è legato al fatto che i primi avendo una maggior quantità di argilla riescono a trattenere per più tempo l'acqua (Pellegrino *et al.*, 2004; Saxton e Rawls, 2006), come per altro già osservato nella zona di bassa collina nel 2010.

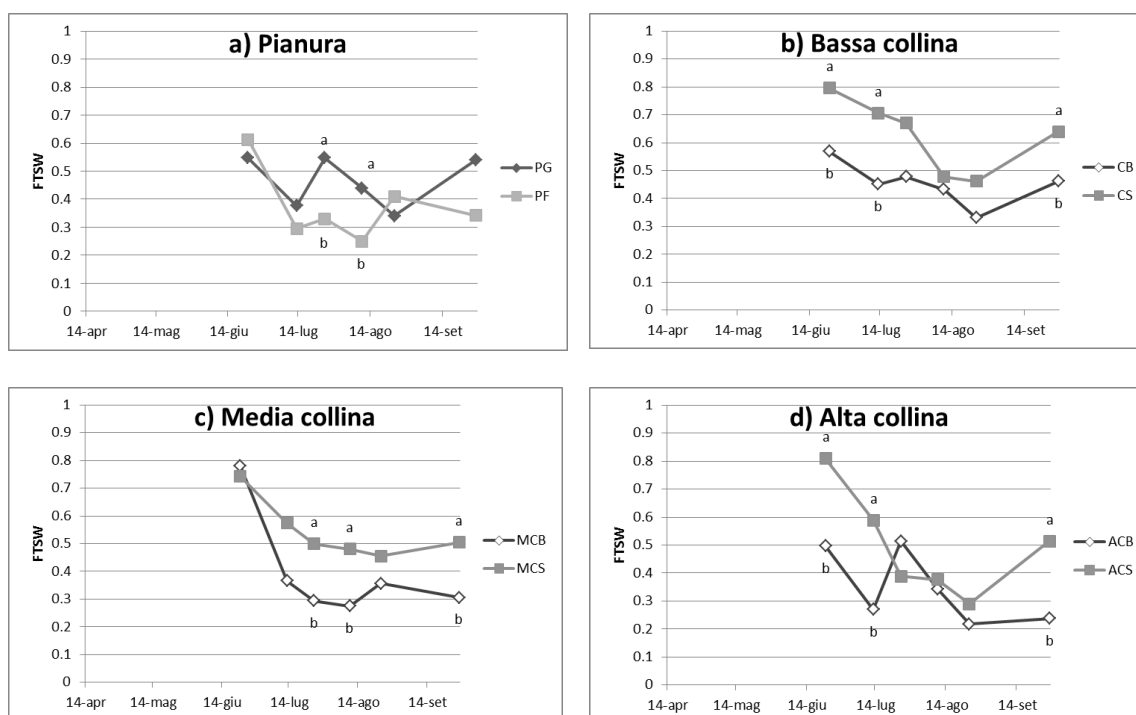


Figura 4.6: Frazione di acqua utilizzabile dalla pianta (FTSW) nelle diverse unità di pedopaisaggio nell'annata 2011.

Note: I dati riportati sono la media di quattro misurazioni eseguite in quattro pozzetti; lettere differenti indicano differenze significative (test di Duncan $p=5\%$)

4.2.3 2012

Nel 2012 le scarse precipitazioni dell'annata hanno indotto i viticoltori ad operare irrigazioni di soccorso dove era disponibile dell'acqua irrigua (purtroppo non è stato possibile quantificare la quantità di acqua distribuita), ovvero nelle zone di Pianura e Bassa collina. I dati di FTSW dell'annata (Figura 4.7) confermano questo andamento, in queste zone non sono state riscontrate differenze dal punto di vista idrico tra le due tipologie di suolo presente. Nelle zone di media e alta collina invece sono state osservate differenze significative e, come nel 2011, i suoli di Biancone hanno fatto registrare contenuti idrici inferiori rispetto a quelli su scaglia rossa durante tutto il ciclo vegetativo

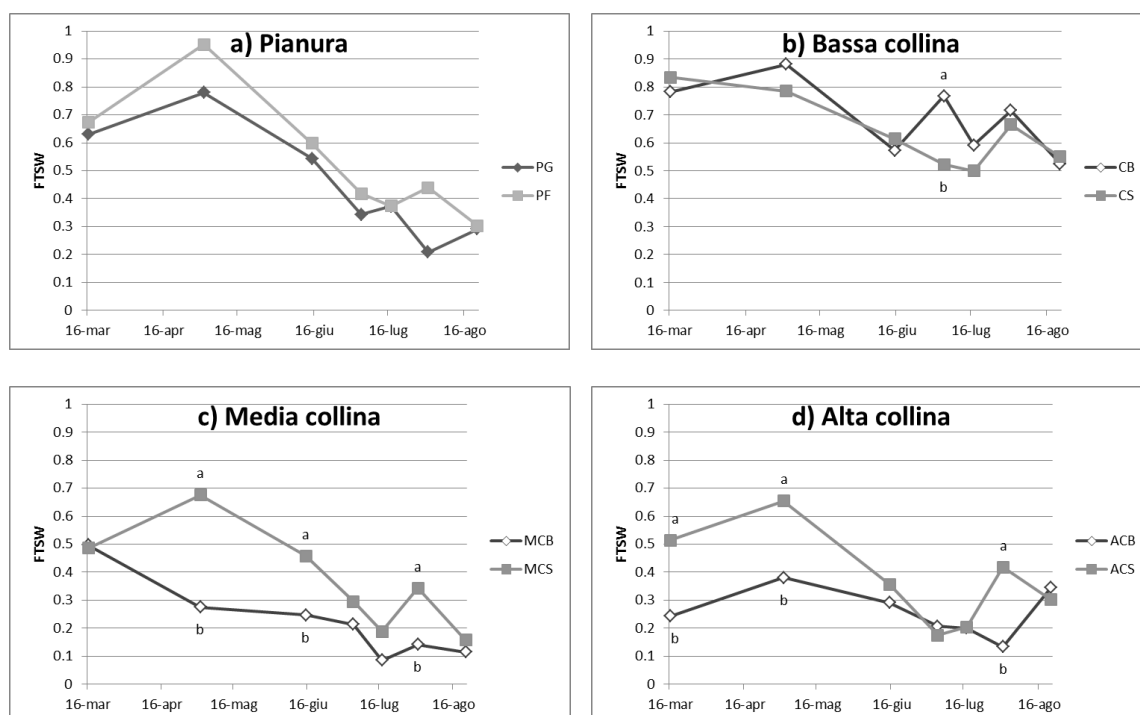


Figura 4.7: Frazione di acqua utilizzabile dalla piante nelle diverse unità di pedopaesaggio nell'annata 2012.

Note: I dati riportati sono la media di quattro misurazioni eseguite in quattro pozzetti; lettere differenti indicano differenze significative (test di Duncan $p=5\%$)

4.3 CARATTERISTICHE DELLE UVE

4.3.1 PARAMETRI QUANTITATIVI E QUALITATIVI

Essendo le due forme di allevamento profondamente diverse dal punto di vista produttivo, i dati quantitativi sono stati analizzati separatamente per la Pergola e per il Guyot (Tabella 4.2). Da questi emerge chiaramente come sia per la produzione per ceppo che per il peso medio del grappolo vi sia un consistente effetto dell'annata, questo non ha però influenzato in maniera determinante l'equilibrio vegeto-produttivo instaurato dalla pianta nell'ambiente di coltivazione, infatti l'indice di Ravaz è risultato non variare negli anni. In generale nel 2010 la produzione è risultata più abbondante con una maggiore produzione per ceppo legata anche al maggior peso dei grappoli, nel 2011 e nel 2012 le produzioni sono risultate comparabili ed in generale sono risultate inferiori rispetto al 2010 del 15-20 %. Questo è legato alla maggiore disponibilità idrica del 2010

(Van Leeuwen *et al.*, 2004; Van Leeuwen *et al.*, 2009). A livello di unità di pedopaesaggio (Tabella 4.3) la Corvina allevata a Guyot non ha mostrato alcuna differenza tra le zone attestandosi su una produzione per ceppo media di 3.5 kg.

Il Corvinone allevato a Guyot ha invece mostrato produzioni più elevate nelle zone di pianura (PG e PF) ed in quelle di bassa collina (CB); salendo di quota le produzioni sono risultate più contenute arrivando ad un calo di circa il 40 % nelle zone di alta collina. Questo andamento della produzione per ceppo del Corvinone è risultato altrettanto evidente nella Pergola. Per entrambe le forme di allevamento le più abbondanti produzioni sono il risultato di grappoli più pesanti.

La Corvina allevata a Pergola ha risentito in maniera più marcata delle differenze ambientali tra le diverse unità mostrando differenze anche a livello dell'indice di Ravaz, in questo caso le produzioni più contenute si sono registrate nelle zone di media collina.

Tabella 4.2: Risultato dell'analisi della varianza per il peso medio del grappolo, la produzione per ceppo e l'indice di Ravaz di Corvina e Corvinone nel Guyot (a) e nella Pergola (b).

a) GUYOT Parametro	CORVINA			CORVINONE		
	peso medio grappolo	produzione per ceppo	Ravaz	peso medio grappolo	produzione per ceppo	Ravaz
Unità di pedopaesaggio	1.7 ns	1.4 ns	1.4756 ns	4.8 **	9.0 ***	0.9 ns
Anno	13.4 ***	10.2 ***	5.2728 *	39.1 ***	52.4 ***	2.7 ns
Unità * Anno	1.8 *	2.6 *	1.4091 ns	3.3 **	2.6 *	0.6 ns

b) PERGOLA Parametro	CORVINA			CORVINONE		
	peso medio grappolo	produzione per ceppo	Ravaz	peso medio grappolo	produzione per ceppo	Ravaz
Unità di pedopaesaggio	3.5 *	8.3 ***	3.1 *	4.2 **	8.2 ***	2.4 ns
Anno	11.6 ***	11.0 ***	1.3 ns	44.6 ***	9.0 **	1.3 ns
Unità * Anno	2.0 *	2.6 *	0.8 ns	2.7 *	0.5 ns	0.7 ns

Note: gli asterischi indicano diversi livelli di significatività: *** $p < 0.0001$, ** $p < 0.001$, * $p < 0.05$

Tabella 4.3: Parametri produttivi medi rilevati nel triennio 2010-2012 per le due varietà (Corvina e Corvinone) allevate a Guyot (a) e Pergola (b).

a) GUYOT

Unità	PG	PF	CS	CB	MCS	MCB	ACS	ACB	Media
CORVINA									
Peso medio grappolo (g)	306.82	260.81	282.03	293.62	249.35	291.42	253.38	312.75	281.27
produzione per ceppo (kg)	3.61	3.59	3.30	3.69	2.95	3.32	3.70	3.71	3.48
Ravaz	4.74	3.96	5.41	5.85	4.51	5.07	3.63	5.81	4.87
CORVINONE									
Peso medio grappolo (g)	379.09 a	356.31 ab		343.56 b	282.61 c	308.56 bc	315.74 bc	300.77 c	326.66
produzione per ceppo (kg)	5.64 b	6.20 a		5.05 bc	4.49 cd	4.25 cd	3.67 d	3.78 d	4.73
Ravaz	5.02	5.68		8.00	8.46	4.43	3.87	7.28	6.10

b) PERGOLA

Unità	PG	PF	CS	CB	MCS	MCB	ACS	ACB	Media
CORVINA									
Peso medio grappolo (g)	272.43 c	274.18 c		320.27 ab	349.09 a	292.43 ab	282.55 c	340.74 a	304.53
produzione per ceppo (kg)	6.2 b	5.9 bc		8.7 a	4.1 c	4.3 c	7.1 a	6.2 b	6.07
Ravaz	4.55 b	5.07 ab		8.50 a	3.95 b	4.36 b	3.88 b	5.49 ab	5.12
CORVINONE									
Peso medio grappolo (g)	398.45 a	333.56 bc		321.23 c	347.27 bc	370.85 ab	315.74 c	317.02 c	343.45
produzione per ceppo (kg)	8.89 a	8.72 a		6.89 b	5.98 bc	5.73 bc	4.67 d	5.01 c	6.55
Ravaz	7.28	8.95		9.24	6.25	5.81	6.31	7.43	7.32

Note: lettere differenti indicano differenze significative (test di Duncan $p=5\%$)

Nell'analisi dei parametri qualitativi (zuccheri, acidità totale, pH, antociani e flavonoidi) i dati relativi alle due forme di allevamento sono stati analizzati congiuntamente.

Nell'analisi della varianza (Tabella 4.4) viene confermato come anche il contenuto di solidi solubili, l'acidità titolabile ed il pH siano influenzati quasi esclusivamente dall'annata. Entrambe le varietà hanno avuto il più basso accumulo di zuccheri nel 2010 (19.5 °Brix la Corvina e 18.9° il Corvinone) ed il più alto nel 2012 (20.7° Brix per la Corvina e 20.1° il Corvinone), nel 2011 i solidi solubili degli acini sono risultati intermedi. A questi si è accompagnata un acidità titolabile simile per le due varietà, ovvero circa 7.8 g/L nel 2010 e 5.7 nel 2012. Il pH invece è risultato essere più elevato nel 2011 con valori di circa 3.45 per entrambe le varietà. Quindi nell'annata più fresca e piovosa (2010) con produzioni più elevate si è registrato un minor accumulo di zuccheri a cui è corrisposto una minore degradazione degli acidi; mentre nell'annata più

calda (2012) anche a seguito di una produzione inferiore gli zuccheri sono risultati più elevati (Van Leeuwen *et al.*, 2004; Van Leeuwen *et al.*, 2009).

Dal confronto tra le diverse unità di pedopaesaggio non è emersa nessuna differenza significativa per la Corvina. Il Corvinone, invece, ha mostrato alcune differenze nell'acidità totale tra le differenti unità di pedopaesaggio, alle quote più elevata, a causa delle temperature più basse (Van Leeuwen *et al.*, 2004), sono stati incontrati livelli di acidità totale più elevata. In generale l'assenza di differenze tra le unità conferma come in tutte e tre le annate si sia scelto in maniera opportuna il momento della vendemmia in modo da avere livelli di maturazione simili allo scopo di non dover valutare l'effetto di diversi stadi di maturazione sulle cinetiche di appassimento.

Tabella 4.4: Risultato dell'analisi della varianza di Zuccheri, acidità totale e pH, alla vendemmia di Corvina e Corvinone.

Parametro	CORVINA						CORVINONE					
	Zuccheri		Acidità		pH		Zuccheri		Acidità		pH	
Unità di pedopaesaggio	0.48	ns	2.00	ns	1.08	ns	1.13	ns	3.250	*	1.49	ns
Forma di allevamento	0.11	ns	1.81	ns	1.54	ns	1.84	ns	0.601	ns	0.02	ns
Anno	8.38	**	48.36	***	38.05	***	3.88	*	26.405	***	34.30	***
Unità * Forma all.	0.96	ns	0.86	ns	0.85	ns	1.07	ns	0.676	ns	0.86	ns
Unità * Anno	0.79	ns	0.95	ns	0.61	ns	0.42	ns	0.254	ns	0.35	ns
Forma all. * Anno	1.41	ns	0.45	ns	0.30	ns	0.99	ns	3.179	ns	0.55	ns
Unità * Forma all. * Anno	0.43	ns	0.30	ns	0.20	ns	0.80	ns	0.616	ns	0.29	ns

Note: gli asterischi indicano diversi livelli di significatività: *** $p < 0.0001$, ** $p < 0.001$, * $p < 0.05$

Tabella 4.5: Parametri qualitativi medi rilevati nel triennio 2010-2012 per le due varietà.

