

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

CAMPUS DI CESENA

SCUOLA DI AGRARIA E MEDICINA VETERINARIA

CORSO DI LAUREA IN VITICOLTURA ED ENOLOGIA

INFLUENZA DEL VENTO
SULLA COMPOSIZIONE DELLE UVE

Relazione finale in TECNICA VITICOLA

Relatore
Prof. Adamo Domenico Rombolà

Presentata da
Luca Ranocchi

Correlatori
Prof. Fabio Chinnici
Prof.ssa Francesca Ventura
Dr.ssa Daniela Segantini

Sessione Unica
Anno Accademico 2017/2018

Indice

INTRODUZIONE.....	1
1. IL VENTO	2
1.1. Clima ed elementi climatici in viticoltura	2
1.2. Tipologie di vento	4
1.3. Il vento nella mitologia e in letteratura	9
2. EFFETTI DEL VENTO.....	13
2.1. Il vento in agricoltura	13
2.2. Il vento in viticoltura	15
3. SCOPO DELLA TESI	19
4. MATERIALI E METODI.....	20
4.1. Campo sperimentale e materiale vegetale	20
4.2. Trattamenti sperimentali	21
4.3. Dati meteorologici.....	26
4.4. Analisi delle bacche	30
4.4.1. Parametri tecnologici	30
4.4.2. Aminoacidi, ammine, ammonio.....	31
4.5. Analisi statistica	35
5. RISULTATI.....	36
5.1. Parametri produttivi.....	36
5.2. Parametri tecnologici.....	36
5.3. Aminoacidi, ammine, ammonio	36
6. DISCUSSIONE.....	44
7. CONCLUSIONI	51
BIBLIOGRAFIA	52
RINGRAZIAMENTI.....	59

INTRODUZIONE

Nel vasto mondo viticolo ed enologico viene sovente rimarcato il concetto di terroir al fine di caratterizzare un determinato prodotto sottolineandone la tipicità legata al luogo, alle caratteristiche biologiche ed agronomiche, all'influenza dell'uomo.

La ricerca scientifica ha in molti casi dimostrato la rilevanza di tali fattori analizzando, spesso in maniera disgiunta, gli aspetti ed i parametri maggiormente evidenti, sottovalutando però il complesso ambiente in cui la vite è coltivata, nel quale l'azione congiunta degli elementi climatici ne condiziona morfologia, fisiologia, produttività e caratteristiche qualitative.

La rilevanza del vento come fattore chiave del terroir, in grado di influenzare la composizione delle uve e del vino, è stata sorprendentemente trascurata.

Questo fenomeno atmosferico, che ha affascinato poeti e scrittori, rappresenta un ottimo alleato nella difesa del vigneto incentivando il minor utilizzo di prodotti fitosanitari e tutelando, di conseguenza, la biodiversità degli agroecosistemi viticoli.

Ma cosa accade alle uve quando il vento accarezza le chiome delle viti? Cosa accade nelle annate ventose?

Il lavoro di Tesi ha studiato, per la prima volta, l'influenza del vento sulla composizione delle bacche discutendone i possibili meccanismi d'azione e le conseguenti implicazioni enologiche.

1. IL VENTO

1.1. Clima ed elementi climatici in viticoltura

La viticoltura è una disciplina di antiche origini che ha sempre affascinato l'uomo in quanto la vite è una pianta capace di donare, a chi la coltiva, un ricco frutto, da cui si possono ricavare innumerevoli prodotti, principe tra tutti: il vino.

La viticoltura si è diffusa in vaste aree a partire principalmente da quelle del bacino mediterraneo sino ad arrivare in America, Africa, Australia, Nuova Zelanda ed in molte altre zone.

Questo fenomeno espansivo ha permesso di poter valutare ed apprezzare l'importante influenza del luogo di coltivazione della vite sulle caratteristiche del prodotto finale.

Anche se già conosciuto e formalizzato in Egitto e in epoca romana, il moderno riconoscimento del legame tra suolo, clima, uomo, cultivar e qualità di un alimento è nato in Francia ed è stato applicato al vino un paio di secoli fa (Vaudour, 2002). Ciò ha portato alla formulazione del concetto di "terroir", che è stato solo di recente formalizzato dall'Organizzazione Internazionale della Vigna e del Vino (OIV 2010).

Le "zonazioni" degli areali produttivi vitivinicoli, ovvero la caratterizzazione dei *terroirs*, si basano principalmente sulle caratteristiche climatiche e geopedologiche (Amerine e Winkler, 1944).

In un mondo vitivinicolo sempre più globalizzato, ricco di nuovi areali sempre più competitivi, risultano fondamentali molteplici fattori ecologici, biologici e antropici (Figura 1) per quanto riguarda la differenziazione delle produzioni vitivinicole che a loro volta valorizzano i singoli territori, unici ed inimitabili.

Il *clima* rappresenta l'insieme dei fenomeni meteorici che caratterizzano l'atmosfera di un determinato territorio in una certa finestra temporale, che origina le serie storiche climatiche (almeno di 20-30 anni) di quella zona.

Possiamo studiare ed analizzare il *macroclima*, se ci riferiamo ad ampie zone, ed esso può mutare a seguito di variazioni importanti di latitudine e longitudine, mentre il *mesoclima*, dato un punto di coordinate note, si distingue in funzione di altitudine, esposizione, distanza dalle montagne e dai grandi bacini idrici, pendenza del versante ed anche dell'effetto dei venti dominanti.

Il *microclima*, invece, considera gli strati d'aria vicino al suolo in una piccola porzione di territorio, sia essa un vigneto, un filare o una singola pianta (Gatti e Poni, 2015a,b).

L'importanza del clima come fattore di qualità delle produzioni viticole è risaputa sebbene sia alquanto complesso descrivere le condizioni ottimali dei suoi elementi (radiazione solare, temperatura, precipitazioni, umidità atmosferica e vento) poiché vini eccellenti sono prodotti in svariate aree del mondo con caratteristiche molto diverse tra loro. I singoli elementi possono interagire infatti con la funzionalità della pianta determinando, di conseguenza, la qualità del vino.

Tra i vari elementi climatici sopracitati, sicuramente il vento, sebbene considerato, risulta essere meno indagato e il suo ruolo in viticoltura poco approfondito.

Per tale motivo il lavoro di tesi ha preso in considerazione il microclima e, in particolare, l'elemento vento.

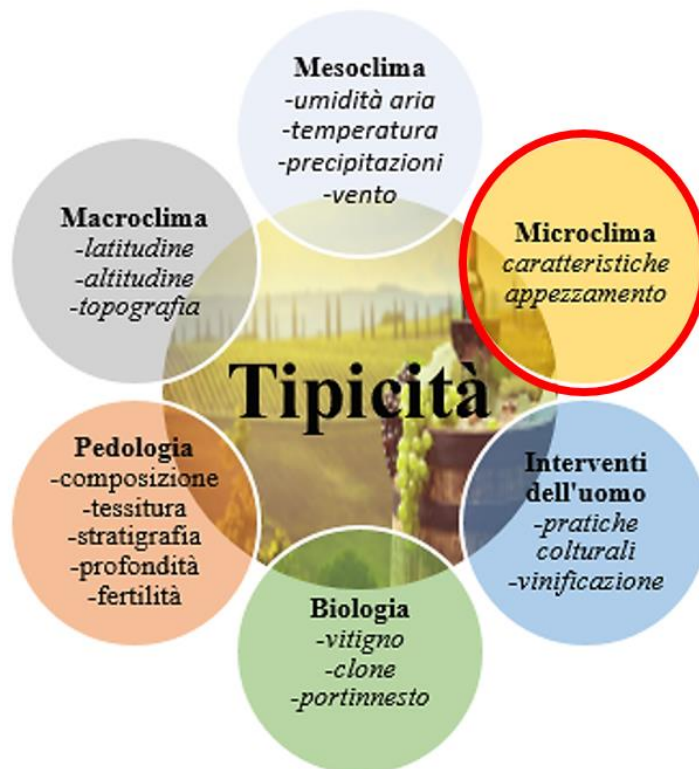


Figura 1 – Fattori che costituiscono la tipicità dell'uva e del vino.

1.2. Tipologie di vento

Il vento, meno “appariscnte” della pioggia, della neve, del freddo, del caldo, è un parametro estremamente importante che non può essere trascurato nella descrizione climatica di un qualsiasi luogo della Terra (Giuliaci et al., 2001).

I venti, sono masse d’aria in movimento che si spostano, parallelamente alla superficie terrestre, da zone ad alta pressione (anticicloniche) verso zone a bassa pressione (cicloniche). Questo accade poiché, in una zona anticiclonica, l’aria è più densa e perciò tende a scendere dalle quote superiori ed a dirigersi verso le adiacenti zone cicloniche; in queste ultime, al contrario, l’aria è meno densa e tende a salire in quota: si determina perciò una depressione, che viene colmata dall’aria “nuova” in arrivo dalle aree anticicloniche circostanti. I venti, quindi, si muovono nella direzione del gradiente barico, esattamente come le acque di un fiume che scorrono lungo un pendio seguendone la pendenza maggiore.

Il vento è caratterizzato da una velocità che si misura con l’anemometro e viene espressa in km/h o più raramente in m/s (in mare è utilizzato il nodo, che equivale a 1,85 km/h). La velocità del vento è determinata dal gradiente barico e sarà maggiore tanto più esso sarà elevato. La velocità del vento può superare i 100 km/h. I venti che si muovono a bassa quota non spirano a velocità costante, ma a folate, accelerando o rallentando in base all’attrito con il suolo (Crippa e Fiorani, 2011).

Un altro elemento per caratterizzare il vento è la sua direzione che dipende sostanzialmente da tre fattori: dal gradiente barico, dall’effetto di Coriolis che è una conseguenza della rotazione terrestre (all’equatore è nullo, Scuterini e Fusari, 2008), e, dall’attrito con il suolo che è massimo per i venti che spirano in prossimità della superficie terrestre e diminuisce all’aumentare della quota sino ad annullarsi intorno ai 1000 m (Crippa e Fiorani, 2011).

La direzione del vento si determina con gli anemoscopi, costituiti da semplici banderuole metalliche che si orientano parallelamente alla direzione del vento. La direzione espressa è quella di provenienza e viene indicata o attraverso i punti cardinali o mediante l’angolo contato in senso orario a partire dal Nord geografico: al vento da Est corrispondono 90°, da Sud 180° e così via fino ai 360° del vento che spira da Nord (Giuliaci et al., 2001).

La moderna classificazione dei venti gli suddivide in *costanti*, *periodici* e *locali* (Scuterini e Fusari, 2008).

I *venti costanti*, che soffiano sempre nella stessa direzione e nello stesso senso in ogni mese dell'anno interessano spesso grandi regioni della Terra. Sono costantemente alimentati da un gradiente di pressione che non raggiunge mai l'equilibrio e si presentano soltanto in particolari latitudini (Crippa e Fiorani, 2011).

Si possono suddividere in:

- *Alisei*, che spirano nelle zone fra l'equatore e i tropici: da nord-est a sud-ovest nell'emisfero australe; si generano nelle zone anticicloniche tropicali e convergono verso le zone equatoriali. Questi venti vengono chiamati alisei se a bassa quota e controalisei se in quota. Soffiano tutto l'anno e nella stessa direzione e senso e sono stati sfruttati dall'uomo nella navigazione a vela sull'Oceano (Crippa e Fiorani, 2011, Sassolini, 2012).

- *Extratropicali*, che spirano nelle fasce equatoriali dove, per effetto del riscaldamento, si formano masse di aria calda e umida ascendenti.

- *Occidentali*, che spirano nelle aree temperate del pianeta tra il 35° ed il 60° parallelo. Sono venti regolari che provengono sempre dalla stessa direzione: da sud-ovest a nord-est nell'emisfero boreale e da nord-ovest a sud-est nell'emisfero australe.

- *Polari*, che si presentano nelle latitudini superiori al 66° parallelo. Una zona di alta pressione caratterizza i poli e spinge le masse di aria verso le latitudini più basse, da nord-est a sud-ovest nell'emisfero boreale e da sud-est verso nord-ovest nell'emisfero australe (Crippa e Fiorani, 2011).

I *venti periodici* che invertono periodicamente il senso; possono essere a periodo stagionale, come i monsoni e gli estesi (venti regionali), o a periodo diurno, come le brezze (venti locali).

- *Monsoni*, che sono caratteristici dell'Oceano Indiano e dei mari della Cina. Nel semestre estivo, tra aprile e ottobre, spirano dall'Oceano verso terra mentre durante quello invernale tra novembre e aprile soffiano dal continente verso il mare.

- *Estesi*, che soffiano durante l'estate dal Mar Egeo verso l'Egitto e sul percorso inverso durante l'inverno (Crippa e Fiorani, 2011; Scuterini e Fusari, 2008).

- *Brezze*, che sono venti giornalieri di debole intensità prodotti dalla differenza di pressione tra aree contigue diversamente riscaldate. Tra le brezze si possono riconoscere tre tipologie:

brezze di mare e di terra, di lago e di riva, e, brezze di monte e di valle (Giuliaci et al., 2001; Scuterini e Fusari, 2008; Crippa e Fiorani, 2011).

Le brezze di mare cominciano a spirare in genere nel primo mattino, quando si crea una bassa pressione sulla terra che richiama aria dal mare su cui vi è alta pressione, si intensificano durante il pomeriggio espandendo gradualmente il loro raggio d'azione verso l'interno, raggiungendo il loro massimo in concomitanza con la temperatura massima e cessano verso il tramonto. Dopo 2 o 3 ore, quando si crea una bassa pressione sul mare che richiama aria dalla terra su cui vi è un'alta pressione, hanno inizio le brezze di terra, che in genere sono meno intense e cessano rapidamente dopo l'alba.

Quando le perturbazioni sono lontane e con esse i venti che le accompagnano, le brezze di mare e di terra governano il regime della ventilazione lungo le coste; arrivando ad assumere velocità comprese tra i 7 ed i 20 km/h, ma, se c'è un vento di almeno 8 nodi (15 km/h) in alto mare, la brezza probabilmente non si svilupperà (Giuliaci et al. 2001).

Le brezze di monte e di valle si verificano nelle zone alto-collinari e montane tra valle, pianura e picchi montuosi. Nella prima parte della giornata l'aria delle vette si riscalda prima di quella del fondovalle ancora ombreggiato e creando una condizione ciclonica, provoca la risalita di aria dal fondovalle (brezza di pendio). Si tratta di un vento umido che, salendo lungo i versanti, si raffredda e scarica l'umidità in forma di piogge pomeridiane. Nella tarda mattinata, il fondovalle diventa più caldo della pianura sottostante, si forma un vento piuttosto intenso (brezza di valle), che dalla pianura risale longitudinalmente la valle potenziando le brezze di pendio. Di notte, invece, il raffreddamento in quota è più rapido, per cui la condizione di bassa pressione si crea a valle, originando la brezza di monte, un vento freddo che scende dai pendii percorrendo longitudinalmente la valle sino a raggiungere la pianura (Crippa e Fiorani, 2011).

Nelle zone montane possiamo distinguere anche i *venti catabatici* che sono venti discendenti da un pendio montuoso o da un plateau (es. in Groenlandia o in Antartide) e, all'opposto, i *venti anabatici* che salgono verso l'alto di un pendio (es. durante meccanismi di foehn).

I *venti locali*, sono moltissimi, con una nomenclatura spesso variabile a seconda delle zone in cui si generano. Questi venti, tipici delle zone temperate, soffiano irregolarmente solo quando si vengono a creare zone cicloniche e anticicloniche temporanee. (Crippa e Fiorani, 2011).

Nell'area interessata dal mar Mediterraneo si usa classificare i venti a seconda della direzione da cui provengono basandosi su un antico strumento: la “*Rosa dei Venti*” che riprende ed usa la vecchia nomenclatura derivante dall'antica Grecia, che presumeva l'osservatore posto al centro del mar Ionio, a nord-ovest delle isole egee, precisamente sull'isola di Zante.