Unità	PG	PF	CS	CB	MCS	MCB	ACS	ACB
CORVINA								
Zuccheri (°Brix)	19.74	20.18	20.06	19.95	20.61	19.78	20.16	19.88
Acidità totale (g/L)	6.08	6.49	5.80	6.39	6.61	6.34	7.06	7.35
pH	3.36	3.33	3.36	3.35	3.33	3.38	3.29	3.29
CORVINONE								
Zuccheri (°Brix)	18.78	20.05		19.28	20.10	19.34	19.96	19.33
Acidità totale (g/L)	5.91 b	6.60 ab		6.06 b	6.56 ab	7.19 a	7.30 a	7.19 a
pH	3.34	3.29		3.38	3.28	3.30	3.30	3.32

Note: lettere differenti indicano differenze significative (test di Duncan $p=5\%$)

Numerosi studi riportano una forte relazione tra l'accumulo di sostanze fenoliche nella bacca con lo stato idrico della pianta (Freeman e Kliewer, 1983; Bravdo *et al.*, 1985; Poni *et al.*, 1994; Mc Carthy, 2008) e le temperature ambientali (Pirie e Mullins, 1977; Bergqvist *et al.*, 2001; Tomasi *et al.*, 2003; Guidoni *et al.*, 2008); infatti le principali differenze emerse (Tabella 4.6) sono risultate essere legate alle diverse situazioni ambientali e all'annata, solo in maniera marginale alla forma di allevamento.

L'indice di flavonoidi totali, che individua la concentrazione complessiva di diversi composti secondari tra cui antociani, tannini, flavonoli e flavononoli (Fregoni, 2005) ha riportato differenze significative tra le unità di pedopaesaggio.

Per la Corvina dove sono state minori le rese produttive il contenuto in flavonoidi totali è risultato maggiore confermando un effetto parzialmente concentrativo e di antagonismo con il carico produttivo (Stewart e Nielsen, 1991; Ginestar *et al.*, 1998). La quantità di flavonoidi estraibili, indicatore della quantità di composti fenolici che può essere trasferita dalle bucce ai vini, è risultata sempre legata alla quantità di composti fenolici totali, ovvero non si sono riscontrate differenze nella estraibilità tra i diversi ambienti.

Il contenuto in antociani totali, sia per la Corvina che per il Corvinone, è risultato fortemente legato alla quota di coltivazione. Nelle zone con temperature più elevate (PG, PF, CS e CB) il contenuto di antociani totali è risultato sensibilmente inferiore a quello incontrato a quote più elevate, dove le temperature medie sono più fresche. Infatti Pirie e Mullins (1977) e Tomasi *et al.* (2003) hanno riportato una riduzione della sintesi di alcuni composti antocianici in seguito a temperature troppo elevate durante la fase di maturazione; inoltre è stato osservato che le alte temperature oltre a ridurre la sintesi di tali composti ne favoriscono la degradazione (Shaked-Sachray *et al.*, 2002; Oren-Shamir *et al.*, 2003). A livello di antociani estraibili si è registrato un andamento

analogo a quello dei totali, ed in termini percentuali non è emersa nessuna differenza tra le unità. La Corvina ha presentato un estraibilità antocianica in media del 50 % contro il circa 64 % del Corvinone.

Tabella 4.6: Risultato dell'analisi della varianza di Anotociani (totali ed estraibili) e Flavonoidi (totali ed estraibili) di Corvina e Corvinone.

Parametro	CORVINA				CORVINONE			
	Anotociani totali	Anotociani estraibili	Flavonoidi totali	Flavonoidi estraibili	Anotociani totali	Anotociani estraibili	Flavonoidi totali	Flavonoidi estraibili
Unità di pedopaesaggio	10.60 ***	8.28 ***	8.04 ***	6.85 ***	3.45 *	4.72 **	2.04 ns	4.85 **
Forma di allevamento	7.36 *	3.13 ns	8.11 *	7.80 *	0.66 ns	0.05 ns	5.97 *	0.13 ns
Anno	3.11 *	1.87 ns	39.54 ***	13.21 ***	2.80 ns	6.00 *	28.87 ***	4.53 *
Unità * Forma all.	3.35 *	3.17 *	2.30 *	7.45 ***	10.06 ***	4.34 **	9.52 ***	4.58 **
Unità * Anno	5.89 ***	4.99 ***	4.51 ***	4.95 ***	4.55 ***	3.29 **	5.41 ***	1.75 ns
Forma all. * Anno	0.02 ns	3.93 *	0.55 ns	0.29 ns	8.67 ***	3.52 *	1.76 ns	1.59 ns
Unità * Forma all. * Anno	2.68 *	1.34 ns	1.72 ns	0.90 ns	3.47 ***	2.13 *	4.37 ***	1.29 ns

Note: gli asterischi indicano diversi livelli di significatività: *** $p < 0.0001$, ** $p < 0.001$, * $p < 0.05$

Tabella 4.7: Parametri qualitativi medi rilevati nel triennio 2010-2012 per le due varietà.

Unità	PG	PF	CS	CB	MCS	MCB	ACS	ACB
CORVINA								
Antociani tot [mg/kg di uva]	264 d	322 c	239 d	303 cd	352 bc	315 c	359 b	488 a
Flavonoidi tot [mg/kg di uva]	1249 b	1577 a	1150 c	1248 b	1398 b	1279 b	1401 b	1668 a
Antociani est [mg/kg di uva]	128 c	157 b	129 c	149 b	159 b	159 b	179 ab	210 a
Flavonoidi est [mg/kg di uva]	601 bc	736 a	586 c	597 c	585 c	606 b	636 b	671 ab
CORVINONE								
Antociani tot [mg/kg di uva]	333 bc	307 c		313 c	356 b	330 bc	441 a	416 a
Flavonoidi tot [mg/kg di uva]	874	953		918	984	953	1167	1117
Antociani est [mg/kg di uva]	220 b	219 b		188 c	222 b	226 b	260 a	257 a
Flavonoidi est [mg/kg di uva]	606 b	694 a		535 c	555 c	591 b	643 ab	628 ab

Note: lettere differenti indicano differenze significative (test di Duncan $p=5\%$)

4.3.2 DIMENSIONE ACINI

4.3.2.1 Effetto di forma di allevamento, annata e varietà

Utilizzando l'intero set di dati raccolto è stato possibile valutare gli effetti della forma di allevamento, dell'annata, della varietà e l'interazione tra di essi sulla dimensione degli acini (Tabella 4.8). La forma di allevamento ha fatto registrare un effetto sulla dimensione degli acini, il Guyot in generale ha mostrato acini di più piccole dimensioni rispetto alla Pergola anche se l'interazione tra forma di allevamento e varietà è risultata

non significativa. Come per altro già riportato da Barbanti *et al.* (2008) (Figura 1.7) è stata confermata una differenza significativa tra gli acini di Corvina, più piccoli con S/V pari a 3.89, e quelli di Corvinone, con S/V di 3.4.

In termini generali è stato osservato anche un consistente effetto annata che ha determinato acini di più piccole dimensioni nel 2012 (S/V: 3.8) ed acini più grossi nel 2010 (S/V: 3.54); il 2011 è risultato avere dimensioni intermedie tra le due annate. Lo sviluppo dell'acino è determinato da un insieme di fattori (Thomas *et al.*, 2006; Chaves *et al.*, 2010). Nelle fasi immediatamente successive all'allegagione le buone disponibilità idriche e le temperature non troppo elevate aumentando l'efficienza fotosintetica della pianta determinano una buona moltiplicazione cellulare (Wang *et al.*, 2003), come probabilmente avvenuto nel 2010 e nel 2011, mentre situazioni di stress idrico in questa fase (nel 2012), attraverso la sintesi di ABA, determinano un rallentamento della divisione mitotica. In post-invasitura quando avviene l'ingrossamento delle cellule dell'acino (Coombe, 1992) la disponibilità idrica sembra giocare un ruolo fondamentale, soprattutto nell'ultima fase prima della vendemmia. Quindi le elevatissime precipitazioni nei mesi di Agosto e Settembre del 2010 hanno determinato un forte accrescimento degli acini in questa fase, fenomeno non avvenuto nel 2011 e nel 2012. Inoltre la situazione climatica estrema del 2012 ha appianato le differenze tra le due diverse forme di allevamento, infatti sia per la Corvina che per il Corvinone non ci sono state differenze tra Pergola e Guyot, mentre nel 2011 con un regime termico e pluviometrico intermedio il Guyot ha fatto registrare acini di più piccole dimensioni per entrambe le varietà. Questo potrebbe essere determinato dalla maggiore efficienza fotosintetica garantita dalla disposizione orizzontale della vegetazione della Pergola oltre che dalle temperature più basse nella zona del grappolo.

Un effetto simile, ma di minor entità, è stato riscontrato anche nel 2010 determinando effetti significativi solamente per il Corvinone (Figura 4.8).

Tabella 4.8: Risultati dell'ANOVA fattoriale per lo studio della dimensione degli acini.

Parametro	Gradi di libertà	SS	F	p
forma di allevamento	1	5.8	49.2	< 0.0001
varietà	1	444.4	3800.8	< 0.0001
Anno	2	60.4	258.4	< 0.0001
forma di allevamento*varietà	1	0.1	0.6	ns
Forma di allevamento*Anno	2	6.6	28.4	< 0.0001
Varietà*ANNO	2	1.1	4.7	< 0.001
Forma di allevamento*Varietà*Anno	2	0.8	3.4	< 0.05
Error	4008	774.2		

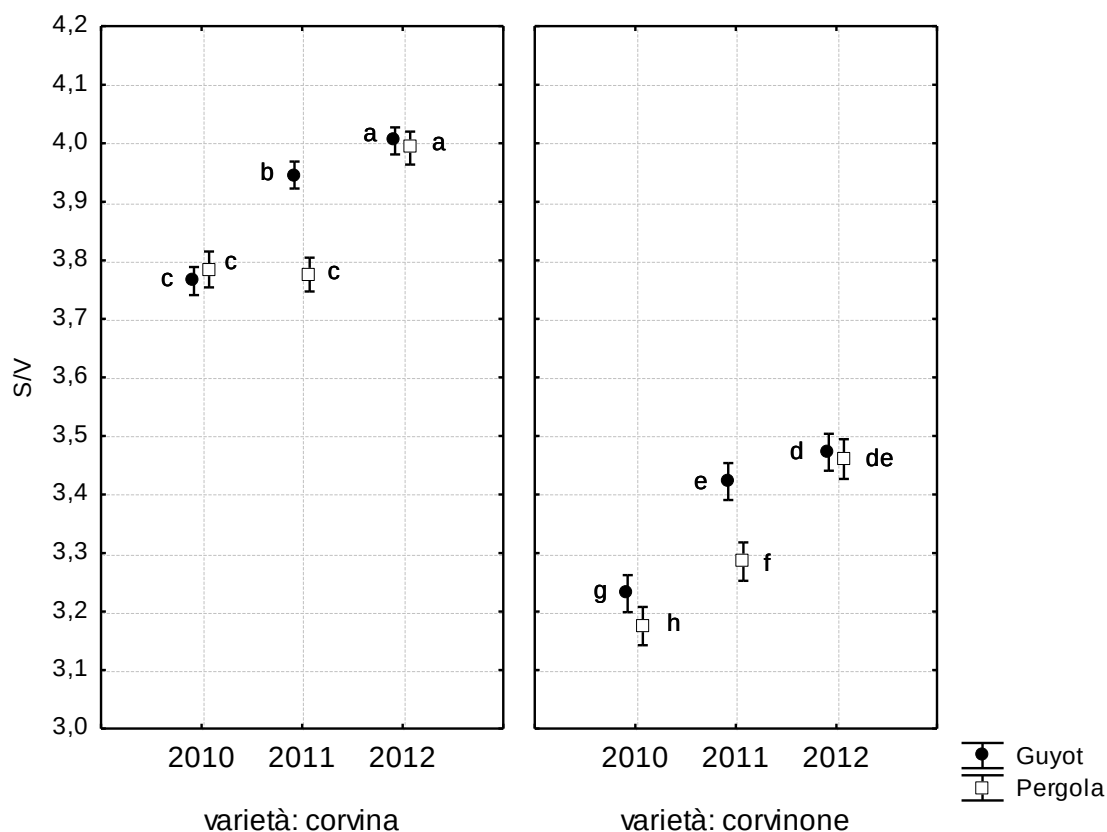


Figura 4.8: Andamento della dimensione degli acini di Corvina e Corvinone, nelle diverse annate per le due forme di allevamento studiate.

Note: Le barre verticali indicano un intervallo di confidenza del 95%, lettere differenti indicano differenze significative (test di Duncan $p=5\%$)

4.3.2.2 *Effetto del sito di coltivazione*

Sia per quanto riguarda la Corvina che per il Corvinone allevati a Guyot sono state osservati effetti statisticamente significativi sulla dimensione degli acini sia legati all'annata che all'unità di coltivazione, oltre che all'interazione tra questi due fattori (Tabella 4.9). Mentre a livello di annata le differenze sembrano essere legate alle temperature in post-allegagione ed alle precipitazioni in post-invaiaitura, osservando l'andamento tra le diverse unità (Tabella 4.10) questo risulta meno evidente. Se i dati del 2010 e del 2011 mantengono alcuni aspetti simili, nel 2012 sono probabilmente intervenuti altri fattori, come la prolungata assenza di precipitazioni, ad alterare l'accrescimento degli acini. Inoltre sono stati osservati andamenti diversi tra Corvina e Corvinone.

Per la Corvina nella zona pianeggiante l'unità con minore disponibilità idrica (PF) ha mostrato acini più piccoli rispetto a PG, sia nel 2010 che nel 2011; nel 2012, anche a causa degli interventi irrigui, queste differenze non sono state riscontrate. Nelle zone con minore TTSW, ovvero bassa ed alta collina, i suoli di biancone hanno, in tutte e tre le annate, mostrato acini di più piccole dimensioni rispetto a quelli di scaglia rossa. Infine nella zona di media collina (MCS, MCB) quando non ci sono state differenze nella frazione di acqua traspirabile (FTSW) tra le due unità, ovvero nel 2010 e nel 2012 gli acini sono stati di più piccole dimensioni sui suoli di scaglia rossa. Nel 2011 con una differenza significativa nel contenuto idrico dei suoli, quello con minore disponibilità idrica (MCB) ha mostrato acini di più piccole dimensioni.