Indipendentemente dal luogo in cui ci si trova un'altra importante classificazione dei venti, distingue:

- “venti regnanti”: presentano un'alta frequenza di apparizione (almeno il 50%).
- “venti dominanti”: sono caratterizzati da alte velocità (almeno 30 km/h).
- “venti prevalenti”: che presentano contemporaneamente le due caratteristiche di alta frequenza e velocità (Milano, 2008; Leone, 2009).

Oltre la direzione è molto importante valutare anche la durata e la velocità del vento in un determinato territorio. Queste osservazioni un tempo erano valutate con grandissima attenzione e tenute in considerazione per quanto riguarda gli aspetti della navigazione, per la protezione di determinate colture agricole e persino per la costruzione delle città.

La rosa dei venti più semplice è quella a 4 punte, formata dai soli quattro punti cardinali, e a ciascuno dei quali è abbinato un vento locale proveniente da quella direzione:

- Nord (N 0°), anche detto settentrione, dal quale spira il vento detto “tramontana”, freddo ed asciutto che insieme al maestrale di solito porta il sereno;
- Est (E 90°), anche detto oriente, e dal quale soffia e si origina il vento detto “levante”;
- Sud (S 180°), anche detto meridione, dal quale spira il vento detto “ostro” oppure “mezzogiorno” poiché proviene dalle zone meridionali;
- Ovest (W 270°), anche detto occidente, e dal quale soffia il vento detto “ponente” proprio per la direzione da cui proviene. Questo vento è anche detto “zefiro”.

Tra i quattro punti cardinali principali si possono fissare 4 punti intermedi, originando la rosa dei venti ad 8 punte (Figura 2).

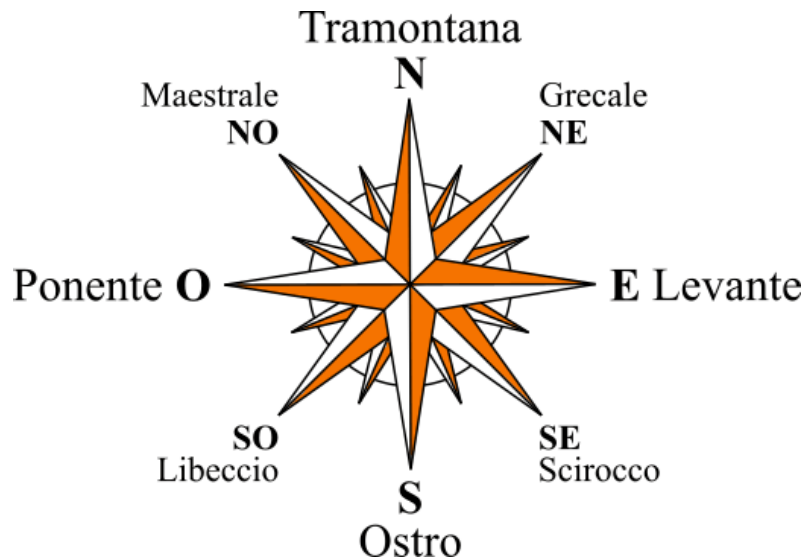


Figura 2 – Rosa dei venti ad 8 punte.

- Nord-est (NE 45°), dal quale spira il vento di “grecale” chiamato anche “greco” o “bora”.
- Nord-ovest (NW 315°), dal quale spira il vento di “maestrale” che si origina dal gradiente barico che si instaura tra il bacino tirrenico-ligure, caldo e quindi ciclonico, ed il centro della Francia, freddo e perciò anticiclonico;
- Sud-est (SE 135°), dal quale spira il vento di “scirocco” detto anche “garbino umido”. Giunge fino alle coste ioniche attraversando il Mediterraneo dove accumula vapore acqueo; questo fa sì che sia un vento caldo e umido che porta afa ed alte temperature.
- Sud-ovest (SW 225°), dal quale spira il vento di “libeccio” Proviene dall’Africa ed è un vento caldo ed umido. Viene chiamato anche Garbino sulle coste del Veneto, Emilia Romagna, Marche e Abruzzo.

Nonostante la gran varietà di “movimenti” che l’atmosfera può compiere in prossimità del suolo in ogni angolo del nostro Paese, vi sono alcune ricorrenze, alcuni elementi costanti o prevalenti che finiscono per caratterizzare climaticamente ogni zona. Nel lavoro di analisi fatto da Giuliacci et al. (2001), durato vent’anni, si capisce come le aree più battute dal vento sono quasi tutti i litorali, le regioni meridionali e le due isole maggiori. La Pianura Padana e le zone interne del Centro risultano protette dai venti per un buon numero di giorni all’anno; questo è dimostrato anche dal fatto che in queste zone vi è la nebbia con una maggior frequenza, fenomeno che ha luogo solitamente in condizioni di stabilità ed in assenza di vento. Nelle zone sopracitate sono stati i mesi invernali quelli che hanno fatto registrare le

maggiori differenze di ventosità, mentre i mesi della stagione calda tendono ad avere valori uniformi su tutto il territorio. Queste differenze tra estate ed inverno sono più marcate nelle regioni settentrionali, mentre al Sud, sulle isole e lungo i litorali, come avviene per le temperature, le velocità del vento non presentano grandi oscillazioni da stagione a stagione. Un ruolo chiave in questo fenomeno è giocato dalla presenza al Nord dell'arco alpino, che ripara la Val Padana dai venti, e dalla vicinanza al mare che oltre a causare il naturale innesco delle brezze durante tutta la stagione estiva, offre una porta aperta, senza ostacoli, ai venti provenienti dal largo dei litorali. Infatti, da questo lavoro, si può notare che nelle regioni più vicine al mare non ci sono periodi dell'anno con una particolare e persistente calma del vento.

1.3. Il vento nella mitologia e in letteratura

Da dove viene il vento? La scienza ci dice che esso è aria in movimento, cioè lo spostamento di una massa d'aria da una zona dove la pressione atmosferica è maggiore, ad una dove è minore. L'uomo nel corso dei secoli si è dato altre risposte attraverso i miti.

Questo elemento naturale così forte ed impetuoso fu divinizzato dai greci e dai romani, infatti, nella mitologia greca si parla di Eolo (in greco antico "Aiolos"), dio dei venti, figlio di Poseidone ed Arne.

Eolo, secondo la mitologia, si rifugiò sull'arcipelago delle isole Eolie e diede loro il nome. Viveva nella sua reggia a Lipari insieme alla moglie Ciane, figlia di Liparo, primo re dell'isola, ed ai loro dodici figli: sei maschi e sei femmine. Eolo ebbe da Zeus ed Era il compito di controllare i venti: li dirigeva e li liberava custodendoli dentro le caverne e dentro un otre a Lipari. I venti, dopo aver provocato grossi danni tra cui il distaccamento della Sicilia dal continente, dovevano essere tenuti sotto controllo. Tra questi c'erano quattro fratelli che rappresentavano i Venti principali: *Borea*, il più violento, vento del Nord che per amore delle cavalle di Dardano si trasformò in cavallo e generò dodici puledri veloci come il vento; *Zefiro*, vento dell'Ovest, dolce e benefico che annuncia la primavera; *Euro*, vento dell'Est, a volte tempestoso e a volte asciutto che portava bel tempo; *Austro*, vento del Sud, caldissimo e apportatore di pioggia raffigurato sempre bagnato. Poi vi erano anche altri venti: *Libeccio*, vento del Sud-Ovest avvolto dalla nebbia; *Cecia*, vento del Nord-Est, vecchio con coda di serpente e un piatto di olive in mano; *Apeliotes*, vento del Sud-Est nelle mani del quale c'erano frutti maturi; *Schirone*, vento del Nord-Ovest con un'urna piena d'acqua pronta ad essere rovesciata sulla terra.

Eolo viene citato anche in molte opere letterarie classiche: infatti lo troviamo nel libro VI dell'Iliade durante la narrazione della discendenza di Glauco; nel libro X dell'Odissea di Omero nel quale si racconta di quando Ulisse, reduce dalla guerra di Troia, approdò alle isole Eolie dove Eolo lo ospitò per circa un mese e, commosso dal racconto e dalla storia dell'eroe greco, gli donò un otre di pelle dentro il quale vi erano rinchiusi i venti contrari alla navigazione, ma che avrebbe potuto comunque scegliere di liberare, uno a uno, in caso di necessità. Durante il viaggio Ulisse fece soffiare solo il dolce Zefiro ma mentre l'eroe dormiva, ormai in prossimità di Itaca, i compagni di navigazione, credendo che l'otre donato da Eolo fosse pieno di tesori, l'aprono liberando i venti che scatenarono una terribile tempesta che riportò Ulisse ed i compagni di nuovo nelle isole di Eolo, che si rifiutò di aiutarli credendoli mal voluti dagli dei (Ciani, 2000). Eolo compare, inoltre, anche nell'opera di Virgilio, l'Eneide.

Lucrezio, poeta e filosofo romano seguace dell'epicureismo, scrisse proprio dei versi dedicati al vento nella sua opera "De rerum natura" parlando di corpi invisibili di vento, cioè di atomi invisibili all'occhio umano; questi compongono la natura del vento e causano sulla terra dei terribili vortici e turbini che, come dei fiumi impetuosi, portano con sé ogni cosa che incontrano sul proprio cammino sconvolgendo mari e monti. Lucrezio quindi immagina che il vento sia composto da corpi/atomini invisibili che hanno un comportamento simile a quello dei grandi fiumi che, invece, hanno corpo visibile all'occhio umano.

Si riporta, di seguito, un brano del "De Rerum Natura" (Lucrezio, Liber I, versi 271-297):

*Principio venti vis verberat incita corpus
ingentisque ruit navis et nubila differt,
inter dum rapido percurrens turbine campos
arboribus magnis sternit montisque supremos
silvifragis vexat flabris: ita perfurit acri
cum fremitu saevitque minaci murmure pontus.
sunt igitur venti ni mirum corpora caeca,
quae mare, quae terras, quae denique nubila caeli
verrunt ac subito vexantia turbine raptant
...
sic igitur debent venti quoque flamina ferri,
quae vel uti validum cum flumen procubuere
quam libet in partem, trudunt res ante ruuntque
impetibus crebris, inter dum vertice torto
corripiunt rapidique rotanti turbine portant.
quare etiam atque etiam sunt venti corpora caeca,
quandoquidem factis et moribus aemula magnis*

amnibus inveniuntur, aperto corpore qui sunt.

Anzitutto la forza sfrenata del vento sferza il mare e travolge grosse navi e disperde le nuvole, e talvolta, percorrendo con rapinoso turbine i campi, grandi alberi vi abbatte e sparge, e contro le vette dei monti si avventa con raffiche che schiantano le selve: tanto infuria con fremito violento e imperversa con minaccioso rombo il vento. Esistono dunque, senza dubbio, invisibili corpi di vento, che spazzano il mare e le terre e infine le nuvole in cielo e, con subitaneo turbine avventandosi, le trascinano via; ... Così dunque devono infuriare anche i soffi del vento, che, quando come un fiume possente sono piombati verso una qualsiasi parte, cacciano le cose innanzi a sé e le abbattono con assalti frequenti, talvolta con vortice tortuoso le afferrano e rapinosi con roteante turbine le trasportano. Perciò, ancora e ancora, esistono invisibili corpi di vento, giacché nei fatti e nei caratteri si scoprono emuli dei grandi fiumi, che hanno corpo visibile.

Seneca, filosofo, drammaturgo e politico romano, esponente dello stoicismo, descrisse nella sua opera *“Naturales Questiones - libro V”* questo fenomeno meteorologico definendolo come “aria che spira” ed entrò in contrasto con la visione di Democrito, atomista, maestro di Epicuro (di cui seguace fu Lucrezio), che affermava che il vento era originato da atomi/corpi che in uno spazio confinato scontrandosi creavano questa corrente d’aria. Per Seneca invece questo era impossibile in quanto a volte nell’atmosfera (spazio confinato) ci sono molte particelle ma non vi è vento:

“Che questa spiegazione sia falsa puoi capirlo anche dal fatto che non c’è vento quando l’atmosfera è carica di nubi, eppure moltissimi corpi si sono ammassati in uno spazio angusto, ed è da ciò che deriva la pesantezza e la densità delle nubi. Aggiungi che spesso intorno ai fiumi e ai laghi si forma una nebbia prodotta da particelle che si sono serrate e ammassate, e tuttavia non c’è vento. A volte poi si diffonde una caligine così spessa che non fa vedere ciò che si trova nelle vicinanze, il che non accadrebbe se non si ammassassero molti corpi in uno spazio ristretto. Eppure, non c’è mai meno vento di quando c’è nebbia. Quando il sole, sorgendo, dilata l’aria densa e umida del mattino avviene il contrario: s’alza una brezza quando ai corpi è stato lasciato più spazio e non si affollano e non accalcano più.”

Seneca in merito dell’origine del vento, sempre nella sua opera *“Naturales Questiones – libro V”*, scrive la sua ipotesi su questo argomento:

“Ebbene, sottoterra scorrono fiumi pari ai nostri, alcuni dei quali procedono tranquillamente, altri rumorosamente buttandosi a precipizio in luoghi dirupati. Dunque non dobbiamo dedurre che anche sottoterra ci siano dei laghi e acque che ristagnano senza una via d’uscita? Se è così anche l’aria è necessariamente carica di umidità e di conseguenza esercita una pressione e con la sua spinta genera un vento” (Paratore, 2015).

Come scrisse Emily Dickinson

The wind tapped like a tired man and like a host: "Come in"

Ogni vento ha una sua anima e un suo volto.

“Ai marinai bastava sentirli spirare sulla pelle per riconoscerli. L’indomito Maestrone, il dolce Scirocco, la Tramontana forte come una matrona, il Levante ballerino e imprevedibile, ognuno ha un passo diverso, ognuno un suo canto” – Anemos, Fabio Fiori.

I venti del Mediterraneo sono testimoni della storia millenaria di civiltà e culture che hanno attraversato il "Mare Nostrum". Nei loro nomi e nella loro origine sono racchiusi racconti e leggende che, da sempre, hanno stimolato la letteratura e le arti. Se la Tramontana, gelido vento del nord, e l'Ostro, torrida aria del sud, sembrano aver cancellato l'originario significato delle parole, i loro fratelli, il Levante e il Ponente, rivelano inequivocabilmente la loro provenienza. Il Libeccio e lo Scirocco raccontano invece storie arabe, mentre il Maestrone ricorda la grandezza delle città maestre, Venezia e Roma. Insieme compongono il più venerato fiore del marinaio.

E a proposito di Maestrone non si può non ricordare una tra le poesie più famose di Giosuè Carducci:

San Martino

*La nebbia a gl'irti colli
piovigginando sale,
e sotto il maestrone
urla e biancheggia il mar;*

*ma per le vie del borgo
dal ribollir de' tini
va l'aspro odor de i vini
l'anime a rallegrar.*

*Gira su' ceppi accesi
lo spiedo scoppiettando:
sta il cacciatore fischiando
sull'uscio a rimirar*

*tra le rossastre nubi
stormi d'uccelli neri,
com'esuli pensieri,
nel vespero migrar.*

2. EFFETTI DEL VENTO

2.1. Il vento in agricoltura

Come scrisse Lucrezio nella sua opera “De Rerum Natura” il vento, oltre che essere un fenomeno meteorologico che da sempre affianca l’uomo in ogni sua attività, è capace, attraverso la sua forza, di scaturire innumerevoli effetti sulla natura che lo circonda.

Questo elemento naturale infatti può essere causa di molti effetti:

- *allettamento delle coltivazioni erbacee*: questo fenomeno fa sì che le piante, complici della scarsa consistenza dei loro tessuti verdi, si ripieghino al suolo sotto la forza del solo vento o della concomitanza di questo insieme a forti piogge.
- *condizionamento della morfologia della pianta*, un esempio tipico sono le piante di vite e ulivo plasmate in aree fortemente battute dal vento.
- *rottura di rami*, che può provocare numerosi danni nelle coltivazioni arboree compromettendo la coltivazione delle piante e soprattutto la produzione.
- *cascola dei frutti*, i forti venti possono causare il distacco dei frutti prossimi alla maturazione. Questo problema è molto diffuso, per esempio, nell’olivicoltura in cui modeste raffiche di vento possono provocare la caduta di parte delle olive prodotte dalle piante.
- *impollinazione*, il vento gioca un ruolo fondamentale nel regolare questo processo e vi sono specie anemofile. Queste piante non prevedendo l’intervento di animali, non producono nettare o comunque non presentano adattamenti delle infiorescenze per attirare gli insetti.
- *trasporto di semi di piante infestanti*, il vento infatti è sfruttato da quelle piante che prevedono una disseminazione anemocora per il trasporto del seme, che ha una particolare struttura aerodinamica. Un tipico esempio sono i pappi delle Asteracee, tra queste vi è il tarassaco che forma il cosiddetto “soffione” in cui il seme è unito a una struttura piumata che gli consente di sfruttare il vento per la sua disseminazione (Roveta et al. 2014).
- *condizionamento del microclima di una certa zona*, infatti il vento può causare il raffreddamento o il riscaldamento dell’aria e riesce anche ad eliminare le differenze di concentrazione dell’anidride carbonica, dell’ossigeno e del vapore acqueo tra i diversi strati d’aria compiendo una sorta di rimescolamento.

- *trasporto di sali*, in prossimità del mare possono essere frequenti i cosiddetti “venti salsi”, i quali trasportano sali che possono essere dannosi per le piante, ma anche per le strutture di sostegno (Lavezzaro et al., 2016).

- *trasporto di acqua e neve da parte dei venti prevalenti*, quest’azione sui vari elementi che caratterizzano il paesaggio agricolo, può essere distruttiva oppure attenuata, utilizzando barriere fisiche artificiali o naturali, come ad esempio le file alberate frangivento poste nel perimetro delle aree da proteggere perpendicolarmente alla direzione dei venti prevalenti (Ingegnoli, 2011).

- *erosione del suolo*, in alcune regioni del mondo i forti venti possono arrecare danni in agricoltura in quanto erodono progressivamente nel tempo lo strato superficiale del terreno, riducendo lo strato attivo del suolo e di conseguenza la sua fertilità. Oltre all’utilizzo di alberate frangivento, l’inerbimento può costituire un rimedio efficace (Wolfe e Nickling, 1993).

- *traspirazione delle piante*: questa attività è fortemente influenzata dalle caratteristiche climatiche e può notevolmente aumentare in funzione della radiazione solare incidente. Il vento, contribuendo nella riduzione dell’umidità relativa presente nell’aria, può aumentare l’evapotraspirazione e i consumi idrici della pianta. Su vite è stato riscontrato una diminuzione dell’attività fotosintetica in piante esposte a venti di forte intensità (Kobriger et al., 1984).

- *accelerazione della maturazione e dell’essiccamento dei frutti*: non possiamo trascurare l’effetto dei venti nel ridurre l’umidità presente nelle spighe di grano, a fine primavera, quando inizia la fase di essiccamento delle cariossidi. Un altro esempio è rappresentato dall’appassimento dell’uva in pianta, che viene notevolmente accelerato in ambienti ben ventilati.

- *diffusione e attacco di patogeni*: il vento influenza il microclima facendo diminuire l’umidità relativa e di conseguenza è in grado di inibire e limitare lo sviluppo di muffe come l’oidio e la botrite o altre malattie fungine e di insetti fitofagi o vettori di virus per le piante (Thomas et al. 1987).

- *trattamenti fitosanitari e/o erbicidi*: il vento può rendere più difficoltosa la loro esecuzione causando fenomeni di deriva. Durante la distribuzione sulle colture di prodotti frantumati da irroratrici, atomizzatori o polverizzatori, piccole particelle possono essere trasportate dalle

correnti d'aria "fuori bersaglio" causando possibili danni all'ambiente e alle persone. La deriva genera anche un aumento dei costi di produzione che porta ad un relativo aumento del prezzo del prodotto (Catania et al., 2011; Gil et al., 2006).

2.2. Il vento in viticoltura

In fase di progettazione dell'impianto di un vigneto è necessario considerare i venti prevalenti che caratterizzano l'apezzamento, verificandone la loro frequenza, velocità e direzione.

Questo aspetto è di fondamentale importanza per scegliere un opportuno *orientamento dei filari*. In caso di zone soggette a forti venti disporre i filari perpendicolari al vento prevalente espone a molteplici rischi come la torsione dei sostegni (specialmente nel caso di pali in profilato metallico) o l'effetto vela esercitato dalla parete vegetativa in pieno sviluppo, con conseguente rottura di germogli e tralci.

Per questi motivi, in base alle caratteristiche climatiche di un determinato luogo è necessario fare anche una mirata e specifica scelta dei *materiali utilizzati* a sostegno dell'impianto e del loro dimensionamento (spessore, larghezza e altezza dei pali, diametro dei fili). In una località soggetta a forti e costanti venti, prossima al mare, con una distanza da questo inferiore ai 5 km in linea d'aria, sarà controindicato scegliere pali profilati in acciaio corten (magari di basso spessore) o con una semplice zincatura a freddo, e neppure fili di questi materiali. I venti salini che provengono dal mare trasportano cloruri e ioni Cl^- e Na^+ (Scuterini e Fusari, 2008) che favoriscono i processi corrosivi di questi materiali, provocando rotture precoci e riducendo il loro utilizzo rispetto ad altri ambienti (Lavezzaro et al., 2016). Inoltre, l'utilizzo in ambienti ventosi, di pali profilati di basso spessore, e con una geometria non adeguata, può procurare spiacevoli fenomeni di torsione arrecando anche un danno economico.

Conoscere i venti prevalenti nell'apezzamento in fase di impianto di un vigneto è importante anche per scegliere la giusta *forma di allevamento*. In zone soggette a forti venti non sono indicate le forme di allevamento alte rispetto al livello del terreno (combi, sylvoz o casarsa) né quelle alte e libere come doppia cortina (GDC) o cordone libero. In un caso si andrà in contro ad un maggiore effetto leva, che combinato all'azione del vento sulla parete vegetativa romperà i filari e nell'altro può essere causata la rottura dei germogli e dei tralci lasciati liberi e non canalizzati nei fili. In questi ambienti sono da preferirsi forme di

allevamento basse e con dei sostegni solidi a cui è possibile legare la vegetazione (alberello, pergoleta delle Cinque Terre, forme a spalliera basse).

Nei luoghi caratterizzati da forti venti sono stati adottati dei veri e propri “sistemi di difesa”. È il caso delle isole Canarie (Lanzarote e Fuerteventura), o di diverse aree agricole italiane come in Liguria, Sardegna e Sicilia (Pantelleria), dove le piante sono messe al riparo dal vento con la costruzione di appositi muretti a secco in pietra (Figure 3 e 4).

Le viti sono allevate ad alberello, con un'altezza non superiore ai 50 cm, per poter essere ancora più protette dagli effetti del vento. Inoltre, negli ambienti ventosi ed aridi le piante sono coltivate pure all'interno di conche scavate nel terreno, al fine di raccogliere tutta la poca acqua presente e concentrarla sulla pianta (Figura 4).



Figura 3 – Giardino Pantesco Donnafugata, Pantelleria, Sicilia.



Figura 4 – Tipico vigneto della provincia La Geria, Lanzarote.

Questo importante fenomeno atmosferico condiziona anche la gestione e la pianificazione delle *pratiche agronomiche*. Lavezzaro e Morando (2016) sottolineano l'importanza di

adottare alcuni accorgimenti sia durante la progettazione di impianto sia durante la sua gestione, come per esempio:

- orientare i filari paralleli alla direzione principale del vento;
- sorreggere la vegetazione con doppi filari;
- impiegare filari di sezione più grande per non tagliare la vegetazione;
- evitare il contatto diretto tra filari e pali di cemento;
- legare precocemente i germogli per evitare eventuali danni;
- evitare gli eccessi di azoto che indeboliscono la vegetazione.

La *distribuzione dei trattamenti fitosanitari* nel vigneto è opportuno eseguirla in giornate caratterizzate da poco vento, per limitare al minimo i fenomeni di deriva, anche se si è in possesso degli ugelli antideriva, e va sempre e comunque preceduta da una corretta taratura delle macchine irroratrici. Condizioni climatiche caratterizzate dalla presenza di un vento con velocità maggiore o uguale ai 2 m/s causano inevitabilmente l'aumento del dosaggio necessario per ettaro e quindi anche un aumento dei costi (Catania et al., 2011; Gil et al., 2006).

Va ribadito, inoltre, il ruolo del vento in relazione ai patogeni delle viti. Una chioma in cui vi è poca circolazione d'aria prolifereranno più facilmente, a causa di un'umidità elevata, patogeni quali peronospora e botrite (Thomas et al. 1987).

Nelle zone mediamente calde ed anche ventilate è invece agevolato lo sviluppo dell'oidio (mal bianco), un fungo ascomycota che si sviluppa sui tessuti esterni e giovani, provocando attacchi a infiorescenze, buccia dell'acino, foglie, piccioli e germogli.

Il vento oltre ad influenzare la gestione agronomica della pianta genera vari effetti anche sulla vite stessa. Esperimenti effettuati da Kobriger (1984) hanno dimostrato una riduzione nella conduttanza stomatica delle foglie delle piante esposte al vento, questo porta la pianta ad aver anche minor attività fotosintetica. Nelle viti sottoposte all'effetto di un forte vento artificiale i grappoli risultavano avere da 1 a 4 gradi Brix in meno di quelli delle piante al riparo dai venti. Gli esperimenti consistevano nell'esporre in un tunnel del vento delle viti in vaso ad un vento artificiale moderato (3,6 m/s) ed ad un vento artificiale forte (10,7 m/s) per 6 -7 giorni rispetto a un controllo. È stata osservata una diminuzione della traspirazione fogliare come risposta strategica della pianta allo stress e per il risparmio idrico. Ciò può provocare un incremento della temperatura nella foglia, un aumento anche dei processi di respirazione e degradazione di vari composti, tra cui l'acido malico.

In viti cresciute in ambiente ventoso, per un lungo periodo, si può osservare un cambiamento della fisiologia della pianta: germogli più corti, foglie più piccole e con una minor densità stomatica (Kobriger et al., 1984) (Figura 5).

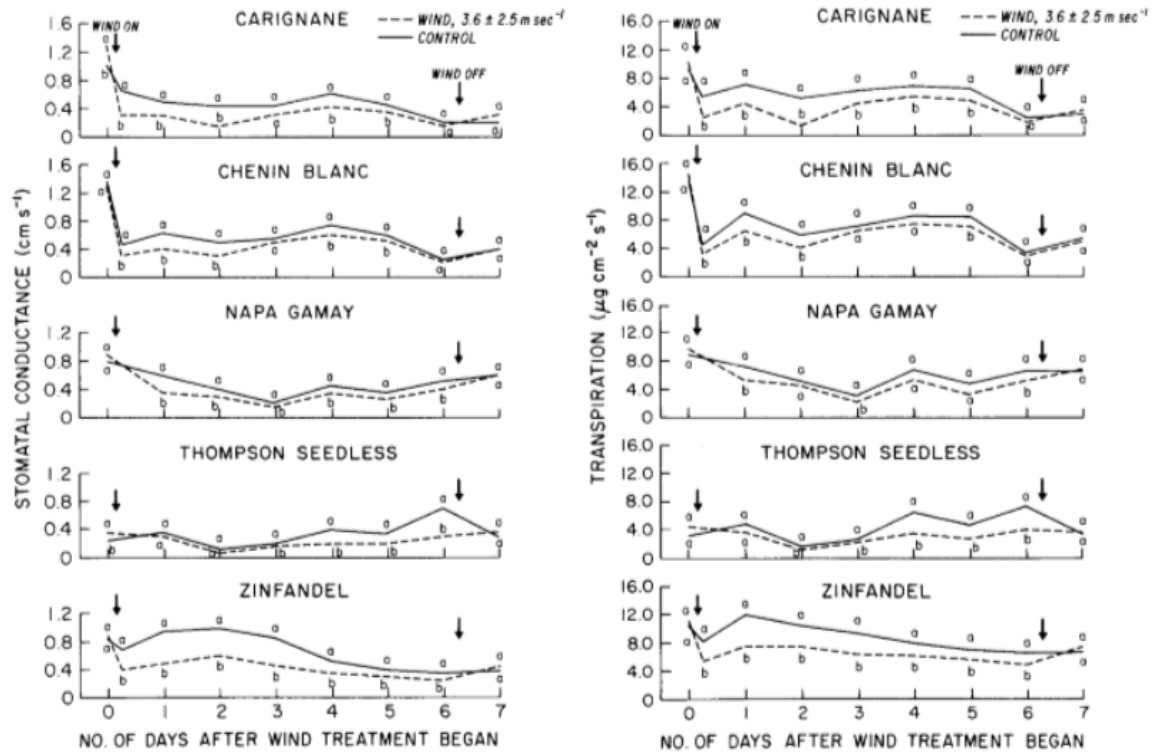


Figura 5 - Valori della conduttanza stomatica (sinistra) e della traspirazione (destra) nelle foglie di diverse cultivars di vite sottoposte al vento artificiale rispetto al controllo (tratto da Kobriger et al., 1984).

3. SCOPO DELLA TESI

Il lavoro di Tesi ha investigato l'influenza del vento sulla composizione delle uve e, in particolare, sul profilo degli aminoacidi, composti di notevole rilevanza viticola ed enologica, altamente sensibili a stimoli biotici e abiotici.

L'esperimento si inserisce nel contesto delle ricerche sull'AgroEcologia, in corso presso l'Università di Bologna, ed è focalizzato sullo studio dei processi fisiologici e biochimici e sull'azione esercitata dai fattori ambientali, antropici ed agronomici negli ecosistemi viticoli.

4. MATERIALI E METODI

4.1. Campo sperimentale e materiale vegetale

L'esperimento è stato condotto nel vigneto dell'Azienda Agricola Ranocchi Sandro, situata a Pesaro, a circa 5 km in linea d'aria dal mare. Si trova nella collina di San Germano ad un'altitudine media di 100 m s.l.m. ed è posizionata a 43°54'0'' N 12°48'58''E. L'azienda è attualmente in conversione al metodo di coltivazione biologico ed è composta da circa 10 ha, di proprietà, su cui sono presenti vari tipi di colture: viti, olivi oltre a girasole, grano duro, grano tenero ed orzo.

Il vigneto ha un'estensione di 1 ha, un'esposizione verso est, un orientamento dei filari nordest-sudovest, con un sesto di impianto di 2x3 metri, corrispondente a 1667 piante per ettaro. Le viti hanno un'età media di 45 anni e la resa si aggira sui 70-75 q/ha annui. Le varietà coltivate sono Sangiovese, Montepulciano d'Abruzzo e Barbera. Le viti sono allevate a cordone speronato bilaterale, seguendo i principi della potatura ramificata.

L'apezzamento gode di un *clima* temperato tipico delle zone mediterranee, mitigato dalla stretta vicinanza al mare Adriatico che, oltre a generare un microclima unico caratterizzato da continue brezze e venti che si incanalano tra le sinuose colline, regola le temperature durante il periodo estivo. Tali condizioni, assicurano buone escursioni termiche tra il giorno e la notte ed evitano il raggiungimento di temperature troppo elevate che sarebbero deleterie per la vite.