Il Corvinone è invece sembrato essere meno sensibile alle diverse disponibilità idriche dei suoli mentre differenze significative sono state osservate a seconda della zona, non è chiaro se queste siano legate alla maggiore profondità esplorabile dalle radici o alle diverse temperature del sito. Gli acini di più grosse dimensioni sono stati sempre

incontrati nelle zone con suoli più profondi e con temperature medie superiori collocati nelle zone di pianura e di bassa collina. Salendo di quota e diminuendo sia la profanità del suolo che le temperature medie la dimensione degli acini diminuisce (Tabella 4.10). Ciò potrebbe essere dovuto ad un migliore sviluppo dell'apparato radicale del Corvinone in grado, nei suoli più profondi, di esplorare orizzonti anche oltre il metro di profondità, sopperendo quindi alla diversa disponibilità idrica degli strati più superficiali.

Tabella 4.9: Risultato dell'analisi della varianza per la dimensione degli acini di Corvina e Corvinone allevati a Guyot.

Fattore	CORVINA				CORVINONE			
	Gradi di libertà	SS	F	p	Gradi di libertà	SS	F	p
Unità	7	15.13	26.73	< 0.0001	6	22.76	53.14	< 0.0001
Anno	2	10.21	63.15	< 0.0001	2	17.88	125.27	< 0.0001
Unità*Anno	14	10.02	8.85	< 0.0001	12	11.31	13.20	< 0.0001

Tabella 4.10: Media di S/V di Corvina e Corvinone allevati a Guyot nelle diverse annate e nelle differenti unità studiate.

Unità di pedopaesaggio	2010		2011		2012	
CORVINA						
PG	3.69	bc	3.68	e	4.05	bc
PF	3.97	a	4.09	a	4.10	bc
CS	3.64	bcd	3.81	bc	3.94	c
CB	3.56	d	3.69	de	3.58	d
MCS	3.77	b	3.64	e	4.28	a
MCB	3.62	cd	3.94	b	3.70	d
ACS	3.53	d	3.72	de	4.06	bc
ACB	3.89	a	3.91	bc	4.21	ab
CORVINONE						
PG	3.03	c	3.42	b	3.56	c
PF	3.05	c	3.30	b	3.44	cd
CS	-		-		-	
CB	3.03	c	3.13	c	3.12	e
MCS	3.15	bc	3.39	b	3.59	c
MCB	3.12	bc	3.31	b	3.36	d
ACS	3.20	b	3.36	b	4.21	a
ACB	3.57	a	3.74	a	3.76	b

Note: Lettere differenti indicano valori statisticamente differenti (test di Duncan $p=5\%$) in riferimento all'analisi della varianza per ogni annata e per ogni varietà.

4.3.3 COMPATTEZZA DEL GRAPPOLO

Essendo l'indice calcolato per descrivere questo parametro (I.C.) non idoneo a confrontare grappoli di diverse varietà per operare questo confronto i dati ottenuti sono stati normalizzati per le due varietà. I valori di riferimento per la normalizzazione (media e deviazione standard) sono per la Corvina 14.59 ± 4.12 e per il Corvinone 18.90 ± 5.96 .

4.3.3.1 Effetto di forma di allevamento, annata e varietà

I grappoli sono risultati essere mediamente più compatti sulla Pergola rispetto al Guyot e ciò è sicuramente legato anche alla maggiore dimensione degli acini incontrati su questa forma di allevamento. Questo effetto è stato riscontrato in tutte e tre le annate per quanto riguarda il Corvinone mentre solo nel 2011 questa differenza è risultata statisticamente significativa sulla Corvina.

Le due varietà su entrambe le forme di allevamento studiate hanno mostrato una compattezza dei grappoli influenzata dall'annata in maniera analoga a quanto osservato per la dimensione degli acini, quindi grappoli più compatti nel 2010 e più spargoli nel 2012 con una situazione intermedia nel 2011 (Figura 4.9). La correlazione lineare tra dimensione degli acini e compattezza del grappolo è risultata essere significativa ($p < 0.0001$) con un $R^2 = 0.65$ (Tabella 4.14). Osservando le equazioni della retta di regressione si capisce come al diminuire della dimensione degli acini vi sia un indice di compattezza più basso che significa grappoli più spargoli.

Tabella 4.11: Risultati dell'ANOVA fattoriale per lo studio della compattezza dei grappoli.

Parametro	Gradi di libertà	SS	F	p
forma di allevamento	1	43.8	55.5	< 0.0001
varietà	1	0.4	0.5	ns
Anno	2	236.9	150.0	< 0.0001
forma di allevamento*varietà	1	4.3	5.4	< 0.05
Forma di allevamento*Anno	2	10.4	6.6	< 0.001
Varietà*ANNO	2	1.6	1.0	ns
Forma di allevamento*Varietà*Anno	2	5.0	3.2	< 0.05
Error	1593	1257.8		

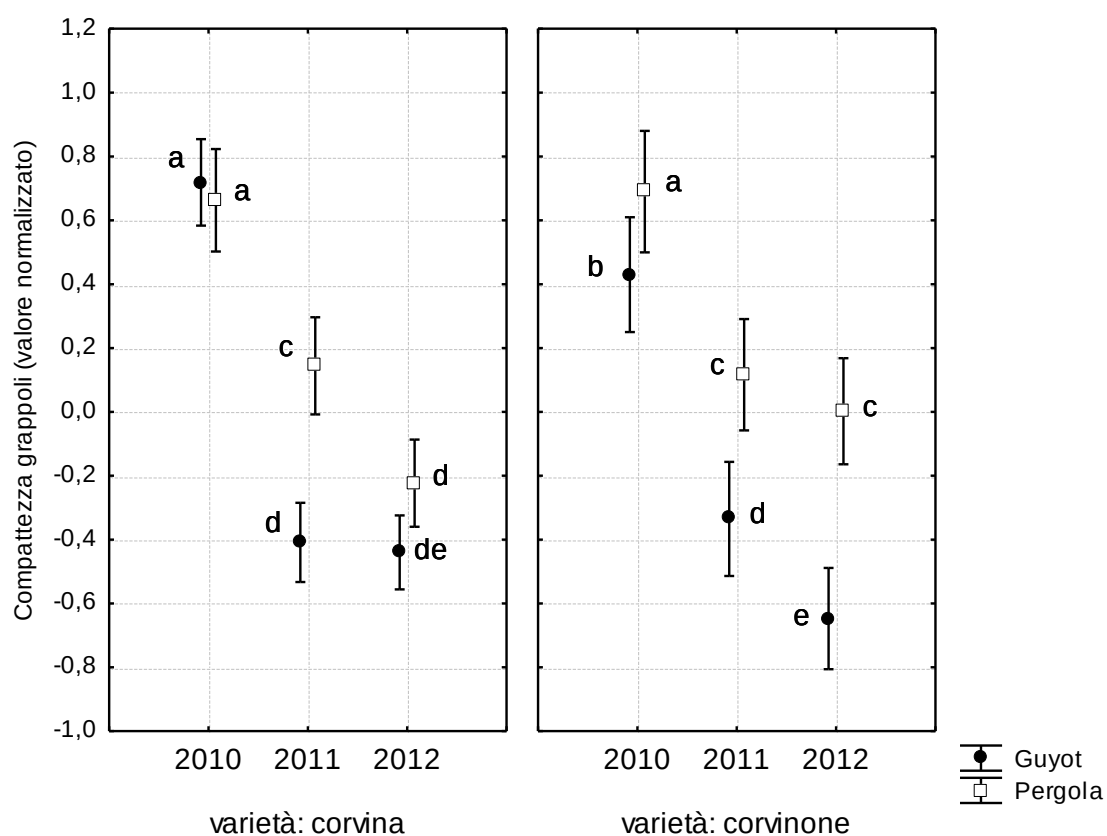


Figura 4.9: Andamento della compattezza dei grappoli di Corvina e Corvinone, nelle diverse annate per le due forme di allevamento studiate.

Note: le barre verticali indicano un intervallo di confidenza del 95%; lettere differenti indicano differenze significative (test di Duncan $p=5\%$)

4.3.3.2 *Effetto del sito di coltivazione*

Come per la dimensione degli acini anche per la compattezza dei grappoli sono stati osservati effetti statisticamente significativi legati sia all'annata che all'unità di coltivazione, oltre che all'interazione tra questi due fattori (Tabella 4.12).

Come già evidenziato per le diverse forme di allevamento anche le differenze riscontrate tra le varie unità di pedopaesaggio hanno evidenziato la stretta relazione tra compattezza del grappolo e dimensione degli acini. Questa relazione è risultata più evidente ($R^2 = 0.74$) nel 2010 (Tabella 4.14), ossia quando la dimensione degli acini è risultata maggiore in seguito alle elevate precipitazioni avvenute a ridosso della vendemmia. Nel 2011 e nel 2012 la correlazione è risultata essere meno forte e ciò è probabilmente legato al fatto che in assenza del fenomeno idrico la componente genetica, legata anche all'interazione con la forma di allevamento, ha un maggior peso nel determinare il livello di compattezza dei grappoli. Osservando i dati di 2011 e 2012, non influenzati da precipitazioni pre-raccolta, si può osservare come la Pergola abbia grappoli più compatti rispetto al Guyot per entrambe le varietà (Tabella 4.9).

Nella Tabella 4.13 sono riportati i dati relativi alle due varietà allevate a Guyot, appare evidente come la correlazione tra dimensione degli acini e I.C. sia particolarmente forte nel 2010 sia per la Corvina che per il Corvinone. Nel 2011 e nel 2012 questa relazione è risultata confermata solamente per la Corvina nelle zone con elevata TTSW ovvero pianura e media collina. La compattezza dei grappoli del Corvinone in queste due annate non ha mostrato alcun tipo di correlazione né con la dimensione degli acini né con altre caratteristiche del sito di coltivazione.

Tabella 4.12: Risultato dell'analisi della varianza per l'indice di compattezza dei grappoli di Corvina e Corvinone allevati a Guyot.

Fattore	CORVINA				CORVINONE			
	Gradi di libertà	SS	F	p	Gradi di libertà	SS	F	p
Unità	7	453.83	10.67	< 0.0001	6	674.11	7.70	< 0.0001
Anno	2	1323.68	108.94	< 0.0001	2	1804.68	61.81	< 0.0001
Unità*Anno	14	751.55	8.84	< 0.0001	12	679.23	3.88	< 0.0001

Tabella 4.13: Media di I.C. di Corvina e Corvinone nelle diverse annate e nelle differenti unità studiate.

Unità di pedopae saggio	2010		2011		2012	
CORVINA						
PG	16.78	c	15.02	ab	10.50	cd
PF	16.77	c	11.09	d	12.11	bc
CS	21.06	a	7.89	e	11.41	bcd
CB	19.96	ab	15.35	ab	13.59	b
MCS	21.96	a	15.50	a	9.12	d
MCB	17.15	bc	13.73	ab	15.99	a
ACS	21.48	a	14.56	ab	13.78	ab
ACB	12.13	d	12.68	cd	10.22	cd
CORVINONE						
PG	23.04	abc	16.36	bc	21.19	a
PF	19.17	bc	12.08	d	14.42	bc
CS	-		-		-	
CB	21.82	abc	15.74	bcd	16.00	b
MCS	25.82	a	13.45	cd	14.00	bc
MCB	26.53	a	20.20	a	15.62	b
ACS	23.73	ab	17.55	ab	10.07	c
ACB	17.98	c	15.43	bcd	10.14	c

Note: lettere differenti indicano valori statisticamente differenti (test di Duncan $p=5\%$) in riferimento all'analisi della varianza per ogni annata e per ogni varietà.

Tabella 4.14: Correlazione tra dimensioni acini e compattezza grappoli, utilizzando tutti i dati (Corvina e Corvinone su entrambe le forme di allevamento)

Correlazione tra S/V e I.C.	R ²	p	equazione
2010-2012	0.65	< 0.0001	I.C.=47.6-8.5*S/V
2010	0.74	< 0.0001	I.C.=50.9-8.9*S/V
2011	0.52	< 0.0001	I.C.=36.8-5.8*S/V
2012	0.59	< 0.0001	I.C.=42.7-7.4*S/V

4.3.4 CERE EPICUTICOLARI

4.3.4.1 Effetto di forma di allevamento, annata e varietà

La quantità di cere è risultata maggiore nella Corvina con in media $1.19 \mu\text{g}/\text{mm}^2$ contro $1.03 \mu\text{g}/\text{mm}^2$ del Corvinone, confermando come questa sia una caratteristica determinata dal corredo genetico delle diverse varietà (Shepherd e Wynne Griffiths, 2006). Infatti la Corvina ha mostrato più cere del Corvinone in tutte e tre le annate di studio (Figura 4.10), questa differenza potrebbe essere legata in maniera marginale anche alla diversa dimensioni degli acini tra le due cultivar.

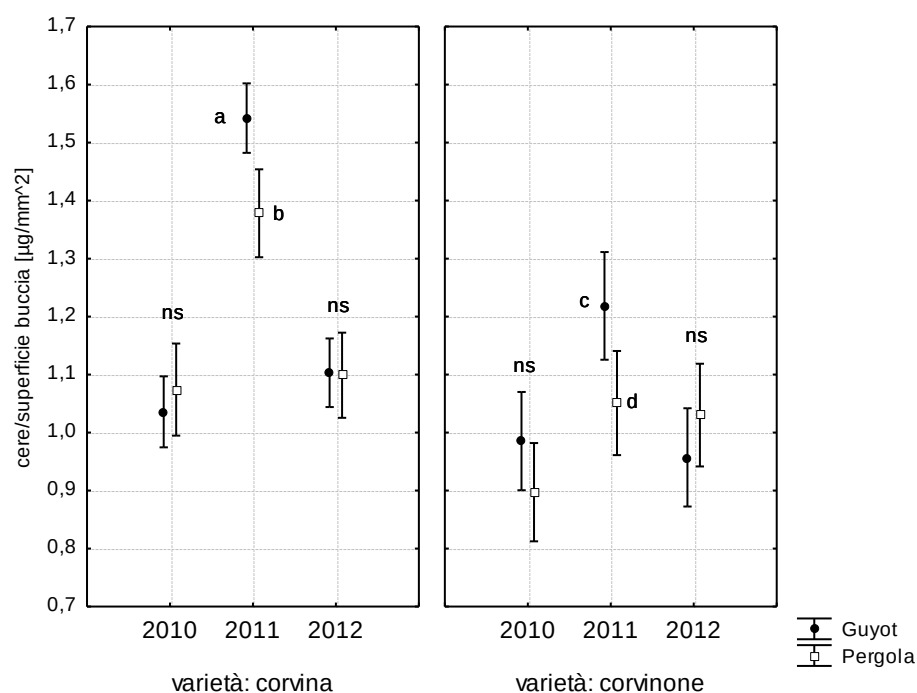
Tra le diverse annate (Figura 4.10) il 2011 è quello che ha mostrato una maggiore quantità di cere, sia per la Corvina che per il Corvinone, questo aumento è l'effetto del manifestarsi di situazioni ideali per una buona sintesi di cere (Shepherd e Wynne Griffiths, 2006), contro un annata poco soleggiata come il 2010 ed una molto calda come il 2012, ovvero situazioni che ne sfavoriscono la sintesi. Tra il 2010 ed il 2012 non sono state riscontrate differenze significative nel contenuto di cere.

Come già accennato la quantità di cere epicuticolari è risultata variare tra le annate. Osservando l'interazione tra forma di allevamento ed annata, però, nel 2010 e nel 2012 non sono state riscontrate differenze significative tra i due sistemi di potatura. Solo nel 2011 le uve allevate a Guyot hanno mostrato un maggior contenuto in cere. Infatti la maggiore esposizione alla luce degli acini, situazione tipica del Guyot, determina contenuti maggiori di cere epicuticolari (Muganu *et al.*, 2011).

Tabella 4.15: Risultati dell'ANOVA fattoriale per lo studio della quantità di cere epicuticolari.

Parametro	Gradi di libertà	SS	F	p
forma di allevamento	1	0.18	3.30	ns
varietà	1	3.53	66.52	< 0.0001
Anno	2	7.80	73.53	< 0.0001
forma di allevamento*varietà	1	0.03	0.65	ns
Forma di allevamento*Anno	2	0.51	4.84	< 0.05
Varietà*Anno	2	0.80	7.54	< 0.001
Forma di allevamento*Varietà*Anno	2	0.23	2.14	ns
Error	526	28.64		

Figura 4.10: Andamento della quantità di cere epicuticolari di Corvina e Corvinone, nelle diverse annate per le due forme di allevamento studiate.



Note: Le barre verticali indicano un intervallo di confidenza del 95%, lettere differenti indicano differenze significative (test di Duncan $p=5\%$)

4.3.4.2 Effetto del sito di coltivazione

I risultati dell'analisi della varianza (Tabella 4.16) tra le annate e le unità di pedopaesaggio, eseguita separatamente per le due varietà e le due forme di allevamento,

mostrano come vi sia un effetto significativo legato sia al sito di coltivazione che all'annata; l'effetto dell'unità non è stato riscontrato per il Corvinone allevato a Pergola. Analizzando nel dettaglio le differenze tra le varie unità emerge come tra il 2010 ed il 2012 non vi siano, considerando la stessa forma di allevamento e varietà, importanti differenze tra le diverse unità (Figura 4.10).

Solo nel 2011 sono state individuate differenze tra le zone che sono risultate essere legate alle caratteristiche dell'ambiente di coltivazione, in particolare alla differente quota dei vigneti. Nella Figura 4.11 è rappresentato il contenuto di cere nelle diverse unità nelle annate di studio, il 2010 ed il 2012 sono state aggregate in quanto non erano presenti differenze significative tra le due annate. Dal grafico emerge come nel 2011, sia per la Pergola che per il Guyot, nelle zone di alta collina sia stata trovata una maggior quantità di cere mentre nelle zone di pianura e bassa collina la quantità è risultata essere più bassa. Questo andamento analogo tra le due forme di allevamento sembrerebbe essere legato alla zona di coltivazione ed in particolare alle temperature più fresche di questa zona che determinano un maggior accumulo di cere (Shepherd e Wynne Griffiths, 2006).

Tabella 4.16: Risultato dell'analisi della varianza per la quantità di cere di Corvina e Corvinone separata per le due forme di allevamento.

Fattore	CORVINA				CORVINONE			
	Gradi di libertà	SS	F	p	Gradi di libertà	SS	F	p
Guyot								
Unità	7	1.72	3.76	< 0.001	6	1.22	6.93	< 0.0001
Anno	2	10.53	80.66	< 0.0001	2	1.04	17.68	< 0.0001
Unità*Anno	14	4.78	5.23	< 0.0001	12	1.16	3.31	< 0.001
Pergola								
Unità	6	1.12	4.15	< 0.001	5	0.22	1.17	ns
Anno	2	2.83	31.36	< 0.0001	2	0.42	5.45	< 0.05
Unità*Anno	12	1.95	3.60	< 0.001	10	0.98	2.55	< 0.05

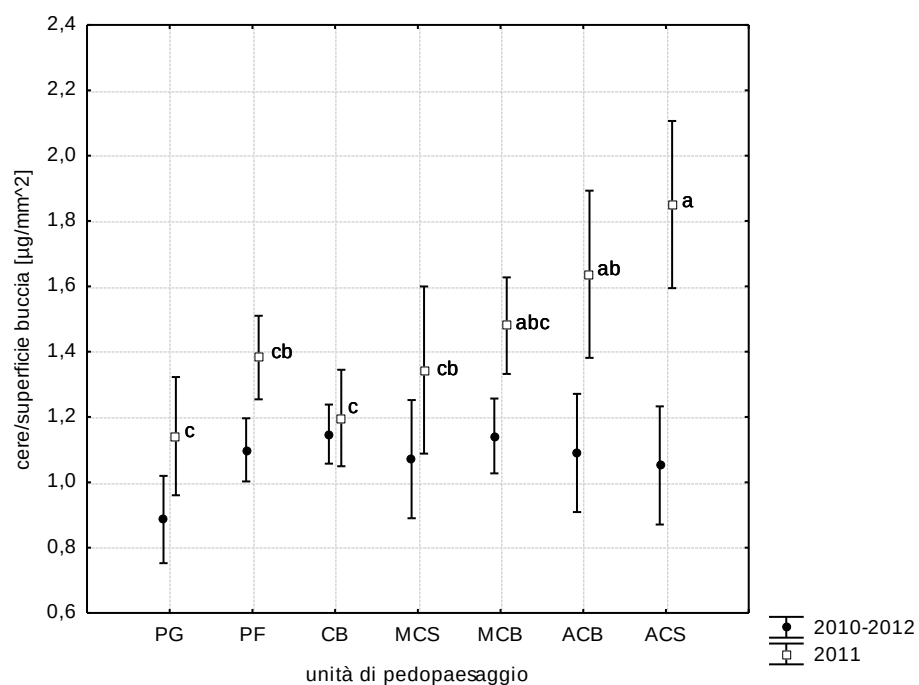
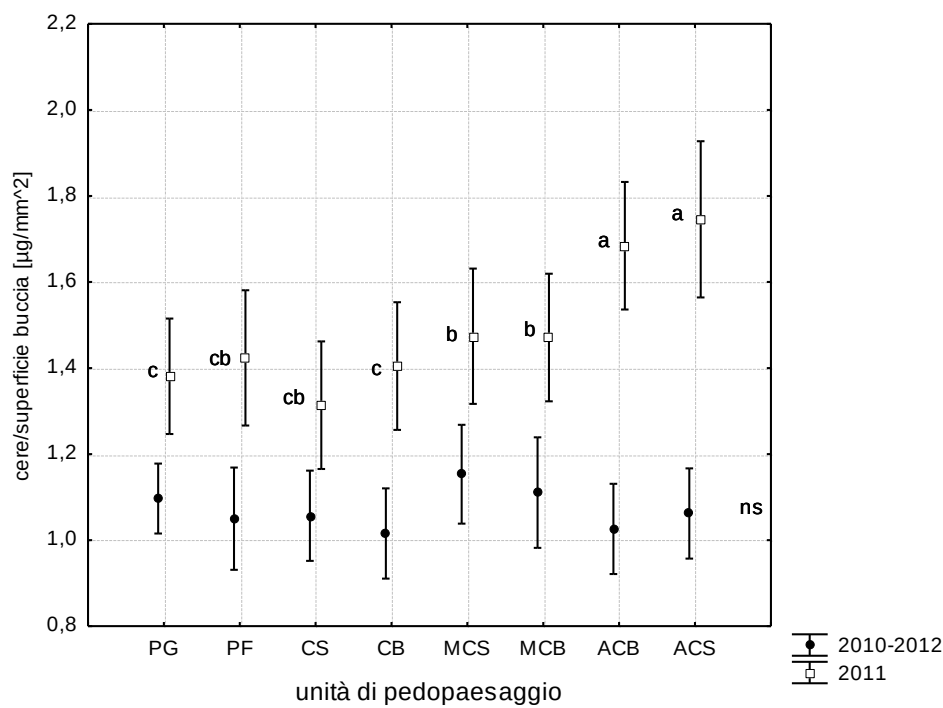


Figura 4.11: Andamento della quantità di cere sugli acini di Corvina allevata a Guyot (sopra) e Pergola (sotto) nelle diverse unità di pedopaisaggio nel 2011 e nel 2010 e 2012 (media delle due annate).

Note: le barre verticali indicano un intervallo di confidenza del 95%, lettere differenti indicano differenze significative (test di Duncan $p=5\%$)

4.3.5 SPESSORE DELLA BUCCIA

4.3.5.1 Effetto di forma di allevamento, annata e varietà

Utilizzando l'intero set di dati raccolto è stato possibile valutare gli effetti della forma di allevamento, dell'annata e della varietà sullo spessore della buccia. Tutti e tre i fattori hanno avuto un effetto statisticamente significativo sullo spessore. Inoltre sono state osservate diverse interazioni tra forma di allevamento e varietà, forma di allevamento e annata e tra varietà ed annata (Tabella 4.17)

Lo spessore della buccia è fortemente influenzato dalla componente varietale (Letaief *et al.*, 2008) questo è stato confermato anche dai nostri dati infatti la Corvina ha una buccia più sottile (187.5 µm) rispetto al Corvinone (199.4 µm). Ciò è probabilmente dovuto al fatto che il numero di strati cellulari dell'epidermide varia in maniera consistente a seconda della varietà (Considine e Knox, 1979; Roudot, 2006; Hardie *et al.*, 2008). Anche il clima influenza lo spessore della buccia (Letaief *et al.*, 2008; Porro *et al.*, 2008; Rolle *et al.*, 2012b), ed infatti nell'annata più calda (2012) abbiamo osservato per entrambe le varietà una diminuzione del suo spessore anche se con entità diverse, del 12.5 % per la Corvina e del 15.5 % per il Corvinone. Ciò sembrerebbe in contrasto con quanto riportato da (Letaief *et al.*, 2008) che riscontra bucce più sottili in annate più fresche; probabilmente le ondate di calore e la scarsa disponibilità idrica registrate nel perdio immediatamente successivo alla fioritura nel 2012 (temperature massime oltre i 30 °C a partire dalla seconda decade di Giugno) potrebbero aver compromesso la divisione cellulare negli acini in accrescimento determinando un minor numero di strati cellulari componenti la buccia (Wang *et al.*, 2003; Thomas *et al.*, 2006; Chaves *et al.*, 2010), questo è inoltre confermato dalla correlazione positiva e significativa tra dimensione degli acini e spessore della buccia riscontrata sia per la Corvina (Tabella 4.20) che per il Corvinone. Questa relazione indica come acini di più piccole

dimensioni abbiano anche una buccia più sottile.

Le differenze tra le due forme di allevamento non sono sempre state significative nelle diverse annate. Come per le cere solo nel 2011 si sono registrate differenze significative tra le forme di allevamento, nel 2011 la Pergola ha determinato bucce più sottili rispetto al Guyot sia per la Corvina che per il Corvinone. Quindi questo effetto è probabilmente legato alla differente esposizione degli acini ai raggi solari infatti su Trebbiano toscano e Rossetto è stato osservato che gli acini all'ombra, presentando temperature più basse, hanno una buccia più sottile (Muganu *et al.*, 2011). Nel 2010 e nel 2012 queste differenze microclimatiche sono probabilmente state appianate dall'effetto annata, essendo la prima stata molto fredda e la seconda molto calda.

Tabella 4.17: Risultati dell'ANOVA fattoriale per lo studio dello spessore della buccia.

Parametro	Gradi di libertà	SS	F	p
forma di allevamento	1	4103	11.6	< 0.001
varietà	1	129952	365.9	< 0.0001
Anno	2	525548	739.9	< 0.0001
forma di allevamento*varietà	1	5223	14.7	< 0.001
Forma di allevamento*Anno	2	14588	20.5	< 0.0001
Varietà*Anno	2	6211	8.7	< 0.001
Forma di allevamento*Varietà*Anno	2	1739	2.4	ns
Error	4008	1423457		

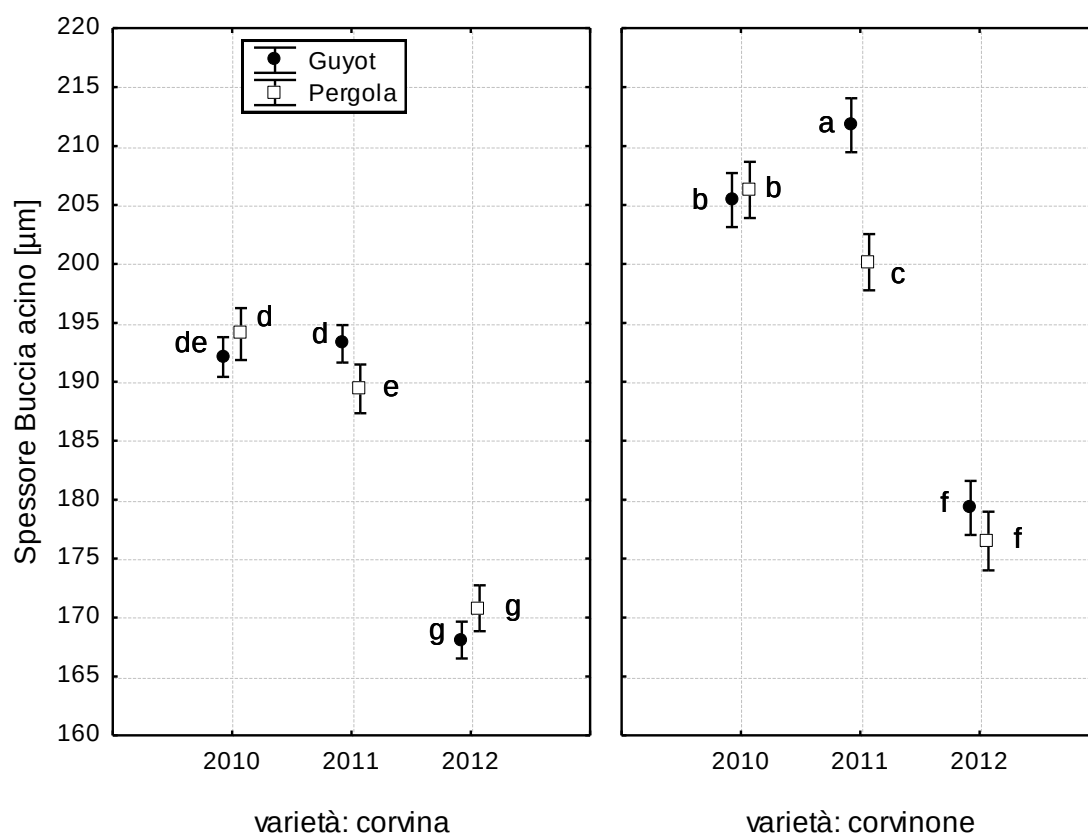


Figura 4.12: Andamento dello spessore della buccia di Corvina e Corvinone, nelle diverse annate per le due forme di allevamento studiate.

Note: le barre verticali indicano un intervallo di confidenza del 95%; lettere differenti indicano differenze significative (test di Duncan $p=5\%$).