Il suolo, poco profondo, presenta una tessitura franco argillosa-limoso, il tenore di sostanza organica è 1,29%, ha valori di calcare attivo intorno al 14%. (Tabella 1). Il sottosuolo, invece, è caratterizzato dall'alternante presenza di vene di arenaria. Il terreno è dotato di un'elevata capacità di scambio cationico (CSC), è mediamente dotato di azoto, potassio e calcio, le concentrazioni più elevate sono quelle del magnesio (Tabella 1).

Tabella 1 – Analisi del suolo del vigneto, Az. Agr. Ranocchi Sandro, Pesaro, 2017.

Parametro	Unità di misura	Risultato
Tessitura a 3 frazioni	-	-
Sabbia	g/kg	194
Limo	g/kg	393
Argilla	g/kg	413
pH in acqua	Unità pH	8,25
Sostanza organica	g/kg	12,9
Capacità di scambio cationico	meq/100g	29,2
Calcare attivo	g/kg	135

Calcare totale	g/kg	283
Azoto totale	g/kg	0,90
Fosforo assimilabile	mg/kg	3,5
Potassio scambiabile	mg/kg	163
Sodio scambiabile	mg/kg	52
Calcio scambiabile	mg/kg	4884
Magnesio scambiabile	mg/kg	322
Ferro assimilabile	mg/kg	8,5
Manganese assimilabile	mg/kg	4,08
Zinco assimilabile	mg/kg	0,64
Rame assimilabile	mg/kg	1,9
Boro solubile	mg/kg	0,3
C/N	-	8,3
Mg/K	-	6,3

Per quanto riguarda la gestione del suolo è praticato un inerbimento spontaneo permanente, soprattutto per evitare potenziali fenomeni erosivi conseguenti alle forti pendenze.

4.2. Trattamenti sperimentali

L'esperimento si è svolto su tre porzioni di filari (cv Sangiovese), in cui, in data 30 agosto 2018, le viti sono state defogliate nella fascia produttiva e cimate ad un'altezza di 2,20 m mantenendo un'altezza utile della parete vegetativa di 1,20 m, al fine di uniformarle. In seguito, ai fini del campionamento, sono state selezionate cinque viti per ciascun trattamento, rappresentative ed omogenee (simili per vigoria e carico produttivo).

Le porzioni di filari avevano una lunghezza di 20 m ciascuna ed erano distanziate tra loro (Figura 6), in modo da evitare possibili interferenze tra i tre diversi trattamenti:

- *trattamento 1* (T1, vento naturale): le viti hanno subito l'effetto del vento naturalmente presente.
- *trattamento 2* (T2, vento artificiale): le viti sono state sottoposte all'effetto di un vento artificiale generato da un soffiatore ed uniformemente distribuito sulla parete vegetativa delle piante, nelle tre ore precedenti al campionamento. Il vento artificiale originato aveva una velocità media pari a 45 km/h ad una distanza di 0,5 m (Figure 8 e 9).
- *trattamento 3* (T3, riduzione del vento): le viti sono state protette dall'effetto del vento naturale tramite un apposito telo frangivento (h 2 m e L 20 m) posizionato, tre giorni prima

del campionamento, lungo i filari immediatamente adiacenti e trasversalmente ai filari. Le operazioni necessarie per la stesura del telo frangivento hanno avuto una durata di circa 2 h. Il segmento di filare su cui sono state prelevate le bacche era quindi circondato da una struttura a rettangolo 20 m x 6 m costituita da un telo frangivento (Figura 7).

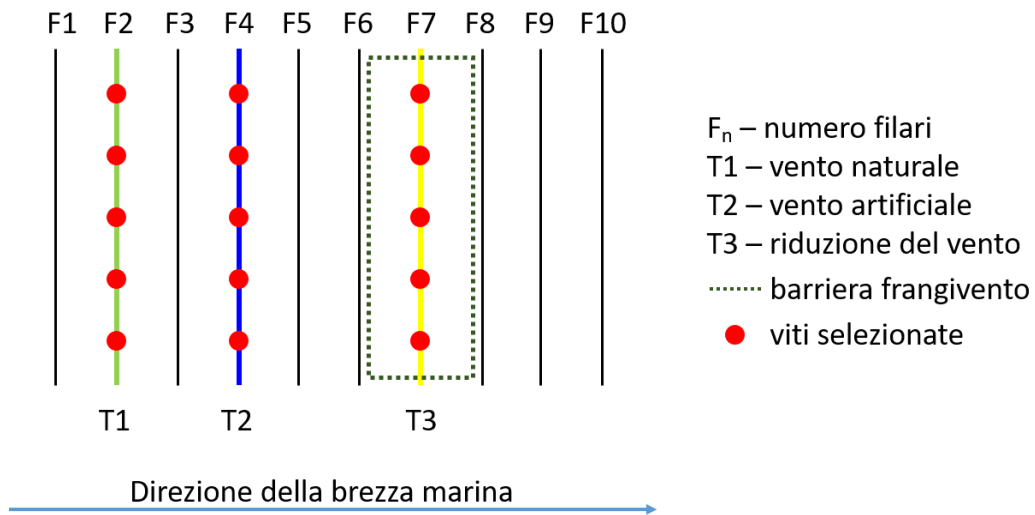


Figura 6 – Schema dei diversi trattamenti (T) effettuati nel vigneto riferiti al numero del filare (F).



Figura 7 – Vista dei filari del vigneto (sinistra) e dettaglio del frangivento perimetrale impiegato nell'esperimento (destra), Az. Agr. Ranocchi Sandro, Pesaro, 2018.



Figura 8 – Distribuzione del vento artificiale mediante soffiatore alla distanza di 0,50 m. Az. Agr. Ranocchi Sandro, Pesaro, 2018.



Figura 9 – Dettaglio del soffiatore elettrico alimentato da un generatore portato nel vigneto. Il soffiatore è in grado di generare un vento artificiale con una velocità pari a 45 km/h a 0,50 m di distanza. Az. Agr. Ranocchi Sandro, Pesaro, 2018.

Successivamente all'applicazione dei trattamenti, in data 5 ottobre 2018, è stato effettuato il campionamento (Figure 10, 11 e 12). Per l'analisi degli aminoacidi da ciascuna pianta sono state recise circa 10-15 bacche e fatte cadere in una provetta falcon, immersa immediatamente in un contenitore con azoto liquido, per la conservazione di materiale biologico. Per le analisi del pH, solidi solubili e acidità delle bacche sono stati prelevati casualmente due grappoli per ogni pianta selezionata. In seguito, i campioni, sono stati trasferiti nei laboratori universitari (Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari dell'Università di Bologna), dove sono state effettuate le analisi.

Dopo il campionamento sono stati valutati i parametri produttivi delle piante determinando:

- *Numero medio dei grappoli per pianta*: ottenuto dal conteggio del numero dei grappoli in ciascuna pianta selezionata.
- *Produzione media per pianta*: è stata ottenuta pesando i grappoli di ogni singola pianta selezionata.
- *Peso medio dei grappoli per pianta*: ottenuto tramite la divisione tra la produzione e il numero di grappoli presenti su ciascuna pianta.



Figura 10 – A sinistra dettaglio dei grappoli di Sangiovese. A destra, le operazioni di campionamento. Az. Agr. Ranocchi Sandro, 2018.



Figura 11 – A sinistra, operazioni di campionamento. A destra, contenitore dell'azoto liquido, Az. Agr. Ranocchi Sandro, Pesaro, 2018.



Figura 12 – Una foto di gruppo in campo durante il campionamento. Az. Agr. Ranocchi Sandro, Pesaro, 2018.

4.3. Dati meteorologici

Nel vigneto è stata eseguito un monitoraggio dei venti. In particolare sono state misurate la velocità e la direzione, per valutare quali fossero i venti prevalenti nell'appezzamento.

Allo scopo è stata utilizzata una stazione meteo dotata di un anemometro, capace di misurare la velocità (espressa in m/s) e la direzione del vento (espressa in gradi), e di un datalogger Campbell-Scientific CR10X (Logan, Utah – USA), in grado di ricevere, memorizzare ed elaborare i vari dati.

Il monitoraggio è stato effettuato in diverse giornate, nei mesi di Settembre e Ottobre, per aver una visione più completa dei venti prevalenti nell'appezzamento, sia durante l'ultimo periodo di maturazione, che nelle successive fasi di raccolta e post-raccolta. I dati sono stati rilevati sia nei filari compresi tra il *trattamento 1* ed il *trattamento 2* (zona A), sia all'interno del rettangolo costituito dal telo frangivento (zona B). Lo strumento monitorava i dati in continuo e fornendo un risultato elaborato ogni 1,5 minuti. Per ogni zona (A e B) i dati sono stati rilevati in sessioni di 15 minuti, per un totale di 10 dati elaborati forniti dalla stazione meteo.

L'anemometro è stato posizionato ad un'altezza di circa 1,50 m, in modo da poter registrare il vento che si abbatteva sulla parete vegetativa (Figura 13).



Figura 13 – Anemometro posto all'interno del rettangolo frangivento. Az. Agr. Ranocchi Sandro, Pesaro, 2018.

Questa stazione meteo consente di rilevare i dati in tempo reale attraverso l'utilizzo di un apposito software (LoggerNet della Campbell-Scientific, Logan, Utah, USA). I dati sono stati registrati in modo tale da determinare la velocità media del vento e la sua direzione prevalente (Tabella 2).

La velocità media del vento è stata calcolata facendo la media aritmetica delle velocità rilevate, mentre la direzione prevalente è stata definita osservando tra i dati la direzione che il vento aveva più frequentemente.

Tabella 2 – Dati medi rilevati, in ogni giornata di monitoraggio, e valore medio (\pm deviazione standard) e direzione prevalente riguardanti sia la zona tra il trattamento 1 e 2 (A) sia la zona del trattamento 3 (B).

Data	Velocità A (m/s)	Direzione A	Velocità B (m/s)	Direzione B
3/9/2018	2,91	Sud-Est	-	-
5/9/2018	2,38	Sud-Est	-	-
7/9/2018	2,81	Sud-Est	-	-
11/9/2018	2,65	Sud-Est	-	-
27/9/2018	3,14	Sud-Est	-	-
1/10/2018	2,89	Sud-Est	0,23	Sud-Est
6/10/2018	4,16	Sud-Est	0,58	Sud-Est
22/10/2018	3,85	Nord-Est	1,42	Sud-Est
23/10/2018	1,45	Nord-Est	0,59	Sud
24/10/2018	4,93	Sud	0,89	Sud
26/10/2018	3,50	Sud	0,57	Sud-Est
27/10/2018	5,15	Sud-Est	1,37	Sud-Est
Velocità media A (m/s)				
	3,34 \pm 1,16	Direzione prevalente A e B	Velocità media B (m/s)	0,81 \pm 0,54
Velocità media A (km/h)				
	12,02 \pm 4,18	SUD-EST	Velocità media B (km/h)	2,91 \pm 1,71

I dati mostrano che il vigneto è sottoposto all'effetto di un vento che ha una velocità media di 12,02 km/h ed che spirava da Sud-Est verso Nord-Ovest (direzione prevalente). Il telo frangivento posto perimetralmente al segmento di filare sottoposto al trattamento 3 si è mostrato aver un'azione abbattente sul vento di circa il 76%.

Nella giornata del 22 ottobre 2018, caratterizzata da un vento moderatamente forte, per monitorare l'effetto frangivento dei filari stessi è stata analizzata la differenza di vento tra l'esterno e l'interno (zona A) del vigneto (Tabella 3; Figura 14).

Tabella 3 – Dati del vento rilevati all'esterno e all'interno del vigneto.

Velocità esterno (m/s)	Direzione esterno (°N)	Velocità interno (m/s)	Direzione interno (°N)
5,92	25,59	4,90	0,24
7,19	29,01	5,13	24,67
7,12	37,40	4,68	36,67
6,82	17,26	3,66	24,69
5,4	27,81	3,68	42,18
7,09	30,44	3,61	351,35
5,60	351,42	2,56	17,29
5,23	37,00	2,84	60,88
6,82	37,39	3,63	62,55
7,34	32,6	3,78	355,43
Velocità media esterno (m/s)	6,45	Velocità media interno (m/s)	3,85
Velocità media esterno (km/h)	23,22	Velocità media interno (km/h)	13,86

Si è riscontrata una diminuzione della velocità del vento, all'interno del vigneto, di circa il 40% causata dal semplice impatto del vento sui filari ed una direzione che si è mantenuta invariata.



Figura 14 - Anemometro posto all'esterno del vigneto nella giornata del 22/10/2018. Az. Agr. Ranocchi Sandro, Pesaro.

Sempre utilizzando la stessa stazione meteo si è misurata la velocità del vento artificiale generato dal soffiatore ad una distanza di 50 cm e si è osservato essere pari a circa 45km/h.

Il giorno in cui si è svolto il campionamento e quelli precedenti sono stati caratterizzati da un vento con una velocità media di 9 km/h e da temperature massime di 21 °C e minime di 14 °C.

4.4. Analisi delle bacche

Per valutare le caratteristiche compositive delle bacche sono state effettuate diverse tipologie di analisi.

4.4.1. Parametri tecnologici

Per ogni pianta, da ciascuno dei due grappoli campionati, sono stati prelevati casualmente 50 acini, questi sono poi stati pigiati manualmente in un sacchetto di plastica al fine di ottenere il succo delle bacche. Nel succo sono stati analizzati i seguenti parametri:

- *Solidi solubili*: determinati con rifrattometro digitale a compensazione automatica della temperatura (refrattometro elettronico Maselli Misure, Milano, Italia) ed espressi in gradi Brix (AOAC, 1992).

- *pH*: misurato con potenziometro Eutech-Instruments a temperatura ambiente (AOAC, 1992).

- *Acidità titolabile*: determinata secondo la metodologia proposta da AOAC (1992) ed espressa in grammi di acido tartarico per 100 g di polpa di frutta fresca. La metodologia prevede una titolazione con NaOH ed in base al volume di NaOH aggiunto si ricava l'acidità espressa in acido tartarico grazie ad una formula:

$$\text{Acidità \%} = [(ml\ NaOH\ utilizzato) \times (0,1N\ NaOH) \times (\text{fattore milliequivalente}) \times (100)] / \text{grammi di succo}$$

in cui il valore del fattore milliequivalente per l'uva è pari a 0,075.

4.4.2. Aminoacidi, ammine, ammonio

Sui campioni di bacche crioconservate è stata effettuata un'analisi della composizione aminoacidica.

Estrazione aminoacidi

Si è proceduto prima all'estrazione degli aminoacidi utilizzando il metodo proposto da Carrera et al. (2014). Questa analisi prevede:

- sminuzzamento degli acini congelati in un mortaio

- addizione al campione sminuzzato di acqua distillata con una temperatura di 70 °C.

In questa fase per avere un'estrazione ottimale è necessario mantenere un rapporto tra acqua distillata aggiunta e peso degli acini compreso tra 5 e 10.

- la sospensione ottenuta è posta in un falcon, avendo cura di trasferire tutto il materiale.

- i campioni sono sottoposti a sonicazione per 10 minuti allo scopo di favorire la rottura delle cellule vegetali e l'estrazione di composti polari come gli aminoacidi.

- segue una centrifugazione (centrifuga PK120, Alc International, Cologno Monzese - Milano) per 5 minuti a 2700 rpm (1850 g) ed il successivo recupero del surnatante contenente gli analiti di interesse (Figura 15).