4.3.5.2 Effetto del sito di coltivazione

Per quanto riguarda la Corvina allevata a Guyot è stato osservato un effetto annata che è predominante su quello della zona di coltivazione. L'interazione significativa tra la zona di coltivazione e l'annata indica come nelle diverse annate lo spessore della buccia vari anche in funzione dell'unità di coltivazione. Anche per il Corvinone è stato riscontrato un effetto analogo, anche se in questo caso il sito di coltivazione ha avuto un effetto più marcato (Tabella 4.18).

Per capire meglio l'andamento dello spessore della buccia della Corvina nelle diverse unità è stato eseguito un'analisi della varianza per le singole annate (Figura 4.13 e Figura 4.14). Nel 2010, probabilmente a causa delle elevate precipitazioni e delle scarse

differenze a livello idrico tra le zone (Figura 4.5), non sono state riscontrate differenze statisticamente significative tra le unità. Nel 2011, invece, confrontando le unità sulla base delle zone climatiche individuate, in pianura ed in bassa collina le unità con FTSW più bassa hanno mostrato bucce più spesse, come già osservato anche su Lambrusco (Porro *et al.*, 2008). A confermare questo tipo di risposta sono anche i dati relativi al 2012, nelle zone non irrigate di media e alta collina la Corvina allevata su biancone (MCB e ACB) ha presentato bucce più spesse. Come nel 2010, anche nel 2012, le unità con elevata disponibilità idrica (irrigazione), pianura e bassa collina, non hanno fatto registrare differenze statisticamente significative.

Tabella 4.18: Risultato dell'analisi della varianza per lo spessore della buccia di Corvina e Corvinone allevati a Guyot.

Fattore	CORVINA				CORVINONE			
	Gradi di libertà	SS	F	p	Gradi di libertà	SS	F	p
Unità	7	4085	2.07	< 0.05	6	11062	4.74	< 0.001
Anno	2	72533	128.61	< 0.0001	2	84619	108.77	< 0.0001
Unità*Anno	14	18432	4.67	< 0.0001	12	53167	11.39	< 0.0001

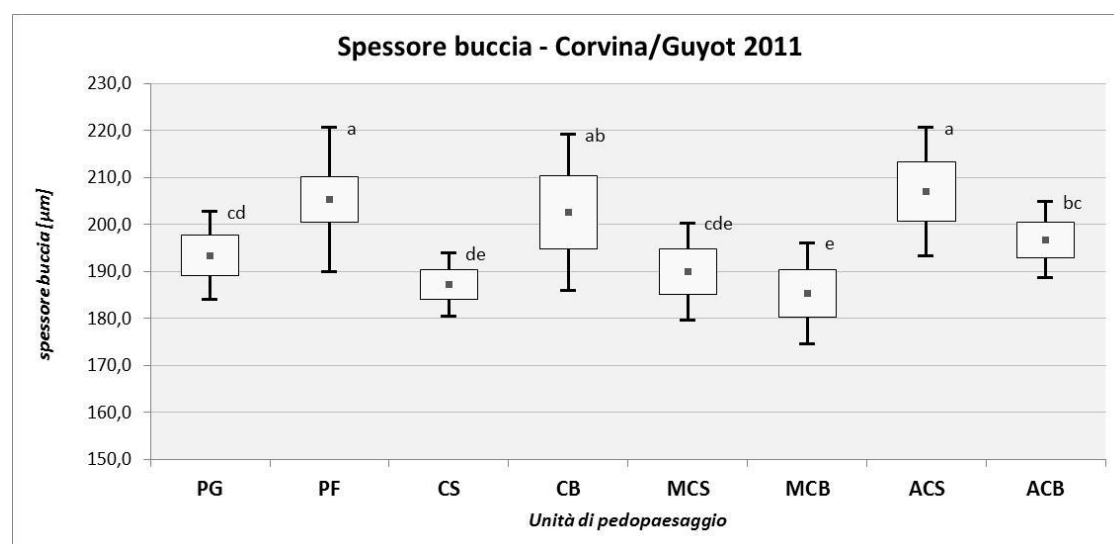


Figura 4.13: Box plot dello spessore della buccia di Corvina allevata a Guyot nelle diverse unità di pedopaesaggio nel 2011.

Note: il punto indica la media, il rettangolo l'intervallo di confidenza del 95%, le barre la deviazione standard; lettere differenti indicano differenze significative (test di Duncan $p=5\%$)

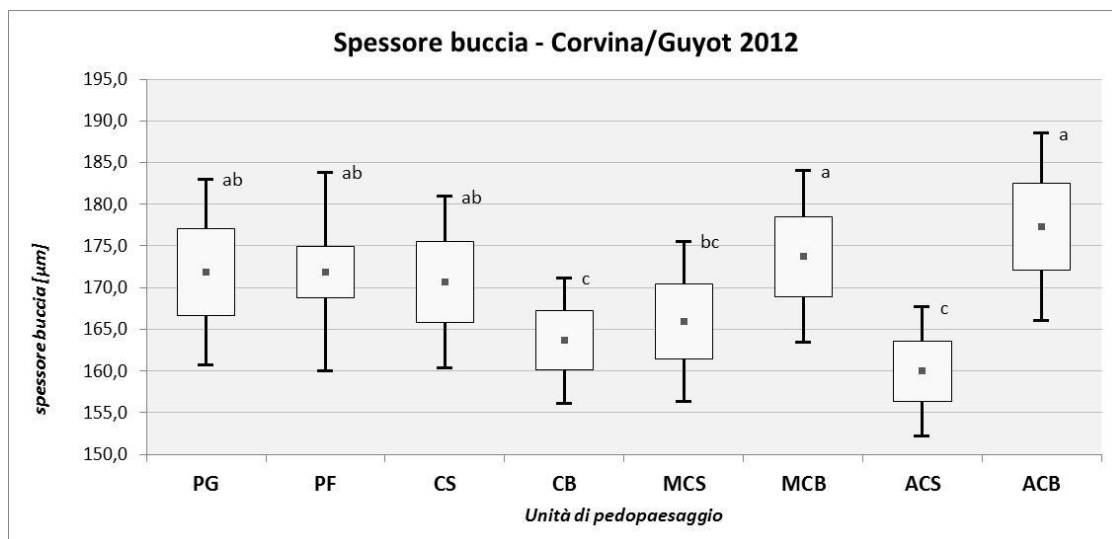


Figura 4.14: Box plot dello spessore della buccia di Corvina allevata a Guyot nelle diverse unità di pedopaesaggio nel 2012.

Note: il punto indica la media, il rettangolo l'intervallo di confidenza del 95%, le barre la deviazione standard; lettere differenti indicano differenze significative (test di Duncan $p=5\%$)

La buccia del Corvinone (Figura 4.15) nelle unità di Pianura (PG e PF) non ha mostrato differenze significative nelle diverse annate tra le due unità di pedopaesaggio. Confermando come questa varietà, nelle unità in cui la profondità esplorabile dalle radici è elevata, sia meno sensibile alla scarsa disponibilità idrica degli strati superficiali del suolo (fino a un metro) rispetto alla Corvina. Nelle altre zone il comportamento è stato simile a quello della Corvina. Nella zona CB l'unica annata con minore disponibilità idrica (2011) ha fatto registrare bucce più spesse. Nelle zone di Media ed Alta collina, dove la profondità è più limitata, le bucce sono risultate più spesse dove la disponibilità idrica è inferiore, ovvero nel Biancone (MCB e ACB).

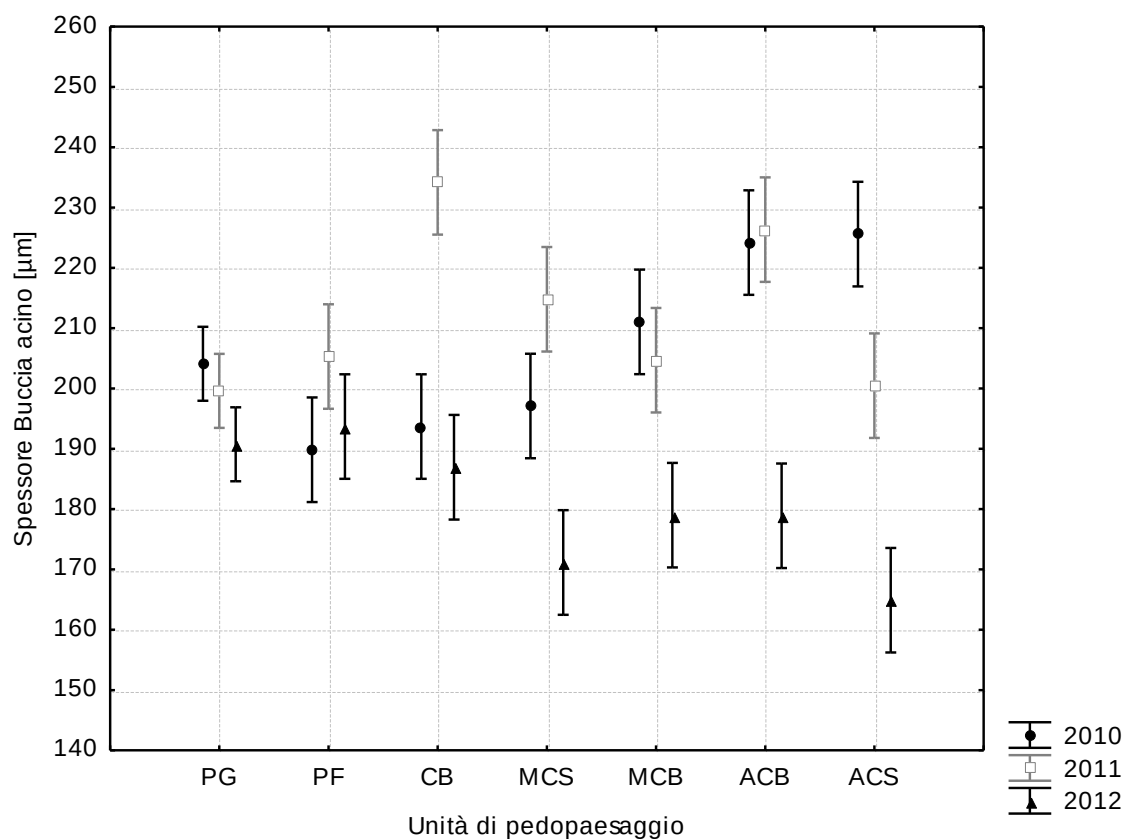


Figura 4.15: Andamento dello spessore della buccia di Corvinone allevato a Guyot, nelle diverse annate nelle differenti unità di pedopaesaggio. Le barre verticali indicano un intervallo di confidenza del 95%.

4.4 CINETICHE DI APPASSIMENTO

Le cinetiche di appassimento di tutte le cassette sono risultate interpolabili da una retta con una p sempre significativa ed un R^2 compreso tra 0.97 e 0.99, questi risultati sono in linea con quanto descritto da Barbanti *et al.* (2008), che riportano come vi sia una regressione lineare tra tempo e calo in peso che si mantiene fino ad una percentuale di disidratazione del 40%, oltre tale livello di disidratazione la cinetica risulta descritta da una relazione logaritmica.

L'analisi statistica congiunta di tutti i coefficienti angolari delle rette di appassimento (Tabella 4.19) ha consentito di confermare come vi sia un effetto significativo della varietà e dell'annata sulla velocità di disidratazione. Il Corvinone ha mostrato un

appassimento più lento rispetto alla Corvina (Figura 4.16) come già riportato da (Barbanti *et al.*, 2008; Giacosa *et al.*, 2012), ciò è avvenuto in tutte e tre le annate di studio. Questa sostanziale differenza è legata principalmente alla dimensione degli acini, appare evidente quindi che la varietà con acini di più grosse dimensioni (Corvinone) appassisca più lentamente di quella con acini di dimensioni minori (Corvina). Questa differenza viene anche supportata dal fatto che il Corvinone ha sempre mostrato una buccia più spessa rispetto alla Corvina. Perciò lo spessore della buccia e la dimensione degli acini sono risultati parametri in grado di fornire informazioni sulla cinetica di appassimento in grado di discriminare tra le diverse varietà.

Osservando i dati della Tabella 4.19 si nota come in termini generali non vi sia stata alcuna differenza nella cinetica di appassimento tra il 2010 ed il 2012, fermo restando la differenza tra le due varietà. Il 2011 ha mostrato una cinetica di appassimento più rapida rispetto alle altre due annate, nonostante sia risultato l'anno con la maggiore quantità di cere a ricoprire gli acini, questo parametro sembrerebbe non influenzare la cinetica di appassimento (Muganu *et al.*, 2011).

Tabella 4.19: A sinistra, risultato dell'analisi della varianza per il coefficiente angolare (m) delle curve di appassimento di Corvina e Corvinone. A destra valori medi di "m" relativi all'interazione tra varietà e annata.

Parametro	Gradi di libertà	SS	F	p	Anno	Varietà	m
varietà	1	0.52	69.19	< 0.0001	2010	Corvina	0.68 c
						Corvinone	0.64 d
Anno	2	1.09	72.38	< 0.0001	2011	Corvina	0.78 a
Varietà*Anno	2	0.06	3.67	< 0.05		Corvinone	0.70 b
Error	714	5.40			2012	Corvina	0.68 bc
						Corvinone	0.62 d

Note: lettere differenti indicano medie statisticamente differenti (test di Duncan p=5%).

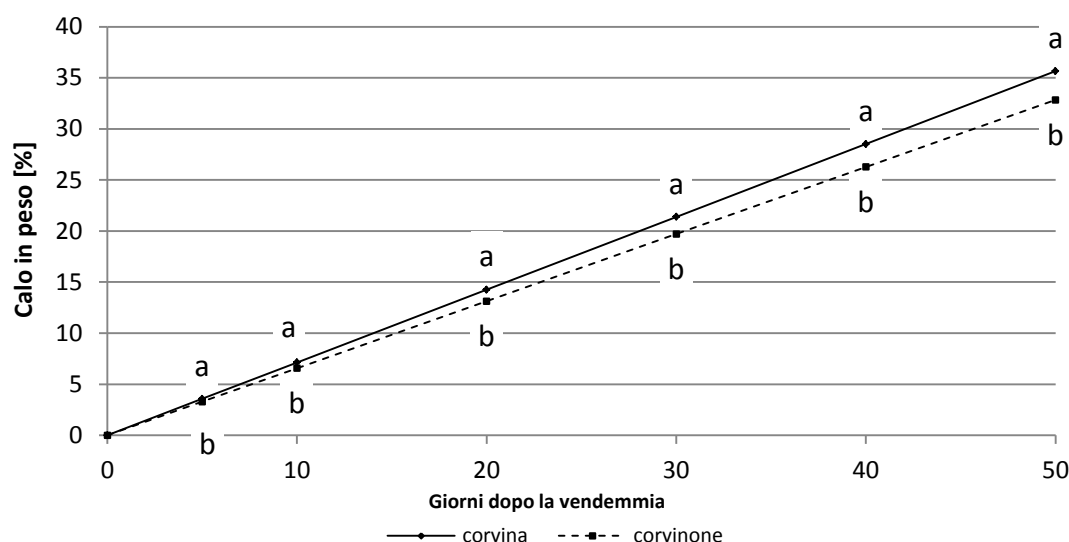


Figura 4.16: Cinetica di appassimento di Corvina e Corvinone.

Note: lettere differenti indicano valori statisticamente differenti (test di Duncan $p=5\%$)

Per quanto riguarda la Corvina la matrice di correlazione tra i parametri studiati ed il coefficiente angolare della retta relativo alla cinetica di appassimento (Tabella 4.20) indica come vi sia una correlazione positiva con la quantità di cere epicuticolari e negativa con l'indice di compattezza dei grappoli. Le differenze in termini di dimensioni degli acini e di spessore della buccia, all'interno della stessa varietà, non sono risultate correlabili in maniera significativa con la velocità di appassimento.

Osservando l'interazione tra i parametri studiati emerge, come già sottolineato (Tabella 4.20), che la compattezza dei grappoli sia determinata da acini di maggiori dimensioni; e che acini di dimensioni più piccole hanno anche una buccia più sottile.

Tabella 4.20: Matrice di correlazione della Corvina tra il coefficiente angolare della retta di appassimento (m) ed i parametri studiati: indice di compattezza (I.C.), spessore della buccia [μm], cere epicutcolari [$\mu\text{g}/\text{mm}^2$] e indice di dimensione degli acini (S/V). N=123.

	m	I.C.	spessore	cere	S/V
m	1.000				
I.C.	-0.305 **	1.000			
spessore	ns	0.337 ***	1.000		
cere	0.386 ***	-0.197 *	0.187 *	1.000	
S/V	ns	-0.572 ***	-0.355 ***	0.292 **	1.000

Note: gli asterischi indicano diversi livelli di significatività: *** $p < 0.0001$, ** $p < 0.001$, * $p < 0.05$

Dividendo le diverse tesi in base alle diverse velocità di appassimento (Tabella 4.21) sia per la Corvina che per il Corvinone risulta evidente come la compattezza dei grappoli, legata alla dimensione degli acini, influenzi sensibilmente la velocità di appassimento. Grappoli più compatti hanno determinato appassimenti più lenti.

Lo spessore della buccia, in entrambi i casi, non è sembrato un fattore determinante nel condizionare la cinetica di appassimento, anche se il trend dei dati ha evidenziato una velocità di disidratazione più rapida con bucce leggermente più spesse, come per altro osservato da Muganu *et al.* (2011).

Le cere, solamente per la Corvina, hanno mostrato una distribuzione inversamente proporzionale alla cinetica di appassimento, facendo ipotizzare che una minore quantità di cere determini una cinetica di appassimento più lenta, confermando quanto riscontrato sia da Ramming (2009) che da Muganu *et al.* (2011). Ciò è giustificato dal fatto che non è la quantità di cere in termini assoluti a determinare la protezione della disidratazione ma bensì la loro composizione (Grncarevic e Radler, 1967; Grncarevic e Radler, 1971; Shepherd e Wynne Griffiths, 2006; Ramming, 2009), infatti l'acido

oleanolico, principale costituente delle cere, non ha alcun effetto sull'appassimento in ambiente condizionato (Grncarevic e Radler, 1967). I cambiamenti della quantità di cere che avvengono a partire dall'invasatura sono modulati, oltre che dalla varietà, dalle differenti condizioni ambientali, principalmente radiazione solare e temperatura, e questi interessano i diversi costituenti delle cere in maniera differente (Shepherd e Wynne Griffiths, 2006). In un recente lavoro le uve di due varietà (Rossetto e Trebbiano toscano) sono state campionate separatamente a seconda che fossero più o meno esposte alla radiazione solare. Quelle più esposte hanno mostrato una maggiore quantità di cere ed una buccia più spessa, rispetto a quelle all'ombra, nonostante ciò gli acini all'ombra hanno avuto una cinetica di appassimento più lenta (Muganu *et al.*, 2011). Questo conferma come la maggior radiazione solare determini, da un lato l'aumento del contenuto di cere totali, e dall'altro la degradazione delle frazioni in grado di difendere l'acino dalla disidratazione. Considerando quindi la stessa varietà allevata con acini più o meno esposti si può ipotizzare che dove è maggiore la quantità di cere totali sia minore la frazione di idrocarburi ed aldeidi che proteggono l'acino dalla disidratazione (Grncarevic e Radler, 1967).

Tabella 4.21: Media dei parametri studiati: indice di compattezza (I.C), spessore della buccia [μm], cere epicutcolari [$\mu\text{g}/\text{mm}^2$] e indice di dimensione degli acini (S/V) relativo a quattro diverse velocità di appassimento per la Corvina (A) ed il Corvinone (B).

A)	m	N	I.C.	spessore	cere	S/V
<i>I percentile</i>	0.562 - 0.648	31	15.83 $\pm$ 0.64 a	182.94 $\pm$ 2.55	1.082 $\pm$ 0.034 b	3.874 $\pm$ 0.046
<i>II percentile</i>	0.648 - 0.689	31	14.88 $\pm$ 0.52 a	182.00 $\pm$ 2.68	1.126 $\pm$ 0.053 b	3.861 $\pm$ 0.036
<i>III percentile</i>	0.689 - 0.758	32	15.27 $\pm$ 0.53 a	182.15 $\pm$ 2.94	1.182 $\pm$ 0.049 b	3.875 $\pm$ 0.040
<i>IV percentile</i>	0.758 - 0.956	31	13.05 $\pm$ 0.52 b	189.17 $\pm$ 2.34	1.350 $\pm$ 0.049 a	3.938 $\pm$ 0.047

B)	m	N	I.C.	spessore	cere	S/V
<i>I percentile</i>	0.491 - 0.593	19	20.49 $\pm$ 1.05 a	192.80 $\pm$ 4.37	0.987 $\pm$ 0.045	3.263 $\pm$ 0.039
<i>II percentile</i>	0.593 - 0.638	19	19.71 $\pm$ 1.22 a	195.20 $\pm$ 5.84	1.127 $\pm$ 0.080	3.349 $\pm$ 0.045
<i>III percentile</i>	0.638 - 0.692	21	20.40 $\pm$ 0.98 a	196.65 $\pm$ 3.68	0.932 $\pm$ 0.047	3.302 $\pm$ 0.042
<i>IV percentile</i>	0.692 - 0.911	19	17.52 $\pm$ 0.75 b	202.61 $\pm$ 2.36	1.106 $\pm$ 0.045	3.345 $\pm$ 0.041

Note: lettere differenti indicano medie statisticamente differenti (test di Duncan $p=5\%$)

Per capire l'importanza delle cere e della compattezza del grappolo per alcune tesi questi fattori sono stati eliminati, per fare ciò le uve sono state poste in appassimento in tre differenti condizioni: grappoli interi, acini staccati dal raspo ed acini staccati dal raspo da cui sono state rimosse le cere (Tabella 4.20). I grappoli provenienti da tre vigneti differenti messi a confronto sono risultati avere lo stesso I.C. ed infatti non sono emerse differenze significative nella velocità di disidratazione quando il grappolo è stato lasciato intero. L'eliminazione di questo fattore, staccando gli acini dal raspo, ha determinato una cinetica di appassimento più rapida in media del 30 % rispetto a quella del grappolo intero. Come già riscontrato analizzando l'intero set di dati, considerando le due tesi di Corvina, gli acini con la minore quantità di cere totali (pergola) hanno mostrato una cinetica di appassimento più lenta. Come già sottolineato il Corvinone ha una cinetica di appassimento più lenta della Corvina e ciò è dovuto alla maggiore dimensione degli acini ed alla buccia più spessa di questa varietà. Infine la rimozione delle cere ha determinato un'ulteriore accelerazione nella cinetica di appassimento di circa il 40 % rispetto agli acini con le cere. Gli ultimi fattori ad avere ancora un peso in queste condizioni sono la dimensione degli acini e lo spessore della buccia. Anche in questa situazione il Corvinone ha presentato la cinetica più lenta, mentre la Corvina con l'acino di minori dimensioni è risultata la più rapida nella perdita di acqua visto il più elevato rapporto superficie volume degli acini allevati sul Guyot.

Tabella 4.22: A) media dei coefficienti angolari delle rette di appassimento di diverse tesi ed acini sottoposti a diversi trattamenti. B) media dei parametri studiati: indice di compattezza normalizzato (I.C), spessore della buccia [μm], cere epicuticolari [$\mu\text{g}/\text{mm}^2$] e indice di dimensione degli acini (S/V).

A)	Guyot Corvina	Guyot Corvinone	Pergola Corvina	sign. confronto tra tesi
Grappoli interi	0.611 c	0.545 c	0.586 c	ns
Acini con le cere	0.874 b A	0.664 b C	0.771 b B	*
Acini senza cere	1.273 a A	0.919 a C	1.100 a B	**
sign. confronto tra trattamenti	***	**	***	

B) Tesi	S/V	cere	spessore	I.C normalizzato
Guyot Corvinone	3.220 c	0.7505 b	176.25 a	-0.2719
Pergola Corvina	3.650 b	0.7000 b	168.35 b	-0.2995
Guyot Corvina	4.132 a	1.1428 a	168.55 b	-0.7209
significatività	***	**	*	ns

Note: lettere differenti indicano medie statisticamente differenti (test di Duncan $p=5\%$), nella tabella A) la lettera minuscola è relativa al confronto tra trattamenti (colonne), quella maiuscola al confronto tra tesi (righe).

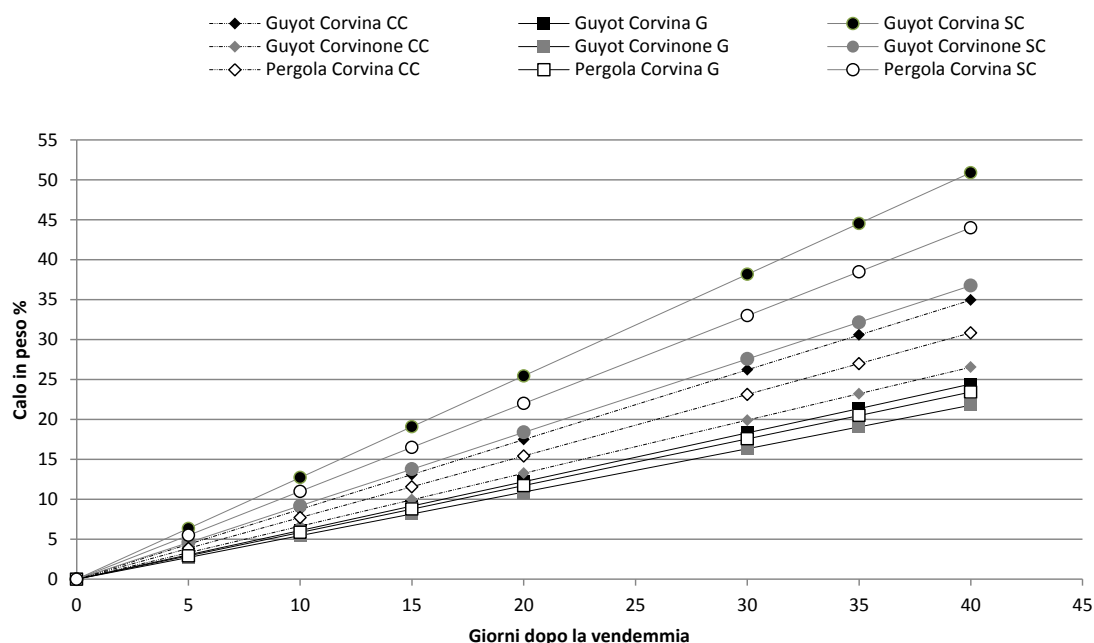


Figura 4.17: Rappresentazione della cinetica di appassimento di tre tesi in cui l'uva è stata posta in diverse condizioni: grappolo intero (G), acini con le cere (CC) e acini senza cere (SC).

Appare evidente quindi che non si possa affermare che le cere non hanno un ruolo nella regolazione dell'appassimento, ma piuttosto che non è tanto la quantità di cere che determina rallentamenti nella cinetica di disidratazione quanto la loro qualità, ovvero la loro composizione. Dai nostri dati emerge che i grappoli provenienti della Pergola e dal Guyot non hanno differenze significative nel contenuto di cere totali ma, a parità di altri aspetti studiati, quelli provenienti dalla Pergola hanno mostrato una cinetica di disidratazione sempre più lenta rispetto a quelli allevati a Guyot.

Dal confronto sulla cinetica di appassimento tra le diverse zone per la Corvina allevata a Guyot sono state rilevate influenze significative legate alla quantità di cere, in quanto avendo considerato la stessa forma di allevamento con una situazione simile di insolazione la composizione delle cere epicuticolari, intesa come frazione in grado di proteggere dalla disidratazione, dovrebbe essere simile, quindi contenuti maggiori di cere totali indicano, in questo caso, una maggiore quantità di tutti i loro costituenti. Le uniche zone che hanno presentato un maggior contenuto di cere (Figura 4.11) sono state le zone ACS ed ACB nel 2011, unità che poi hanno avuto la cinetica più lenta dell'annata. A parità di cere il principale fattore in grado di spiegare le differenze nella fase di appassimento sembra essere l'indice di compattezza dei grappoli. I grappoli più compatti hanno mostrato cinetiche di appassimento più lente, ad esempio nel 2011 le unità CB e PG con un indice di compattezza simile, rispettivamente di 15.35 e 15.02, hanno mostrato un coefficiente angolare della retta di appassimento tra i più bassi. Al contrario al diminuire della compattezza le cinetiche sono risultate più rapide; considerando i dati dell'indice di compattezza del 2011 l'unità MCB ha presentato un I.C di 13.73 ed un m di 0.79, PF un I.C di 11.09 ed un m di 0.83 ed infine i grappoli più spargoli dell'unità CS (I.C = 7.89) hanno avuto la cinetica più rapida arrivando ad un calo in peso dello 0.9 % al giorno. Questo tipo di relazione è stata osservata altrettanto

chiaramente nel 2010, mentre nel 2012 probabilmente a causa dell'annata anomala questa relazione è risultata meno chiara.

Tabella 4.23: Media dei coefficienti angolari delle cinetiche di appassimento di Corvina allevata a Guyot nelle differenti unità ed annate.