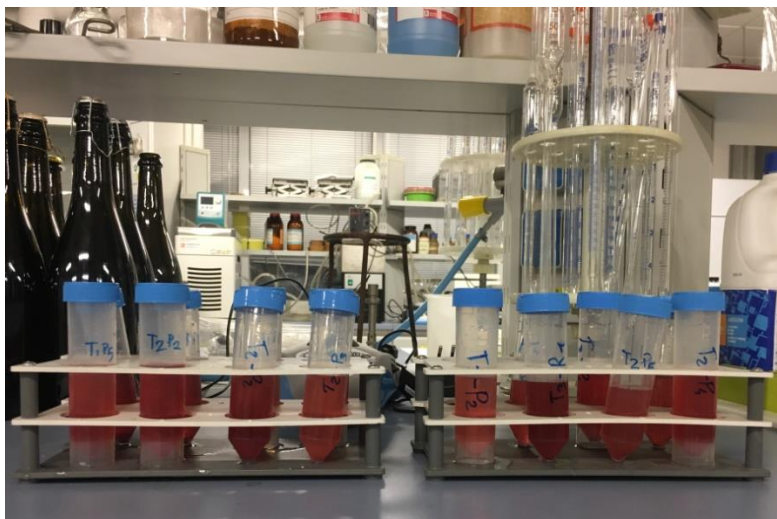


Figura 15 – Falcon contenenti l’estratto degli aminoacidi dei vari campioni. Laboratorio di Enologia, Università di Bologna, 2018.

Analisi degli aminoacidi e delle ammine mediante HPCL-DAD

La determinazione del contenuto in aminoacidi ed ammine dei 15 campioni estratti è stata eseguita in accordo con il metodo proposto da Cejudo-Bastante et al. (2010)

Preparazione dei campioni

Per la rivelazione degli aminoacidi con detector UV, è necessario procedere a derivatizzazione. Allo scopo, in una sovirel da 10 ml, con tappo a vite, sono depositi, nell’ordine, i seguenti reagenti:

- 1, 75 ml di tampone borato (pH 9)
- 0,75 ml di metanolo (MeOH)
- 1 ml di campione da analizzare
- 20 µl di dietiletossimetilenmalonato (DEEMM)

Si agita mediante vortex per 15 secondi (per eliminare l’emulsione dovuta al DEEMM) e si pone nel bagno ad ultrasuoni per 30 minuti. Di seguito si pone a bagnomaria a

70 °C per 20 minuti per eliminare l'eccesso di derivatizzante. Dopo il raffreddamento i campioni sono filtrati con membrana di acetato di cellulosa 0,45 µl ed iniettati. I campioni rimangono stabili per almeno 48 ore se conservati in frigorifero (Figura 16).

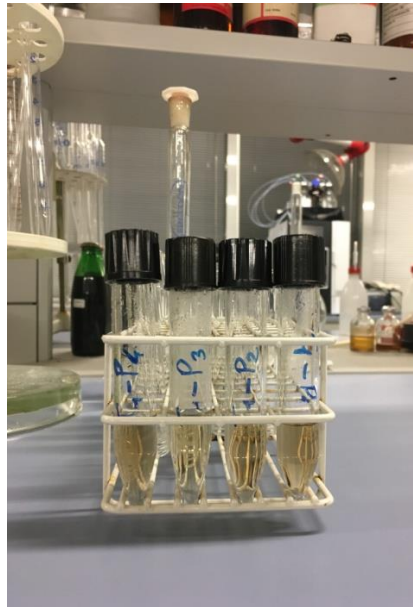


Figura 16 – Campioni derivatizzati. Laboratorio di Enologia, Università di Bologna.



Figura 17 – A sinistra, vials contenenti il campione derivatizzato pronto per l'analisi HPLC-DAD. A destra, strumentazione per analisi HPLC-DAD. Laboratorio di Enologia, Università di Bologna.

Analisi HPLC-DAD

La separazione HPLC è stata eseguita su un apparato Jasco (Tokyo, Giappone), equipaggiato con una pompa a gradiente binario (PU 1580), un loop da 20 µl, una valvola Reodyne (Cotati, USA), un detector a fotodiode (PU MD 910) e un fornetto per colonna (Figura 17). I campioni derivatizzati, in seguito a filtrazione (0,45 µm, Teknokroma), sono stati iniettati su una colonna in fase inversa Nova-Pak® C1 (3,9 x 300 mm; particelle di 4 µm) Waters (Milford, MA, USA), termostata a 40 °C. Un pacchetto software Borwin 5.0 (JMBS Developments, Grenoble, Francia) è stato impiegato per il controllo cromatografico.

La composizione delle fasi mobili era la seguente: Eluente A, tampone acetato 25 mM (pH = 5,65); Eluente B, miscela 80:20 di acetonitrile e metanolo. Le fasi mobili utilizzate sono state preventivamente filtrate attraverso un filtro di nylon 0.45 µm Millipore. La velocità di flusso era di 1,1 ml/min. Il gradiente lineare per l'eluente A era il seguente: 0 min, 100%; 7 min, 96%; 18 min, 94%; 23 min, 92%; 25 min, 92%; 28 min, 85%; 50 min, 77%; 60 min, 40%; 67 min, 20%; 70 min, 100.

L'analisi è stata effettuata a 280 nm, mentre la quantificazione si è basata sul metodo dello standard esterno, utilizzando curve di calibrazione ottenute da concentrazioni di standard a concentrazione nota. Si è poi proceduto alla preparazione degli eluenti utilizzati durante l'analisi HPLC-DAD:

- eluente A, soluzione acida acquosa. In un matraccio si aggiungono 11,6 ml di NaOH 2M + 1,5 ml di acido acetico glaciale, si porta a 1000 ml con acqua bidistillata per HPLC. Il pH dell'eluente è stato poi portato ad un valore compreso tra 5,60 e 5,65 con NaOH o con acido acetico a seconda della necessità di acidificare o disacidificare. L'eluente è stato poi filtrato a 0,45 µl in una beuta sottovuoto con lo scopo di togliere eventuali impurità ed allontanare l'aria.

- eluente B, soluzione di acetonitrile 80% e metanolo 20%. In un matraccio si prepara la soluzione con le proporzioni indicate e poi si filtra in una beuta sottovuoto con un filtro in nylon a 0,45 µl di porosità.

4.5. Analisi statistica

I dati ottenuti sono stati elaborati riportando il valore medio e l'errore standard nelle corrispondenti tabelle/figure.

I dati relativi agli aminoacidi sono stati sottoposti ad indagini statistiche di tipo descrittivo basate sulla valutazione delle componenti principali (PCA), utilizzando il software XLStat versione 7.5.2 (Addinsoft, New York, NY, USA).

5. RISULTATI

5.1. Parametri produttivi

I rilievi condotti sulle viti sottoposte hanno evidenziato che la produttività, il numero dei grappoli per ceppo ed il loro peso medio era simile (Tabella 4).

Tabella 4 – Numero medio dei grappoli, produzione media (kg) per pianta e peso medio dei grappoli (kg) (valore medio \pm errore standard).

Trattamento	N.° medio grappoli per pianta	Produzione media per pianta (kg)	Peso medio grappoli (kg)
Vento naturale (T1)	19,4 \pm 1,0	5,1 \pm 0,1	0,267 \pm 0,010
Vento artificiale (T2)	19,8 \pm 1,1	5,2 \pm 0,1	0,265 \pm 0,012
Riduzione del vento (T3)	19,6 \pm 0,6	5,2 \pm 0,1	0,268 \pm 0,008

5.2. Parametri tecnologici

I trattamenti non hanno influenzato i parametri tecnologici delle bacche; i dati riscontrati sono risultati in linea con i valori di riferimento della cv Sangiovese alla raccolta (Tabella 5).

Tabella 5 – Valori medi di solidi solubili ($^{\circ}$ Brix), pH ed acidità (g ac. tartarico/100 g di succo d'uva) (valore medio \pm errore standard).

Trattamento	Solidi solubili ($^{\circ}$Brix)	pH	Acidità titolabile (g/100 g di succo)
Vento naturale (T1)	22,34 \pm 0,82	3,19 \pm 0,04	0,61 \pm 0,02
Vento artificiale (T2)	24,02 \pm 0,40	3,33 \pm 0,04	0,60 \pm 0,02
Riduzione del vento (T3)	23,38 \pm 0,21	3,32 \pm 0,04	0,60 \pm 0,01

5.3. Aminoacidi, ammine, ammonio

I risultati delle analisi dei composti azotati, ottenuti tramite HPLC-DAD, hanno evidenziato l'effetto indotto dai trattamenti (Tabella 6; Figura 18).

Tabella 6 – Concentrazione di aminoacidi, ammine e ammonio (mg/kg peso fresco) nelle bacche (valore medio \pm errore standard).

Composti azotati rilevati	Vento naturale (T1) (mg/kg)	Vento artificiale (T2) (mg/kg)	Riduzione del vento (T3) (mg/kg)
Ac-Aspartico	14,89 \pm 0,67	16,76 \pm 1,78	14,61 \pm 2,99
Ac-Glutammico	54,73 \pm 2,83	70,40 \pm 8,83	55,99 \pm 8,39
OH-Prolina	6,86 \pm 1,29	5,36 \pm 1,05	9,14 \pm 0,57
Serina	17,97 \pm 2,43	28,78 \pm 3,42	27,16 \pm 3,83
Asparagina	19,92 \pm 5,22	13,28 \pm 7,07	17,78 \pm 4,62
Glutammina	113,39 \pm 6,16	193,33 \pm 30,88	175,48 \pm 38,23
Treonina	12,32 \pm 3,25	18,24 \pm 4,21	67,55 \pm 12,56
Arginina	164,89 \pm 36,99	325,89 \pm 63,74	230,18 \pm 36,33
Alanina	36,77 \pm 9,87	41,00 \pm 19,07	53,57 \pm 15,33
Prolina	149,69 \pm 29,64	188,53 \pm 52,41	258,01 \pm 62,81
GABA	24,76 \pm 3,64	27,35 \pm 4,37	46,37 \pm 9,70
Ammonio	22,27 \pm 0,81	29,88 \pm 1,75	35,89 \pm 2,96
Etanolammina	9,95 \pm 0,62	11,63 \pm 0,54	9,91 \pm 0,59
Valina	17,52 \pm 1,73	25,24 \pm 2,65	28,84 \pm 2,41
Triptofano	5,51 \pm 0,96	12,44 \pm 2,23	20,11 \pm 1,90
Isoleucina	16,64 \pm 2,61	33,45 \pm 5,12	32,55 \pm 3,86
Leucina	17,09 \pm 1,86	26,49 \pm 4,19	28,97 \pm 3,28
Lisina	2,63 \pm 0,65	2,68 \pm 0,68	3,57 \pm 0,36
Cadaverina	0,50 \pm 0,19	0,26 \pm 0,14	0,07 \pm 0,06
TOTALE	708,32 \pm 86,23	1071,00 \pm 148,11	1115,76 \pm 145,85

I dati hanno mostrato un notevole aumento della concentrazione totale di composti azotati nei campioni dei trattamenti T2 e T3, rispettivamente del 51,2% e del 57,5%.

In particolare, in entrambi i trattamenti, è stato rilevato un aumento di ammonio e di alcuni aminoacidi tra cui serina, glutammina, treonina, arginina, alanina, prolina, GABA,

triptofano, isoleucina e la leucina. I dati relativi alla cadaverina evidenziano, invece, una diminuzione di tale ammina.

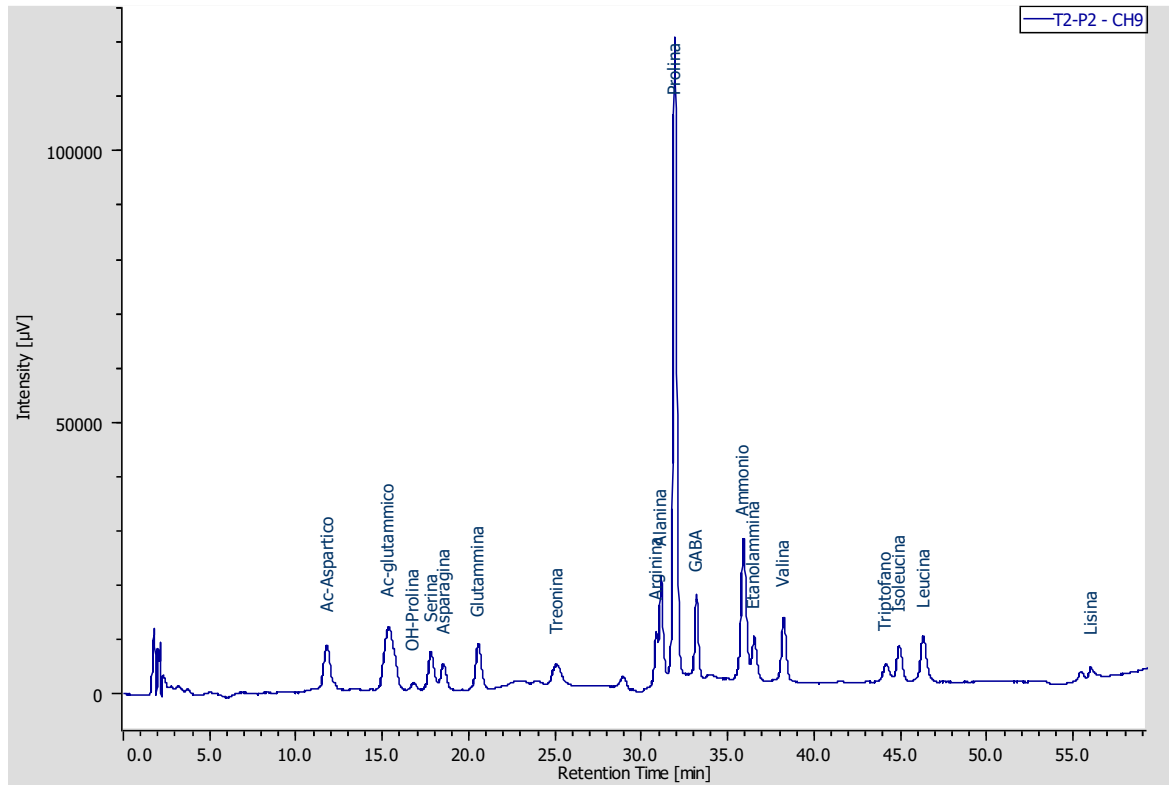


Figura 18 – Esempio di cromatogramma ottenuto da analisi HPLC-DAD a 280 nm di un campione.

Allo scopo di ridurre il numero di variabili in grado di operare un'efficace discriminazione fra le singole tesi, è stata effettuata un'analisi statistica delle componenti principali (PCA). Da questa, è stato possibile evidenziare i singoli aminoacidi che presentavano il maggior peso sulla variabilità complessiva (Figura 19).

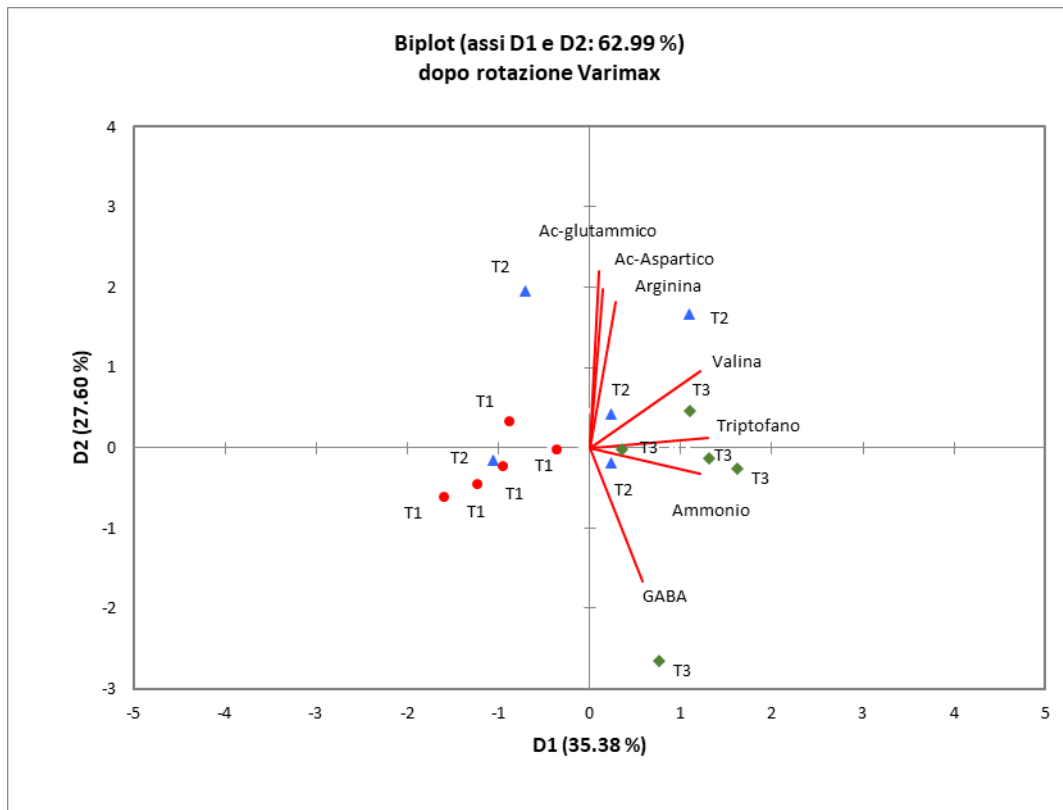


Figura 19 – Plot dei campioni e contributo delle variabili più significative sulle componenti 1 e 2.

La componente 1 risulta discriminare in maniera chiara i campioni T1 dai campioni T3. Lungo questa componente, i fattori che contribuiscono maggiormente alla variabilità sono relativi alla concentrazione di valina, triptofano ed ammonio. Lungo la stessa componente 1, i trattamenti T2 appaiono meno chiaramente discriminati, situandosi in una porzione dello spazio intermedia fra T1 e T3. Lungo la componente 2, su cui pesano in misura maggiore acido glutammico, acido aspartico, arginina e GABA, la separazione fra campioni è meno evidente, ad eccezione di due campioni T2 ed un campione T3.

La concentrazione media dei fattori significativi evidenziati attraverso la PCA è illustrata, per i tre trattamenti, nelle Figure 20-27.

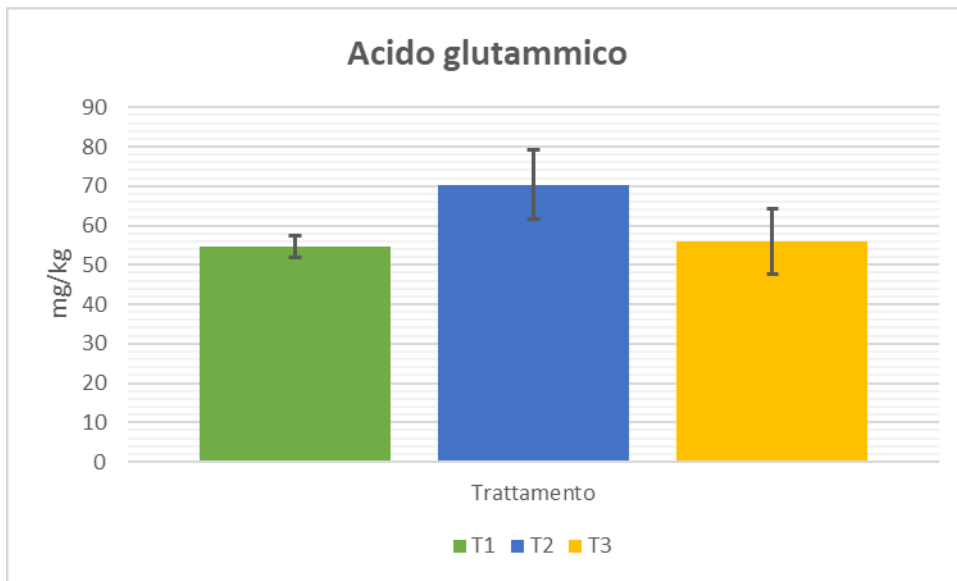


Figura 20 – Concentrazione di acido glutammico (mg/kg \pm errore standard) nelle bacche.

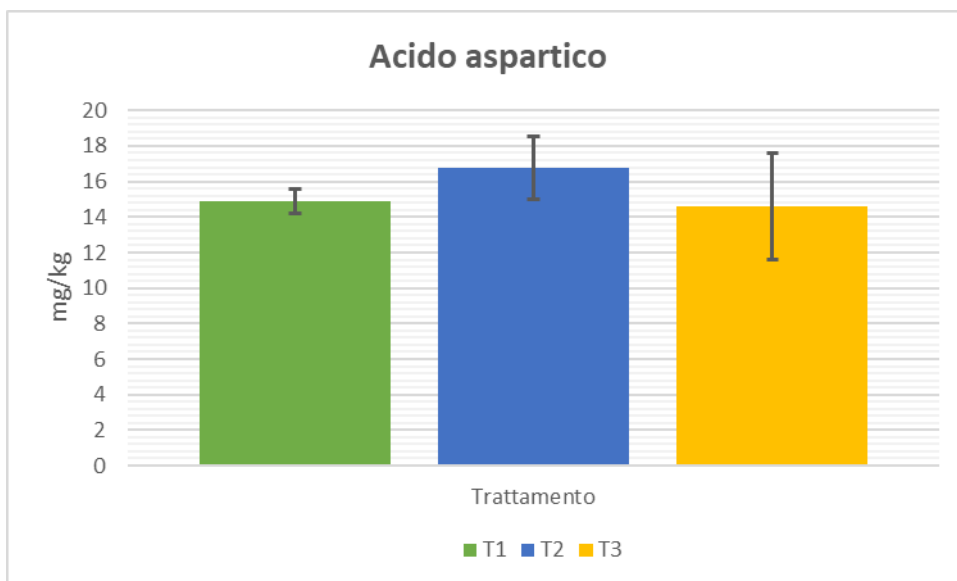


Figura 21 – Concentrazione di acido aspartico (mg/kg \pm errore standard) nelle bacche.

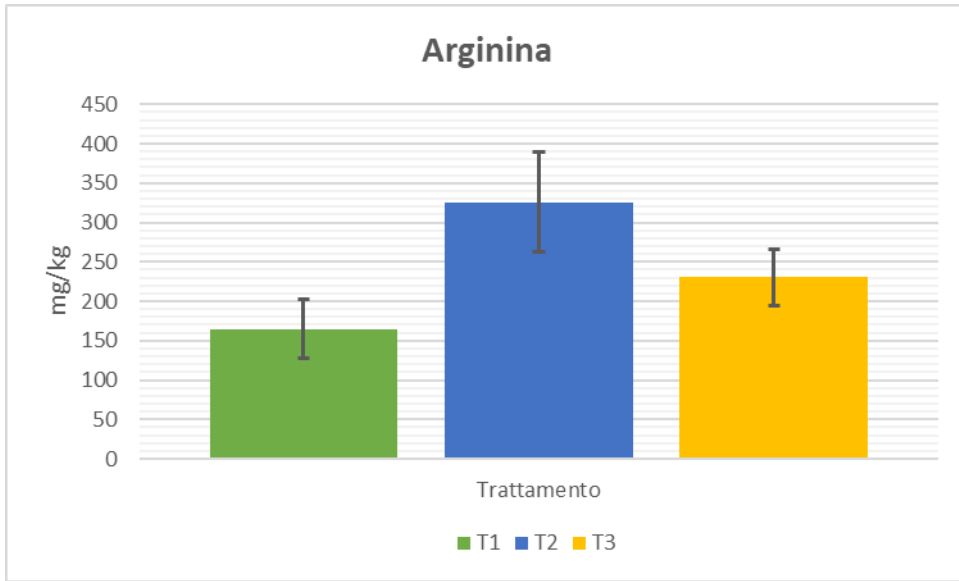


Figura 22 – Concentrazione di arginina (mg/kg \pm errore standard) nelle bacche.

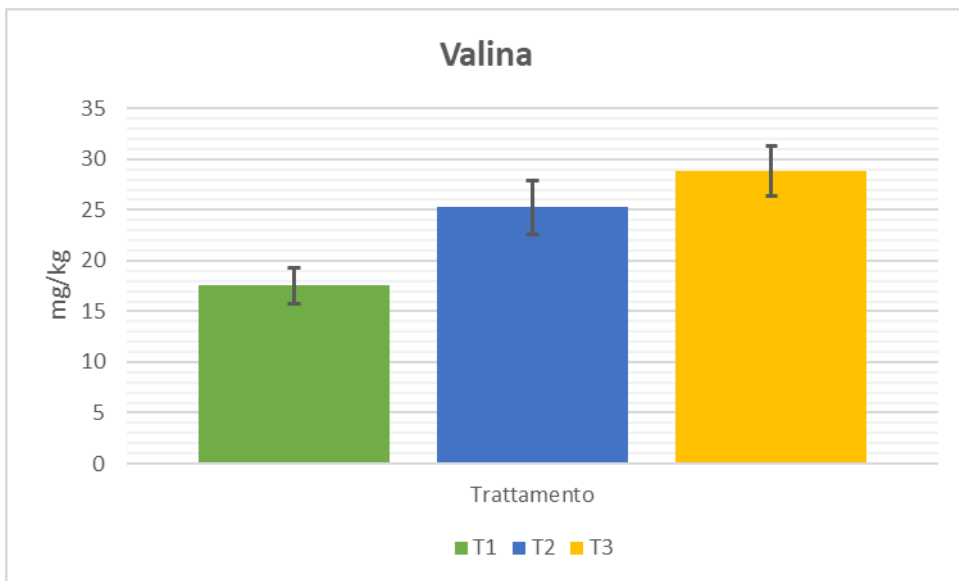


Figura 23 – Concentrazione di valina (mg/kg \pm errore standard) nelle bacche.

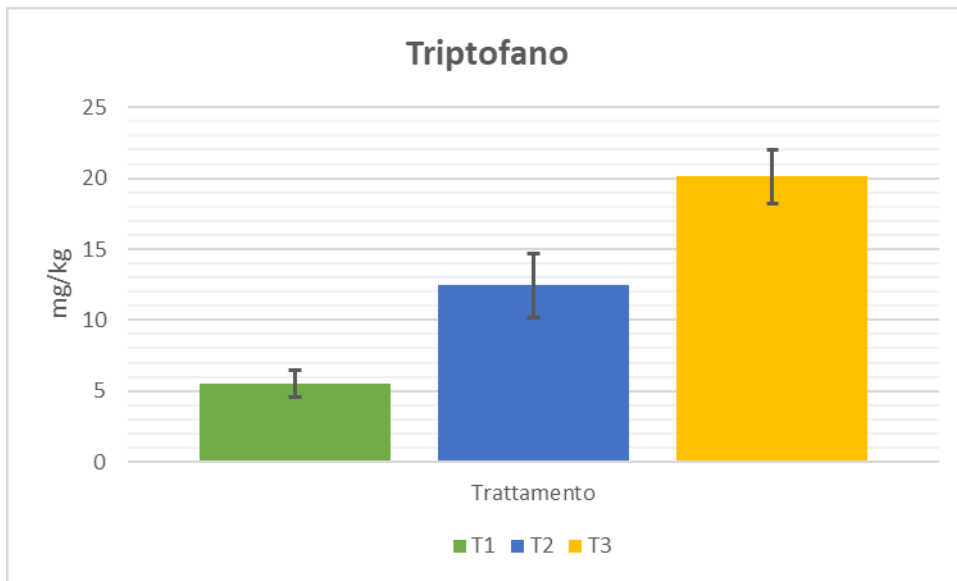


Figura 24 – Concentrazione di triptofano (mg/kg \pm errore standard) nelle bacche.

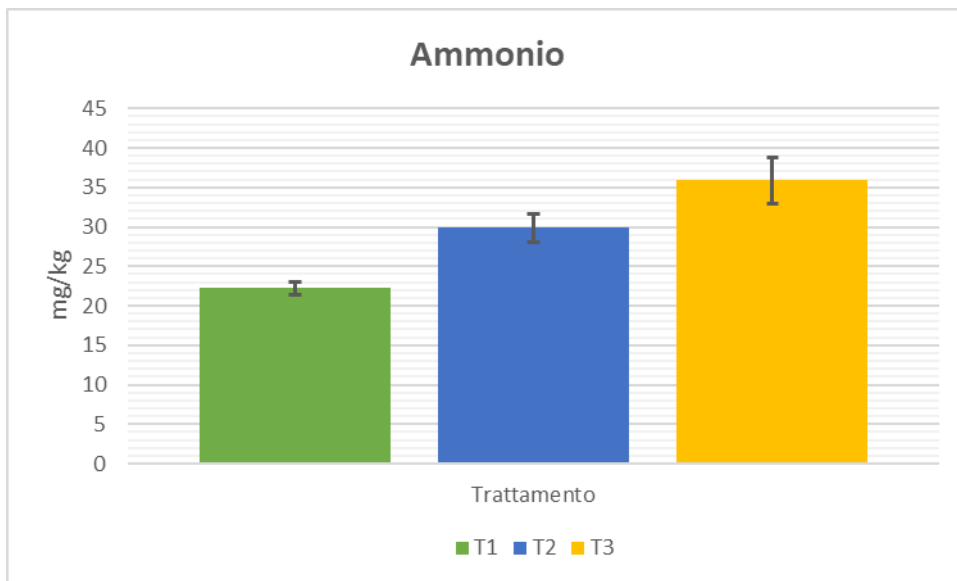


Figura 25 – Concentrazione di ammonio (mg/kg \pm errore standard) nelle bacche.

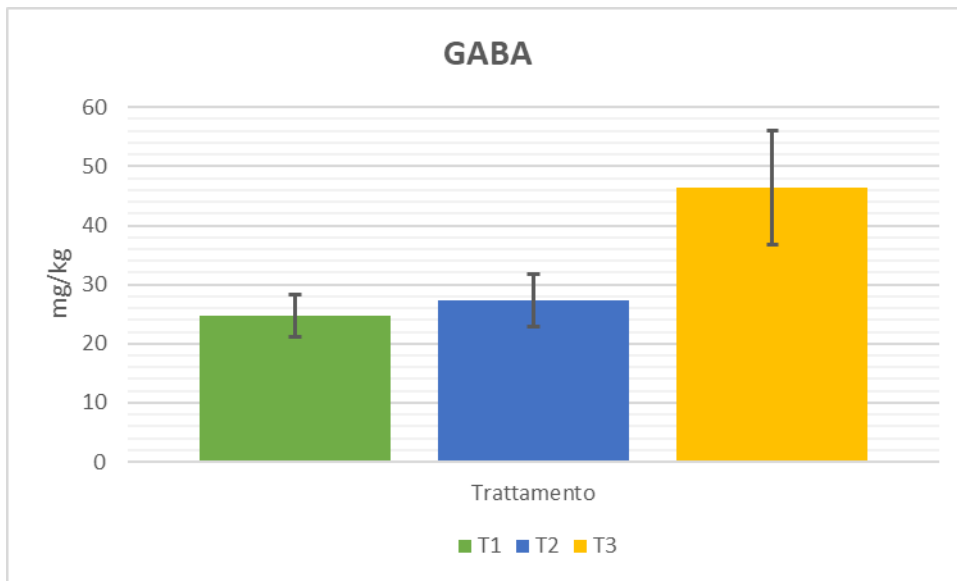


Figura 26 – Concentrazione di GABA (mg/kg \pm errore standard) nelle bacche.