Unità di pedopaesaggio	2010		2011		2012	
GUYOT						
PG	0.621	c	0.728	cd	0.599	c
PF	0.692	b	0.830	b	0.692	b
CS	0.598	cd	0.903	a	0.810	a
CB	0.615	c	0.683	d	0.657	bc
MCS	0.562	d	0.834	b	0.647	bc
MCB	0.648	bc	0.795	bc	0.661	bc
ACS	0.699	b	0.722	d	0.677	bc
ACB	0.802	a	0.665	d	0.732	ab

Note: lettere differenti indicano medie statisticamente differenti (test di Duncan $p=5\%$)

Utilizzando i dati della Corvina sia relativi al Guyot che alla Pergola è stato possibile elaborare delle correlazioni multiple per le tre annate. I dati sono stati elaborati per singola annata in quanto come evidenziato dalla Tabella 4.4 i livelli di maturazione tra le annate sono risultati significativamente diversi. Le correlazioni sono sempre risultate significative, anche se con R^2 differenti. In tutte e tre le annate le cere sono risultate un parametro determinante per descrivere la cinetica di appassimento. Osservando la Tabella 4.24 si nota come le cere siano state messe in relazione con la dimensione degli acini in quanto, come già riportato, è ipotizzabile che anche all'interno della stessa varietà acini di maggiori dimensioni presentino una minore quantità di cere. Imputabile sempre alla dimensione degli acini è anche l'interazione tra cere ed indice di compattezza. Lo spessore della buccia è risultato significativo solamente nella regressione del 2012. Ciò sembra sottolineare l'importanza di questo parametro nel determinare l'appassimento solamente in alcune situazioni. Il 2012 infatti è stata, tra le

annate oggetto dello studio, quella in cui lo spessore è risultato inferiore, pertanto è probabile che in questa situazione le differenze riscontrate tra le diverse tesi si ripercuotano in maniera più marcata sulla cinetica di appassimento. Nel 2010 e nel 2011 essendoci bucce mediamente più spesse le differenze tra le zone non sono risultate influenzare la fase di disidratazione. Come già osservato, compattezza dei grappoli e dimensione degli acini influenzano in maniera più marcata degli altri fattori la fase di appassimento. Solo nel 2011 la dimensione degli acini non è risultata inclusa nel modello previsionale, ciò è legato al fatto che questo è stato l'unico anno in cui S/V è risultato maggiore nel Guyot rispetto alla Pergola (Tabella 4.8). Infatti realizzando la regressione per questa annata separando le due forme di allevamento (Tabella 4.25) emerge come cere, dimensione degli acini e compattezza dei grappoli siano in grado di descrivere il 77 ed il 79 % dei casi.

Per quanto riguarda le cere è interessante notare come nella regressione relativa al 2012 all'aumentare della quantità di cere aumenti la velocità di disidratazione, ciò sembrerebbe in linea con quanto già emerso, ovvero che la maggiore radiazione solare dell'annata abbia determinato la degradazione delle frazioni in grado di difendere l'acino dalla disidratazione (Grncarevic e Radler, 1971; Shepherd e Wynne Griffiths, 2006). Ad ulteriore conferma di ciò la regressione realizzata separando le due forme di allevamento (Tabella 4.25) mostra come all'aumentare delle cere i tempi di appassimento siano più lenti in quanto il livello di esposizione degli acini è analogo quando viene considerata la stessa forma di allevamento. Inoltre il più alto coefficiente relativo alla Pergola mostra come a parità di cere e degli altri fattori le uve provenienti da questa forma di allevamento abbiano una cinetica di appassimento più lenta riconducibile ad una maggiore frazione di aldeidi ed idrocarburi presenti nelle cere degli acini non esposti direttamente ai raggi solari.

Tabella 4.24: Coefficienti di regressione multipla di secondo grado tra m (coefficiente angolare retta di appassimento) ed i parametri studiati per Corvina nelle tre annate.

parametro della regressione	2010	2011	2012
(intercetta)	9.375 ***	1.286 ***	3.432
s/v	-1.869 ***		4.452 **
cere	-7.986 ***	-0.283 **	0.830 .
spessore			-0.142 *
compattezza	-0.093 **	-0.027 ***	
(S/V)^2			
(cere)^2		0.031 **	0.249 .
(spes)^2			0.001 **
(comp)^2			
S/V:cere	1.748 ***		-0.334 *
S/V:spessore			-0.024 **
S/V:compattezza			
cere:spessore			
cere:compattezza	0.077 **	0.010 *	
spessore:compattezza			
significatività regressione	***	**	**
R quadro	0.51	0.32	0.37

Note: gli asterischi indicano diverso livello di significatività: *** $p < 0.0001$, ** $p < 0.001$, * $p < 0.05$, "." $p < 0.1$

Tabella 4.25: Coefficienti di regressione multipla di secondo grado tra m (coefficiente angolare retta di appassimento) ed i parametri studiati per Corvina nel 2011 suddividendo i dati relativi alle due forme di allevamento studiate.

parametro della regressione	Guyot	Pergola
(intercetta)	5.890 *	-13.132 **
s/v	-2.265 *	8.263 **
cere	-1.891 ***	-2.160 ***
spessore		
compattezza	0.194 ***	-0.013 ***
(S/V)^2	0.276 *	-1.212 ***
(cere)^2	0.127 ***	-0.058 ***
(spes)^2		
(comp)^2		
S/V:cere		0.637 ***
S/V:spessore		
S/V:compattezza		
cere:spessore	0.008 ***	
cere:compattezza		
spessore:compattezza	-0.001 ***	
significatività regressione	***	**
R quadro	0.77	0.79

Note: gli asterischi indicano diverso livello di significatività: *** $p < 0.0001$, ** $p < 0.001$, * $p < 0.05$

5 CONCLUSIONI

Tutte le caratteristiche studiate (dimensione degli acini, compattezza dei grappoli, cere epicuticolari e spessore della buccia) hanno confermato di essere parametri fortemente legati alla componente genetica, le due varietà studiate hanno mostrato valori diversi di questi parametri. Nello specifico la Corvina ha sempre mostrato acini di più piccole dimensioni caratterizzati da una buccia più sottile ma ricoperta da una maggiore quantità di cere epicuticolari rispetto al Corvinone.

Spessore della buccia e dimensione degli acini sono risultati parametri in grado di fornire informazioni utili sulla cinetica di appassimento nel confronto tra le diverse varietà; gli acini di maggiori dimensioni e con buccia più spessa del Corvinone sono gli elementi che hanno determinato una più lenta cinetica di disidratazione di questa varietà.

La quantità di cere epicuticolari è sembrata essere in grado di discriminare tre le differenti annate, ad una maggiore quantità di cere sono corrisposte cinetiche di appassimento più rapide, rimane da approfondire la probabile diversa composizione delle cere epicuticolari in diverse situazioni ambientali ed in particolare con diversi livelli di insolazione. Infatti, nel confronto tra le due diverse forme di allevamento, è emerso come a parità di cere e degli altri parametri studiati le uve allevate a Pergola abbiano una cinetica di appassimento più lenta, questo è probabilmente legato alla diversa composizione delle cere tra le due forme di allevamento che conferisce diverse proprietà di difesa dalla disidratazione agli acini.

Le differenze a livello di spessore della buccia, oltre a discriminare tra le diverse varietà, hanno mostrato un'influenza sulla fase di disidratazione solo in determinate annate. Quando le bucce sono state più sottili in termini di annata, le piccole differenze tra le zone sono risultate differenziare le cinetiche di appassimento.

Infine, considerando la stessa varietà, la compattezza dei grappoli è risultato il parametro più importante in grado di fornire informazioni utili per prevedere la velocità di disidratazione. All'aumentare della compattezza dei grappoli la cinetica di disidratazione è più lenta.

Questi parametri sono risultati influenzati dall'ambiente di coltivazione determinando come in diverse annate ed in diverse zone l'uva abbia presentato caratteristiche differenti. La dimensione degli acini è risultata influenzata dalle temperature in post-allegagione e dalla disponibilità idrica nella fase di maturazione. Quando le temperature non sono risultate ottimali per la divisione mitotica nella fase di post-allegagione si sono trovati acini di più piccole dimensioni. A questo va sommato l'effetto della disponibilità idrica in post-invaiaatura, quando questa è risultata buona gli acini sono risultati di dimensioni maggiori. La diversa disponibilità idrica dei suoli nelle diverse zone determina quindi differenze nella dimensione degli acini. La compattezza dei grappoli è risultata legata alla dimensione degli acini che li compongono. Nei casi in cui la maggiore dimensione degli acini è stata causata dalla maggiore disponibilità nella fase di pre-vendemmia i grappoli sono sempre risultati più compatti.

Lo spessore della buccia degli acini è risultato fortemente legato al clima e al sito di coltivazione. L'andamento stagionale ha avuto un effetto molto marcato, quando le temperature nel periodo post-allegagione sono risultate ottimali per una buona divisione mitotica le bucce sono risultate più spesse in quanto probabilmente composte da un maggior numero di strati cellulari, confermando quanto già osservato per la dimensione degli acini. Per quanto riguarda la variabilità di questo parametro tra le diverse zone è apparsa evidente la relazione con la disponibilità idrica del suolo; ovvero dove l'acqua disponibile per la pianta è minore le bucce sono risultate più spesse. Ciò sembrerebbe una risposta fisiologica della pianta allo stress idrico; in pratica piante stressate

inspessiscono le pareti delle cellule della buccia allo scopo di limitare gli effetti dello stress idrico. Questa relazione è risultata meno evidente per il Corvinone, facendo ipotizzare una resistenza maggiore a periodi di stress rispetto alla Corvina.

Pure il contenuto di cere è risultato essere influenzato dall'andamento climatico delle diverse annate e delle diverse zone. In generale maggiori livelli di insolazione e temperature più fresche hanno determinato un maggior contenuto di cere epicuticolari.

E' stato quindi confermata l'influenza dell'ambiente, dell'annata, della tecnica colturale e della varietà sui parametri che determinano diverse cinetiche di appassimento.

6 BIBLIOGRAFIA

- BAEZA P., RUIZ C., CUEVAS E., SOTÉS V., LISSARRAGUE J.R. (2005). Ecophysiological and agronomic response of Tempranillo grapevines to four training systems. *American Journal of Enology and Viticulture*, 56:129-138.
- BALDINI E. e INTRIERI C. (2004). *Viticultura meccanizzata*. Editore: Edagricole.
- BALSARI P. e SCIENZA A. (2003). *Forme di allevamento della vite e modalità di distribuzione dei fitofarmaci*. Editore: Bayer CropScience.
- BARBANTI D., MORA B., FERRARINI R., TORNIELLI G.B., CIPRIANI M. (2008). Effect of various thermo-hygrometric conditions on the withering kinetics of grapes used for the production of. *Journal of Food Engineering*, 85:350-358.
- BELLINCONTRO A., DE SANTIS D., BOTONDI R., VILLA I., MENCARELLI F. (2004). Different postharvest dehydration rates affect quality characteristics and volatile compounds of Malvasia, Trebbiano and Sangiovese grapes for wine production. *Journal of the science of food and agriculture*, 84:1791-1800.
- BELLINCONTRO A., FARDELLI A., SANTIS D.D.E., BOTONDI R., MENCARELLI F. (2006). Postharvest ethylene and 1-MCP treatments both affect phenols, anthocyanins, and aromatic quality of Aleatico grapes and wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 12:141-149.
- BELLINCONTRO A., NICOLETTI I., VALENTINI M., TOMAS A., DE SANTIS D., CORRADINI D., MENCARELLI F. (2009). Integration of nondestructive techniques with destructive analyses to study postharvest water stress of winegrapes. *American Journal of Enology and Viticulture*, 60:57-65.
- BENCIOLINI G., MINELLI, R., MARIANI, L. (2012). *L'ambiente della Valpolicella*, Verona: Consorzio per la tutela dei vini Valpolicella, pp.25-60.
- BERGQVIST J., DOKOOZLIAN N., EBISUDA N. (2001). Sunlight exposure and temperature effects on berry growth and composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the Central San Joaquin Valley of California. *American Journal of Enology and Viticulture*, 52:1-7.
- BLANKE M.M. e LEYHE A. (1987). Stomatal activity of the grape berry cv. Riesling, Müller-Thurgau and Ehrenfelser. *Journal of Plant Physiology*, 127:451-460.
- BONGHI C., RIZZINI F.M., GAMBUTI A., MOIO L., CHKAIBAN L., TONUTTI P. (2012). Phenol compound metabolism and gene expression in the skin of wine grape (*Vitis vinifera* L.) berries subjected to partial postharvest dehydration. *Postharvest Biology and Technology*, 67:102-109.

- BORSA D. e DI STEFANO R. (2000). Evoluzione dei polifenoli durante l'appassimento delle uve a frutto colorato. *Rivista di viticoltura ed enologia*, 4:25-35.
- BRAVDO B., HEPNER Y., LOINGER C., COHEN S., TABACMAN H. (1985). Effect of crop level and crop load on growth, yield, must and wine composition, and quality of Cabernet Sauvignon. *American Journal of Enology and Viticulture*, 36:125-131.
- CANCELLIER S. e MICHELET E. (1994). Osservazioni di alcuni componenti durante la conservazione in fruttai di uve Boschera, Prosecco, Verdisio. *L'Enologo*, Ottobre:87-96.
- CASADO C.G. e HEREDIA A. (1999). Structure and dynamics of reconstituted cuticular waxes of grape berry cuticle (*Vitis vinifera* L.). *Journal of experimental botany*, 50:175-182.
- CASADO C.G. e HEREDIA A. (2001). Ultrastructure of the cuticle during growth of the grape berry (*Vitis vinifera* L.). *Physiologia Plantarum*, 111:220-224.
- CASTALDI R. (2012). *Vite, sistemi di allevamento. Guida alla scelta e alla gestione*. Editore: L'informatore Agrario.
- CHAVES M., ZARROUK O., FRANCISCO R., COSTA J., SANTOS T., REGALADO A., RODRIGUES M., LOPES C. (2010). Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data. *Annals of botany*, 105:661-676.
- COMMENIL P., BRUNET L., AUDRAN J.C. (1997). The development of the grape berry cuticle in relation to susceptibility to bunch rot disease. *Journal of experimental botany*, 48:1599-1607.
- CONDE C., SILVA P., FONTES N., DIAS A.C.P., TAVARES R.M., SOUSA M.J., AGASSE A., DELROT S., GERÓS H. (2007). Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality. *Food*, 1:1-22.
- CONSIDINE J. e KNOX R. (1979). Development and histochemistry of the cells, cell walls, and cuticle of the dermal system of fruit of the grape, *Vitis vinifera* L. *Protoplasma*, 99:347-365.
- COOMBE B. (1992). Research on development and ripening of the grape berry. *American Journal of Enology and Viticulture*, 43:101-110.
- COSTANTINI V., BELLINCONTRO A., DE SANTIS D., BOTONDI R., MENCARELLI F. (2006). Metabolic changes of Malvasia grapes for wine production during postharvest drying. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54:3334-3340.