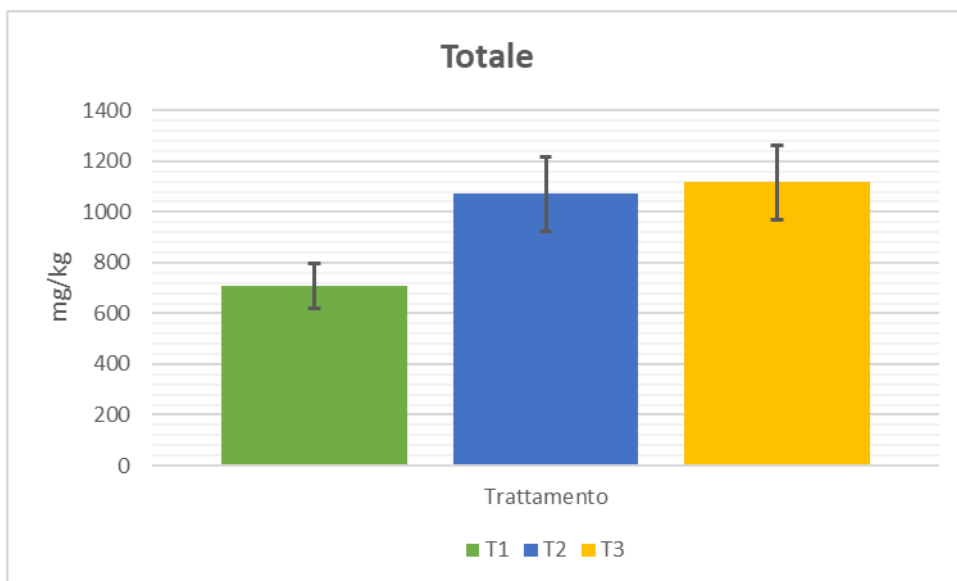


Figura 27 – Concentrazione totale di aminoacidi, ammine e ammonio (mg/kg \pm errore standard) nelle bacche.

6. DISCUSSIONE

I trattamenti sperimentali applicati non hanno influenzato i parametri produttivi (Tabella 4) e tecnologici (Tabella 5) i quali sono in linea con gli standard della cv Sangiovese a maturazione.

Per contro, i dati relativi alla concentrazione totale dei composti azotati nelle bacche mostrano una sensibile differenza tra il controllo ed i trattamenti che prevedevano una stimolazione (Tabella 6).

Nello specifico, le bacche delle viti sottoposte a vento artificiale hanno presentato un incremento del 51,2% rispetto alle bacche del controllo.

Questo effetto fisiologico del vento, che il lavoro di tesi ha investigato, non era mai stato considerato in precedenti lavori. Kobriger et al. (1984) hanno dimostrato come il vento possa indurre un'alterazione dell'equilibrio energetico dovuto alla riduzione della conduttanza stomatica nelle foglie ed alla conseguente diminuzione dell'attività fotosintetica. Inoltre, la diminuzione della traspirazione fogliare causata dal vento potrebbe causare, in presenza di alte temperature e venti caldi, anche un aumento della temperatura fogliare ed una diminuzione del trasporto dei nutrienti attraverso il flusso traspiratorio (Kobriger et al., 1984).

È interessante notare come gli stress abiotici possono causare uno sbilanciamento del rapporto C/N e ed un aumento della concentrazione di aminoacidi (Boselli et al., 2015, Galili et al., 2016, Rossouw et al., 2018). In particolare, la rimozione delle foglie e la conseguente diminuzione della capacità fotosintetica possono provocare un notevole incremento degli aminoacidi liberi presenti nella bacca (Rossouw et al., 2018).

Il trattamento con il vento artificiale ha interessato principalmente la classe degli aminoacidi essenziali.

Gli aminoacidi essenziali riscontrati con le analisi (Tabella 6) sono stati: lisina (Lys) e treonina (Thr), provenienti dalla via della famiglia dell'acido aspartico (Asp); triptofano (Trp), appartenente agli amminoacidi aromatici (AAA); valina (Val), isoleucina (Ile) e leucina (Leu), amminoacidi a catena ramificata (BCAA). I trattamenti T2 e T3 mostrano concentrazioni superiori di alcuni aminoacidi essenziali: treonina, isoleucina, valina, leucina e triptofano (Tabella 6).

Gli aminoacidi appartenenti alla famiglia dell'acido aspartico e quelli a catena ramificata sono legati da un comune percorso metabolico, a partire rispettivamente dall'aspartato e dal piruvato (Figure 28 e 29). La loro sintesi è stimolata in condizioni di

stress in cui il rapporto C/N è alterato (Obata e Fernie, 2012; Matsui et al., 2008). Il loro catabolismo produce intermedi del ciclo TCA quali glicina, Acetil-CoA e Succinil-CoA (Jander e Joshi, 2010; Araujo et al., 2010; Araujo et al., 2011; Ishizaki et al., 2005; Ishizaki et al., 2006). Questo implica che l'incremento della loro biosintesi serva anche a riequilibrare il potenziale energetico della cellula e di conseguenza quello della pianta.

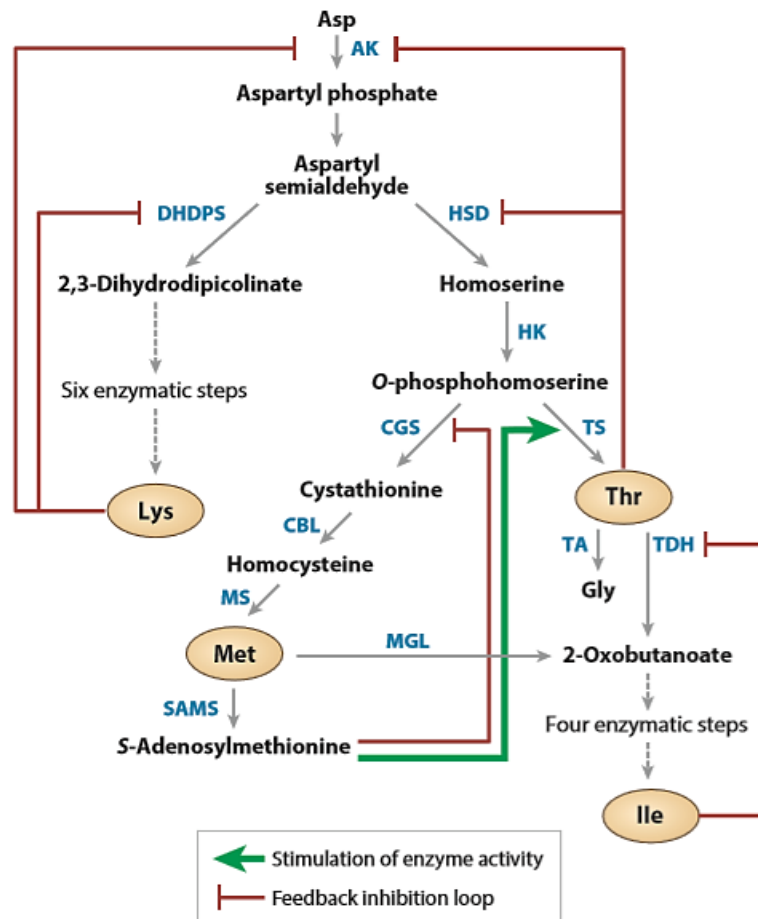


Figura 28 – Biosintesi degli aminoacidi della famiglia dell'acido aspartico (Asp) nelle piante. Gli enzimi sono indicati in blu. Abbreviazioni: AK, aspartato chinasi; CBL, cistationina β -liasi; CGS, cistationina γ -sintetasi; DHDPS, diidropicolinato sintetasi; HK, omoserina chinasi; HSD, omoserina deidrogenasi; MGL, metionina γ -sintetasi; MS, metionina sintetasi; SAMS, S-adenosil-metionina sintetasi; TA, treonina aldolasi; TS, treonina sintetasi; TDH, treonina deidratasi (Galili et al. 2016).

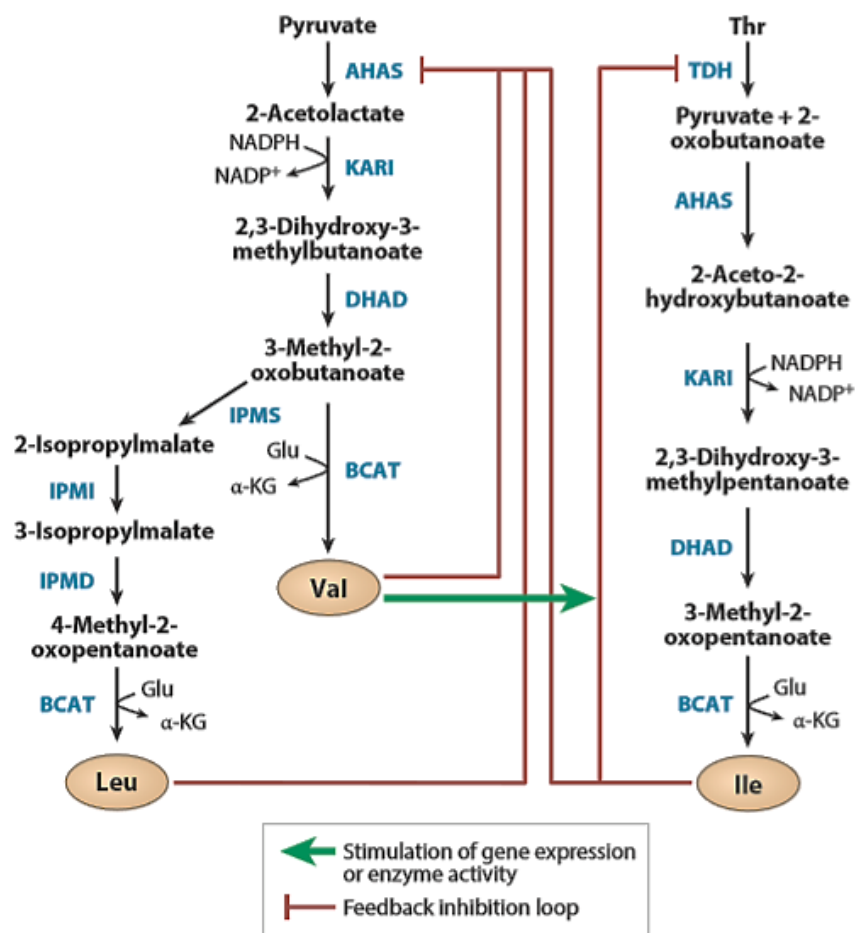


Figura 29 – Biosintesi degli aminoacidi a catena ramificata nelle piante. Gli enzimi sono indicati in blu. Abbreviazioni: α -KG, α -chetoglutarato; AHAS, acetoidrossiacido sintetasi (conosciuto anche come acetolattato sintetasi); BCAT, branched-chain aminotransferasi; CoA, coenzima A; DHAD, diidrossiacido deidratasi; IPMD, isopropilmalato deidrogenasi; IPMI, isopropilmalato isomerase; IPMS, isopropilmalato sintetasi; KARI, chetoacido ridottoisomerasi; TDH, treonina deaminasi (Galili et al., 2016).

Gli stimoli indotti sulle viti hanno determinato, nelle bacche (Tabella 6; Figura 24), anche un netto incremento della concentrazione di triptofano, aminoacido da cui derivano numerosi composti utili alla pianta in risposta a stimoli biotici ed abiotici e come segnali metabolico-ormonali (Galili et al., 2016; Araujo et al., 2010). Alcuni di questi composti sono: lignina, neolignina, antociani, flavonoidi, naringenina, acido 3-indol-acetico (auxina) (Murphy et al., 2000; Brown et al., 2001). Quest'ultimo è associato alle modificazioni morfologiche delle piante in ambiente fortemente ventoso (Zhu et al., 2004) (Figura 30).



Figura 30 – Querce piegate dal vento a Selargius, Cagliari (Sardegna).

In definitiva, osservando l'incremento di aminoacidi nel trattamento con vento artificiale (T2) è possibile supporre che lo stesso effetto causato da altri stimoli sia provocato anche dal vento.

Nelle bacche delle viti sottoposte alla riduzione del vento è stato riscontrato un aumento dei composti azotati analogo a quello indotto dal vento artificiale. Questa apparente contraddizione è superabile se si considerano i cambiamenti metabolici riconducibili agli stimoli tattili e alla presenza dell'uomo e degli animali negli ecosistemi (Hilker e Meiners, 2010).

I cambiamenti del metabolismo azotato, occorsi nelle bacche, hanno generato un forte incremento della concentrazione di ammonio (Tabella 6; Figura 25). Infatti, tale ione è liberato in diverse reazioni a carico degli aminoacidi, come ad esempio nello shunt del GABA, favorito in situazioni di stress, che a partire da acido glutammico porta alla sintesi di acido succinico (Bown et al., 2002; Ramputh e Bown, 1996; Kinnersley e Turano, 2000; Shelp et al., 2012a,b,c; Clark et al., 2009a,b; Trobacher, 2012) (Figura 31).

Lo stimolo dello shunt del GABA, che implica anche la trasformazione di acido glutammico in GABA, è supportato dai risultati sperimentali rappresentati nel biplot della PCA (Figura 19).

L'ammonio viene liberato anche dall'attività dell'enzima arginina decarbossilasi (Agudelo-Romero et al., 2013; Agudelo-Romero et al., 2014), la cui espressione genica aumenta in situazioni di deficit idrico e in seguito ad altri stimoli ambientali (Urano et al., 2003; Pérez-Amador et al., 1995; Ziosi et al., 2003). Nel passaggio da arginina a ornitina si liberano due gruppi amminici.

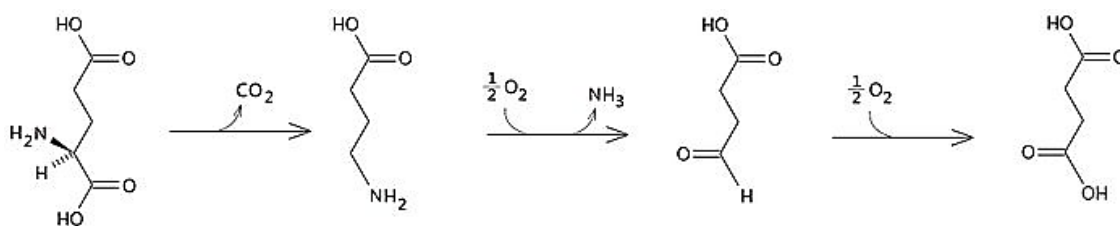


Figura 31 – Shunt del GABA. Da sinistra: acido glutammico, GABA, semialdeide succinica (SSA), acido succinico.

L'arginina è un aminoacido prevalente nelle bacche a maturazione (Rossouw et al., 2018) ed è principalmente stoccato come riserva nelle radici della vite sia come aminoacido libero sia come componente delle proteine (Xia e Cheng, 2004). In virtù dell'elevato rapporto N/C l'arginina svolge anche un importante ruolo come trasportatore di azoto (N) (Lea et al., 2007).

Il sensibile incremento della concentrazione di arginina nelle bacche delle viti sottoposte al vento artificiale indica che tale stimolo ha indotto una traslocazione di tale aminoacido dagli organi perenni e dalle foglie, alle bacche.

La Tabella 6, riporta che l'arginina è aumentata prevalentemente nel T2 ed in maniera inferiore nel T3 (Figura 22), questo fa dedurre che lo stimolo creato dal vento ha determinato una mobilitazione o una maggiore produzione di arginina. L'azoto mobilizzato verso la bacca proviene dalle radici, dal fusto e dalle foglie, organi nei quali, nella fase di maturazione della bacca, l'azoto si muove prevalentemente attraverso il floema in quanto i vasi xilematici sono parzialmente chiusi (Rossouw et al., 2018).

L'arginina e le altre fonti azotate sono quindi traslocate verso il grappolo in situazioni di basso rapporto C/N (Rossouw et al., 2018) come substrati per la via biosintetica degli aminoacidi. L'aumento di prolina nelle bacche T3 può essere correlato all'attivazione della via biosintetica che porta alla sua formazione a partire dall'arginina (Tabella 6; Figura 22).

L'imposizione del trattamento 3, che ha implicato, tre giorni prima del trattamento, la prolungata presenza del gruppo degli operatori per l'installazione del telo frangivento perimetrale, ha determinato un incremento del livello di GABA nelle bacche (Tabella 6; Figura 26).

Le variazioni nel metabolismo del GABA si verificano a seguito della presenza di erbivori, insetti, patogeni (Bouché et al., 2003, Bouché e Fromm, 2004).