- DI STEFANO R., BORSA D., GENTILINI N., CORINO L., TRONFI S. (1997). Evoluzione degli zuccheri, degli acidi fissi e dei composti fenolici dell'uva durante l'appassimento in fruttai. *Rivista di viticoltura ed enologia*, 1:33-41.
- DI STEFANO R., CRAVERO M., GENTILINI N. (1989). Metodi per lo studio dei polifenoli dei vini. *L'Enotecnico*, 5:83-89.
- DI STEFANO R. e GENTILINI N. (1995). Estrazione dei composti fenolici dalle parti solide dell'uva. *Atti Acc.Vite e Vino*, 47:83-89.
- DI STEFANO R., GENTILINI N., BOTTERO S., GARCIA MORURO E., BORSA D., TRINCO S. (2001). Alcuni metaboliti primari e secondari dell'uva Verduzzo a diversi gradi di appassimento. *Rivista di viticoltura ed enologia*, 1:17-31.
- FRANGIPANE M.T., CECCARELLI A., MENCARELLI F. (2005). Studio dei composti polifenolici in uve Aleatico sottoposte ad un nuovo sistema di appassimento. *L'Enologo*, 41:113-116.
- FRANGIPANE M., CECCARELLI A., MENCARELLI F., ANELLI G. (2007). Study of phenolic compounds in Aleatico grapes dried in a forced air tunnel. *Italian journal of food science*, 19:203-208.
- FREEMAN B.M. e KLIEWER W.M. (1983). Effect of irrigation, crop level and potassium fertilization on Carignane vines. II. Grape and wine quality. *American Journal of Enology and Viticulture*, 34:197-207.
- FREGONI M. (2005). *Viticultura di qualità*. Editore: Phytoline.
- GABLER F.M. e MACKEY B.E. (2003). Correlations of morphological, anatomical, and chemical features of grape berries with resistance to Botrytis cinerea. *Phytopathology*, 93:1263-1273.
- GATTI M., BERNIZZONI F., CIVARDI S., PONI S. (2012). Effects of Cluster Thinning and Preflowering Leaf Removal on Growth and Grape Composition in cv. Sangiovese. *American Journal of Enology and Viticulture*, 63:325-332.
- GIACOSA S., TORCHIO F., SEGADE S.R., CAUDANA A., GERBI V., ROLLE L. (2012). Varietal Relationship Between Skin Break Force and Off-Vine Withering Process for Winegrapes. *Drying Technology*, 30:726-732.
- GINESTAR C., EASTHAM J., GRAY S., ILAND P. (1998). Use of sap-flow sensors to schedule vineyard irrigation. II. Effects of post-veraison water deficits on composition of Shiraz grapes. *American Journal of Enology and Viticulture*, 49:421-428.
- GRNCAREVIC M. e RADLER F. (1971). A review of the surface lipids of grapes and their importance in the drying process. *American Journal of Enology and Viticulture*, 22:80-86.

- GRNCAREVIC M. e RADLER F. (1967). The effect of wax components on cuticular transpiration-model experiments. *Planta*, 75:23-27.
- GUIDONI S., FERRANDINO A., NOVELLO V. (2008). Effects of seasonal and agronomical practices on skin anthocyanin profile of Nebbiolo grapes. *American Journal of Enology and Viticulture*, 59:22-29.
- HARDIE W., O'BRIEN T., JAUDZEMS V. (2008). Morphology, anatomy and development of the pericarp after anthesis in grape, *Vitis vinifera* L.. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 2:97-142.
- KENNEDY J. (2002). Understanding grape berry development. *Practical Winery & Vineyard*, July/August:14-23.
- KÖK D. e ÇELİK S. (2004). Determination of characteristics of grape berry skin in some table grape cultivars (*V. vinifera* L.). *Journal of Agronomy*, 3:141-146.
- LACAPE M., WERY J., ANNEROSE D. (1998). Relationships between plant and soil water status in five field-grown cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars. *Field Crops Research*, 57:29-43.
- LETAIEF H., ROLLE L., GERBI V. (2008). Mechanical behavior of winegrapes under compression tests. *American Journal of Enology and Viticulture*, 59:323-329.
- MARTIN R. e STOTT G. (1957). The physical factors involved in the drying of Sultana grapes. *Crop and Pasture Science*, 8:444-459.
- MC CARTHY M. (2008). The effect of transient water deficit on berry development of cv. Shiraz (*Vitis vinifera* L.). *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 3:2-8.
- MC GOVERN P.E. (2004). *L'archeologo e l'uva: vite e vino dal neolitico alla Grecia antica*. Editore: Carocci.
- MENCARELLI F., BELLINCONTRO A., NICOLETTI I., CIRILLI M., MULEO R., CORRADINI D. (2010). Chemical and biochemical change of healthy phenolic fractions in winegrape by means of postharvest dehydration. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58:7557-7564.
- MENCARELLI F., DE SANTIS D., BELLINCONTRO A., PROSPERI R., BOTONDI R., TIBERI D. (2006). Controllo accurato dell'ambiente di appassimento per la valorizzazione di uve di varietà autoctone dell'Italia centrale destinate alla produzione di vini dolci. In: *Proceedings of the National Congress Vitigni Autoctoni Minori*. Turin, 30 Nov-1 Dec. V. Gerbi, pp. [nonpaginated CD].
- MORAIS H., RAMOS C., FORGÁCS E., CSERHÁTI T., OLIVIERA J. (2002). Influence of storage conditions on the stability of monomeric anthocyanins studied by reversed-phase high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography B*, 770:297-301.

- MUGANU M., BELLINCONTRO A., BARNABA F.E., PAOLOCCI M., BIGNAMI C., GAMBELLINI G., MENCARELLI F. (2011). Influence of bunch position in the canopy on berry epicuticular wax during ripening and on weight loss during postharvest dehydration. *American Journal of Enology and Viticulture*, 62:91-98.
- NOBORIO K. (2001). Measurement of soil water content and electrical conductivity by time domain reflectometry: a review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 31:213-237.
- OJEDA H., ANDARY C., KRAEVA E., CARBONNEAU A., DELOIRE A. (2002). Influence of pre-and postveraison water deficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* cv. Shiraz. *American Journal of Enology and Viticulture*, 53:261-267.
- OJEDA H., DELOIRE A., CARBONNEAU A. (2001). Influence of water deficits on grape berry growth. *Vitis*, 40:141-146.
- OJEDA H., DELOIRE A., CARBONNEAU A., AGEORGES A., ROMIEU C. (1999). Berry development of grapevines: relations between the growth of berries and their DNA content indicate cell multiplication and enlargement. *Vitis*, 38:145-150.
- OREN-SHAMIR M., NISSIM-LEVI A., OVADIA R., KAGAN S., SHAKED-SACHRAY L. (2003). Increased Anthocyanin Accumulation in Flowers and Foliage at Elevated Temperatures is Affected by Magnesium Treatment. *Acta Horticulturae*, 171-176.
- PALLIOTTI A., GATTI M., PONI S. (2011). Early leaf removal to improve vineyard efficiency: Gas exchange, source-to-sink balance, and reserve storage responses. *American Journal of Enology and Viticulture*, 62:219-228.
- PELLEGRINO A., LEBON E., VOLTZ M., WERY J. (2004). Relationships between plant and soil water status in vine (*Vitis vinifera* L.). *Plant and Soil*, 266:129-142.
- PIRIE A. e MULLINS M. (1977). Interrelationships of sugars, anthocyanins, total phenols and dry weight in the skin of grape berries during ripening. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28:204-209.
- PISCIOTTA A., GUGLIOTTA E., COSTANZA P., BARBAGALLO M.G., DI LLORENZO R. (2004). Nero d'Avola. Nota I-Effetti del tipo di potatura sull'attività vegetativa e produttiva. *Vignevini*, 6:85-86.
- PONI S., LAKSO A.N., TURNER J.R., MELIOUS R.E. (1994). Interactions of crop level and late season water stress on growth and physiology of field-grown Concord grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 45:252-258.
- PORRO D., RAMPONI M., TOMASI T., ROLLE L., PONI S. (2008). Nutritional implications of water stress in grapevine and modifications of mechanical properties of berries. In: *VI International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Crops. Acta Horticulturae*, 868. pp. 73.

- RAMMING D.W. (2009). Water Loss from Fresh Berries of Raisin Cultivars under Controlled Drying Conditions. *American Journal of Enology and Viticulture*, 60:208-214.
- REYNOLDS A.G. e HEUVEL J.E.V. (2009). Influence of grapevine training systems on vine growth and fruit composition: A review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 60:251-268.
- RIBÉREAU-GAYON P., DUBOURDIEU D., DONÈCHE B., LONVAUD A. (2004). *Trattato di enologia I*. Editore: Edagricole.
- RIZZINI F.M., BONGHI C., TONUTTI P. (2009). Postharvest water loss induces marked changes in transcript profiling in skins of wine grape berries. *Postharvest Biology and Technology*, 52:247-253.
- ROBY G. e MATTHEWS M.A. (2004). Relative proportions of seed, skin and flesh, in ripe berries from Cabernet Sauvignon grapevines grown in a vineyard either well irrigated or under water deficit. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 10:74-82.
- ROGIERS S.Y., HATFIELD J.M., JAUDZEMS V.G., WHITE R.G., KELLER M. (2004). Grape berry cv. Shiraz epicuticular wax and transpiration during ripening and preharvest weight loss. *American Journal of Enology and Viticulture*, 55:121-127.
- ROLLE L., CAUDANA A., GIACOSA S., GERBI V., RÍO SEGADE S. (2011). Influence of skin hardness on dehydration kinetics of wine grapes. *Journal of the science of food and agriculture*, 91:505-511.
- ROLLE L., LETAIEF H., CAGNASSO E., GHIRARDELLO D., ZEPPA G., GERBI V. (2006). Studio delle proprietà meccaniche di uve Nebbiolo coltivate in ambienti diversi. *Quad.Vitic.Enol.Univ.Torino*, 28:185-194.
- ROLLE L., SIRET R., SEGADE S.R., MAURY C., GERBI V., JOURJON F. (2012a). Instrumental texture analysis parameters as markers of table-grape and winegrape quality: A review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 63:11-28.
- ROLLE L., TORCHIO F., GIACOSA S., SEGADE S.R., CAGNASSO E., GERBI V. (2012b). Assessment of Physicochemical Differences in Nebbiolo Grape Berries from Different Production Areas and Sorted by Flotation. *American Journal of Enology and Viticulture*, 63:195-204.
- ROSENQUIST J.K. e MORRISON J.C. (1989). Some factors affecting cuticle and wax accumulation on grape berries. *American Journal of Enology and Viticulture*, 40:241-244.
- ROUDOT A.C. (2006). Some considerations for a theory of plant tissue mechanics. *Sciences des Aliments*, 26:409-426.

- SAXTON K. e RAWLS W. (2006). Soil water characteristic estimates by texture and organic matter for hydrologic solutions. *Soil Science Society of America Journal*, .
- SCHLOSSER J., OLSSON N., WEIS M., REID K., PENG F., LUND S., BOWEN P. (2008). Cellular expansion and gene expression in the developing grape (*Vitis vinifera* L.). *Protoplasma*, 232:255-265.
- SCIENZA A. (2006). *Atlante dei vini passiti italiani*. Editore: Gribaudo.
- SEGADE S.R., GIACOSA S., GERBI V., ROLLE L. (2011). Berry skin thickness as main texture parameter to predict anthocyanin extractability in winegrapes. *LWT - Food Science and Technology*, 44:392-398.
- SHAKED-SACHRAY L., WEISS D., REUVENI M., NISSIM-LEVI A., OREN-SHAMIR M. (2002). Increased anthocyanin accumulation in aster flowers at elevated temperatures due to magnesium treatment. *Physiologia Plantarum*, 114:559-565.
- SHEPHERD T. e WYNNE GRIFFITHS D. (2006). The effects of stress on plant cuticular waxes. *New Phytologist*, 171:469-499.
- STEWART B.A. e NIELSEN D.R. (1991). Irrigation of agricultural crops. *Soil Science*, 152:137.
- THOMAS T.R., MATTHEWS M.A., SHACKEL K.A. (2006). Direct in situ measurement of cell turgor in grape (*Vitis vinifera* L.) berries during development and in response to plant water deficits. *Plant, Cell & Environment*, 29:993-1001.
- TOMASI D., GAIOTTI F., BATTISTA F., FANTOLA F., LOCCI O., GODDI E., TORRE C. (2012). *Le terre e le vigne del Cannonau di Jerzu*. Editore: CRA-VIT.
- TOMASI D., PITACCO A., PASCARELLA G. (2003). Bunch and berry temperature and anthocyanin synthesis and profile in Cabernet sauvignon. *Rivista di Viticoltura e di Enologia*, 56:3-16.
- TONUTTI P. e MENCARELLI F. (2005). Physiological aspects of withering and dehydration of wine grapes (*Vitis vinifera* L.). *Informatore Agrario*, 14:19-21.
- TOPP G. e DAVIS J. (1985). Measurement of soil water content using time-domain reflectometry (TDR): a field evaluation. *Soil Science Society of America Journal*, 49:19-24.
- TOPP G., DAVIS J., ANNAN A. (1982). Electromagnetic determination of soil water content using TDR: I. Applications to wetting fronts and steep gradients. *Soil Science Society of America Journal*, 46:672-678.
- VAN LEEUWEN C., FRIANT P., CHONE X., TREGOAT O., KOUNDOURAS S., DUBOURDIEU D. (2004). Influence of climate, soil, and cultivar on terroir. *American Journal of Enology and Viticulture*, 55:207-217.

- VAN LEEUWEN C., TREGOAT O., CHONÉ X., BOIS B., PERNET D., GAUDILLÈRE J.P. (2009). Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes. *J.Int.Sci.Vigne Vin*, 43:121-134.
- VAZQUEZ G., CHENLO F., MOREIRA R., COSTOYAS A. (2000). Effects of various treatments on the drying kinetics of Muscatel grapes. *Drying Technology*, 18:2131-2144.
- VERSARI A., PARPINELLO G.P., TORNIELLI G.B., FERRARINI R., GIULIVO C. (2001). Stilbene compounds and stilbene synthase expression during ripening, wilting, and UV treatment in grape cv. Corvina. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49:5531-5536.
- WANG Z.P., DELOIRE A., CARBONNEAU A., FEDERSPIEL B., LOPEZ F. (2003). An in vivo experimental system to study sugar phloem unloading in ripening grape berries during water deficiency stress. *Annals of Botany*, 92:523-528.
- ZABADAL T.J. e DITTMER T.W. (1998). Vine management systems affect yield, fruit quality, cluster compactness, and fruit rot of Chardonnay'grape. *HortScience*, 33:806-809.
- ZAMBONI A., MINOIA L., FERRARINI A., TORNIELLI G.B., ZAGO E., DELLEDONNE M., PEZZOTTI M. (2008). Molecular analysis of post-harvest withering in grape by AFLP transcriptional profiling. *Journal of experimental botany*, 59:4145-4159.

RINGRAZIAMENTI

Un sentito ringraziamento al dott. Diego Tomasi che mi ha guidato e supportato durante questa esperienza essendo giorno dopo giorno fonte inesauribile di stimoli ad approfondire le conoscenze e la ricerca in viticoltura.

Un grazie a tutti i soci ed i dipendenti della cantina Valpantena che hanno creduto, sostenuto e reso possibile questo progetto di ricerca ed in particolare al p.a Stefano Casali, al dott. Michele Formenti e a Luca Mosconi.

Un grande grazie a Federica e Patrick che mi hanno accolto con entusiasmo e che nel corso di questi anni sono sempre stati pronti consiglieri; un altro grande grazie a Despoina per il suo indispensabile aiuto e supporto.

Un grazie ai miei genitori che mi hanno consentito di arrivare sin qui, e grazie ai fratelli Leonardo e Mattia che mi aiutano a non prendermi troppo sul serio.

Grazie a Griffo che c'è sempre.

Grazie a Trenta che con il suo arrivo a Conegliano ha contribuito a rendere le giornate più piacevoli andando alla ricerca di improbabili dettagli "berlinesi".

Il ringraziamento più grande va a Francesca perché ha sempre condiviso con me le gioie e le fatiche di questi anni e perché questo traguardo è anche merito suo.

Fabrizio