Nell'esperimento oggetto di studio, il GABA accumulato può essere stato sintetizzato *in situ* (bacche) oppure in altri organi e successivamente traslocato. Infatti, questo composto è traslocabile nel floema e può giungere sino alle radici, nelle quali può stimolare l'assorbimento di nitrato (Beuve et al., 2004) dal suolo (Figura 31). Il GABA ha un ruolo chiave nella trasmissione di segnali nelle piante (Bouché et al., 2003; Kinnersley e Turano, 2000).

Sulla base dei risultati ottenuti con il lavoro di Tesi e delle informazioni riportate in bibliografia è stato proposto un modello che illustra la possibile azione del vento sulla traslocazione di aminoacidi verso i grappoli (Figura 32).

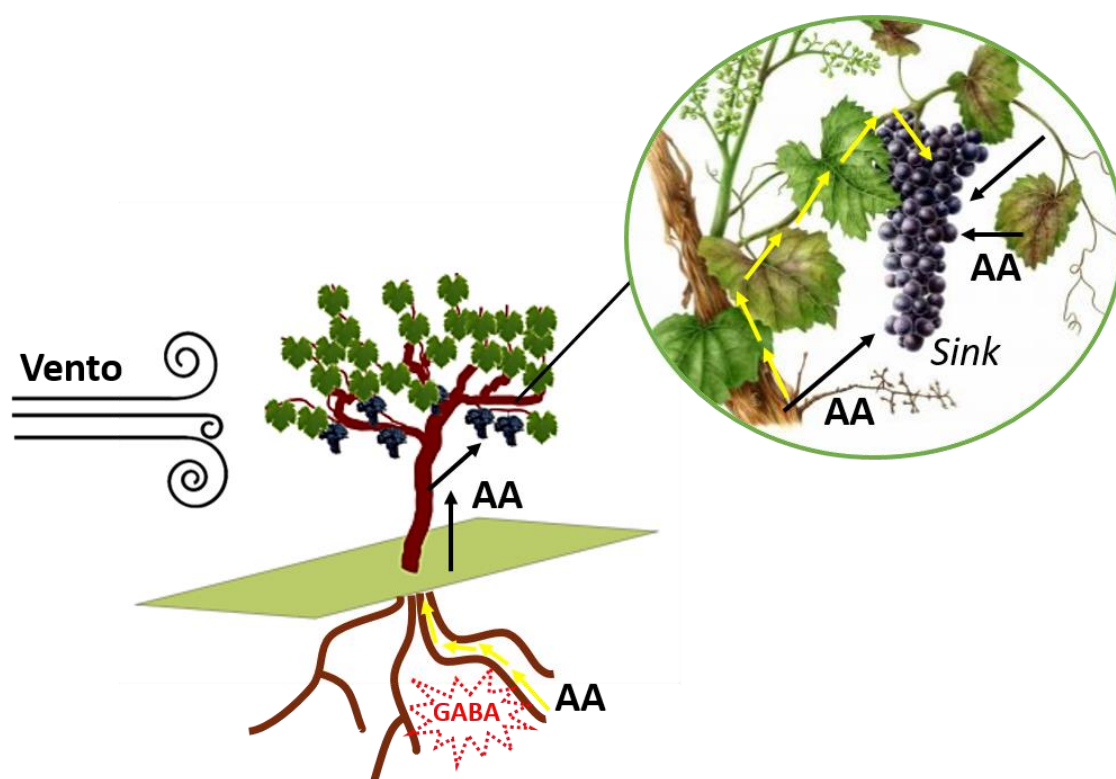


Figura 32 – Modello dell'influenza esercitata dal vento sulla traslocazione degli aminoacidi (AA) verso il grappolo (Sink).

Da un punto di vista enologico, il GABA, come parte degli aminoacidi liberi, rappresenta un substrato utile per lo sviluppo e l'attività dei lieviti durante la fermentazione: *Saccharomyces cerevisiae* può infatti utilizzarlo efficientemente come fonte di azoto assimilabile, soprattutto in condizioni di scarsa disponibilità di azoto prontamente assimilabile (APA) (Bach et al., 2009). Maggiori quantitativi di GABA, attraverso lo shunt del GABA (Figura 31), favoriscono una produzione maggiore di acido succinico (Shipway e

Bramlage, 1972; Frenkel e Patterson, 1973; Knee, 1973; Miyashita e Good, 2008; Pedreschi et al., 2009) contribuendo quindi alla capacità di tamponare le variazioni di pH durante la vinificazione (Christian, 1994; Dartiguenave et al., 2000) ed alla sensazione di sapidità (Schaller, 2013; Amerine e Cruess, 1960; Coulter et al., 2004), tipica dei vini ottenuti in zone ventose.

I cambiamenti della fisiologia degli aminoacidi nella pianta, appena discussi, possono portare a svariati benefici, tra i quali:

- maggior resistenza delle viti agli insetti ed ai patogeni in virtù della maggior produzione di composti quali lignani, fenoli e flavonoidi derivati dalla via dell'acido scichimico (Galili et al., 2016).
- maggiore resistenza agli stress ambientali in quanto la maggior parte del catabolismo degli aminoacidi genera intermedi del ciclo TCA apportando energia utile alla pianta (Kirma et al., 2012; Less e Galili, 2009).
- miglior andamento del processo fermentativo in funzione della maggiore concentrazione di aminoacidi (Bach et al., 2009; Gutierrez-Gamboa et al., 2018)
- maggior quantità di aromi fermentativi specialmente legata all'incremento dei livelli di treonina, serina ed acido glutammico (Hernandez-Orte et al., 2002).

L'influenza fisiologica del vento, abbinata alle interazioni della vite con l'uomo, oggetto di misurazione nel lavoro di Tesi, apre a sorprendenti implicazioni viticole, enologiche, agroecologiche.

Dalla tesi incentrata sul vento emerge, altresì, che la presenza dell'uomo che coltiva la vite, può indurre effetti finora impensabili sull'uva e sul vino.

7. CONCLUSIONI

Il lavoro di Tesi ha dimostrato la reattività delle piante al vento.

Le viti sottoposte al vento artificiale hanno manifestato un aumento della concentrazione dei composti azotati totali (aminoacidi, ammine e ammonio) rispetto al controllo. In particolare, i cambiamenti hanno coinvolto la concentrazione degli aminoacidi essenziali: lisina, treonina, triptofano, valina, leucina, isoleucina, importanti per la loro implicazione nei processi fisiologici.

In aggiunta al noto effetto positivo sul microclima, il vento ha prodotto una forte influenza sulle bacche che potrebbe estendersi anche alla microflora indigena.

I risultati di questo primo studio hanno rilevanti implicazioni enologiche, positivamente correlate al processo fermentativo, alla possibilità di ridurre l'utilizzo di coadiuvanti enologici, alla qualità dei vini ottenuti.

Il vento ed il lavoro manuale associato ad un maggior contatto con le viti, rappresentano elementi in grado di caratterizzare i vini, oltre che un valore etico aggiunto al “prodotto principe del Simposio”.

Il lavoro di Tesi avvalorava uno dei principi cardine dell'AgroEcologia, ovvero l'importanza di conoscere in maniera approfondita i comportamenti delle piante al fine di trarre indicazioni utili per ottenere un prodotto di elevata qualità attraverso un uso efficiente delle risorse naturali.

BIBLIOGRAFIA

Agudelo-Romero P., Bortolotti C., Pais M.S., Tiburcio A.F., Fortes A.M. (2013) - Study of polyamines during grape ripening indicate an important role of polyamines catabolism. *Plant Physiology and Biochemistry*, 67, 105-119.

Agudelo-Romero P., Ali K., Choi Y.H., Sousa L., Verpoorte R., Tiburcio A.F., Fortes A.M. (2014) - Perturbation of polyamine catabolism affects grape ripening of *Vitis vinifera* cv Trincadeira. *Plant Physiology and Chemistry*, 74, 141-155.

Amerine M.A., Cruess, W.V. (1960) - Chemistry of fermentation and composition of wines. *The Technology of Wine Making*, pp.163-212.

Amerine W.A., Winkler A.J. (1944) - Composition and quality of musts and wine of California Grapes. *Hilgardia*, 15(6), 493-675.

AOAC (1992) - Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International. 13th ed. Washington, pp.1015.

Araujo W.L., Ishizaki K., Nunes-Nesi A., Larson T.R., Tohge T. (2010) - Identification of the 2-hydroxyglutarate and isovaleryl-CoA dehydrogenases as alternative electron donors linking lysine catabolism to the electron transport chain of *Arabidopsis* mitochondria. *Plant Cell*, 22, 1549-1563.

Araujo W.L., Tohge T., Ishizaki K., Leaver C.J., Fernie A.R. (2011) - Protein degradation - an alternative respiratory substrate for stressed plants. *Trends Plant Sci.*, 16, 489-498.

Bach B., Sauvage F.X., Dequin S., Camarasa C. (2009) - Role of γ -aminobutyric acid as a source of nitrogen and succinate in wine. *American Journal of Enology and Viticulture*, 60(4), 508-516.

Beuve N., Rispaill N., Laine P., Cliquet J.B., Ourry A., Le Deunff E. (2004) - Putative role of γ -aminobutyric acid (GABA) as a long distance signal in up-regulation of nitrate uptake in *Brassica napus* L. *Plant, Cell and Environment*, 27, 1035-1046.

Bouché N., Lacombe B.T., Fromm H. (2003) - GABA signaling: A conserved and ubiquitous mechanism. *Trends in cell biology*, 13(12), 607-610.

Bouché, N., Fromm, H. (2004) - GABA in plants: just a metabolite? *Trends in Plant Science*, 9(3), 110-115.

Boselli M., Bahouaoui M.A., Lachhab N., Sanzani S.M., Ippolito A. (2015) - Vite: idrolizzati proteici contro lo stress idrico - supplemento dell'*Informatore Agrario*, 22, pp. 39.

Bown A.W., Hall D.E., MacGregor M.B. (2002) - Insect footsteps on leaves stimulate the accumulation of 4-aminobutyrate and can be visualized through increased chlorophyll fluorescence and superoxide production. *Plant Physiology*, 129(4), 1430-1434.

Brown D.E., Rashotte A.M., Murphy A.S., Normanly J., Tague B.W., Peer W.A. (2001) - Flavonoids act as negative regulators of auxin transport in vivo in Arabidopsis, *Plant Physiol.*, 126, 524-535.

Carrera C., Ruiz-Rodríguez A., Palma M., Barroso C.G. (2014) - Ultrasound-assisted extraction of amino acids from grapes. *Ultrasonics Sonochemistry*, 22, 499-505.

Catania P., Inglese P., Pipitone F., Vallone M. (2011) - Assessment of the Wind Influence on Spray Application using an Artificial Vineyard. *Europ. J. Hort. Sci.*, 76(3), 102-108.

Cejudo-Bastante M.J., Sonni F., Chinnici F., Versari A., Perez-Coello M.S., Riponi C. (2010) - Fermentation of sulphite-free white musts with added lysozyme and oenological tannins: Nitrogen consumption and biogenic amines composition of final wines. *LWT - Food Science and Technology*, 43, 1501-1507.

Ciani M.G. (2000) OMERO: Odissea - edito da *Marsilio Editori spa*, pp.482.

Clark S.M., Di Leo R., Dhanoa P.K., Van Cauwenberghe O.R., Mullen R.T., Shelp B.J. (2009a) - Biochemical characterization, mitochondrial localization, expression, and potential functions for an Arabidopsis γ -aminobutyrate transaminase that utilizes both pyruvate and glyoxylate. *Journal of Experimental Botany*, 60, 1743-1757.

Clark S.M., Di Leo R., Van Cauwenberghe O.R., Mullen R.T., Shelp B.J. (2009b) - Subcellular localization and expression of multiple tomato γ -aminobutyrate transaminases that utilize both pyruvate and glyoxylate. *Journal of Experimental Botany*, 60, 3255-3267.

Crippa M., Fiorani M. (2011) - L'atmosfera: composizione, struttura e dinamica - in *Geografia generale* - edito da *Mondadori Education S.p.A.*, Milano, pp. 492.

- Christian G.D. (1994) - Acid-base equilibria. *Analytical Chemistry*, pp.172-219.
- Dreassi E., Zizzari A., Zanfini A., Corbini G., Botta M. (2007) - LC/ESI/MS method for the quantitative detection of guazatine residues in cereals. *J. Agric. Food Chem.*, 55, 6850-6856.
- Dartiguenave C., Jeandet P., Maujean A. (2000) - Study of the Contribution of the Major Organic Acids of Wine to the Buffering Capacity of Wine in Model Solutions. *American Journal of Enology and Viticulture*, 51(4), 352-356.
- Fischer G. (2000) - Efectos de las condiciones en precosecha sobre la calidad poscosecha de los frutos. *Revista Comalfi*, 27(1-2), 39-50.
- Frenkel C., Patterson M.E. (1973) - Effect of carbon dioxide on activity of succinic dehydrogenase in 'Bartlett' pears during cold storage. *HortScience*, 8, 395-396.
- Galili G., Amir R., Fernie A.R. (2016) - The Regulation of Essential Amino Acid Synthesis and Accumulation in Plants - *Annu. Rev. Plant Biol.*, 67, 153-178.
- Gatti M., Poni S. (2015a) - Le zonazioni viticole - in La nuova viticoltura - edito da *Edagricole* a cura di Alberto Palliotti, Stefano Poni e Oriana Silvestroni, pp. 532.
- Gatti M., Poni S. (2015b) - Viticoltura di territorio - in La nuova viticoltura – edito da *Edagricole* a cura di Alberto Palliotti, Stefano Poni e Oriana Silvestroni, pp. 532.
- Gil Y., Sinfort C., Brunet Y., Polveche V., Bonicelli B. (2006) - Atmospheric loss of pesticides above an artificial vineyard during air-assisted spraying. *Atmospheric Environment*, 41, 2945-2957.
- Giuliacchi M., Abelli S., Dipierro G. (2001) - Il vento - in Il clima dell'Italia nell'ultimo ventennio – edito da *Alpha Test S.r.l.*, Milano, pp. 344.
- Gutiérrez-Gamboa G., Carrasco-Quiroz M., Martínez-Gil A.M., Pérez-Álvarez E.P., Garder-Cerdán T., Moreno-Simunovic Y. (2018) - Grape and wine amino acid composition from Carignan noir grapevines growing under rainfed conditions in the Maule Valley, Chile: Effects of location and rootstock. *Food Research International*, 105, 344-352.
- Hernandez-Orte P., Cacho J.F., Ferreira V. (2002) - Relationship between varietal amino acid profile of grapes and wine aromatic composition. Experiments with model solutions and chemometric study. *J. Agric. Food Chem.*, 50, 2891-2899.

Hilker M., Meiners T. (2010) - How do plants “notice” attack by herbivorous arthropods? *Biological Reviews*, 85, 267-280.

Ingegnoli V. (2011) - Bionomia del paesaggio: l’ecologia del paesaggio biologico-integrata per la formazione di un “medico” dei sistemi ecologici - edito da *Springer Science e Business Media*, pp. 320.

Ishizaki K., Larson T.R., Schauer N., Fernie A.R., Graham I.A., Leaver C.J. (2005) - The critical role of *Arabidopsis* electron-transfer flavoprotein: ubiquinone oxidoreductase during dark-induced starvation. *Plant Cell*, 17, 2587-600.

Ishizaki K., Schauer N., Larson T.R., Graham I.A., Fernie A.R., Leaver C.J. (2006) - The mitochondrial electron transfer flavoprotein complex is essential for survival of *Arabidopsis* in extended darkness. *Plant J.*, 47, 751-60.

Jander G., Joshi V. (2010) - Recent progress in deciphering the biosynthesis of aspartate-derived amino acids in plants. *Mol. Plant*, 3, 54-65.

Kinnersley A.M., Turano F.J. (2000) - Gamma aminobutyric acid (GABA) and plant responses to stress. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 19(6), 479-509.

Kirma M., Araujo W.L., Fernie A.R., Galili G. (2012) - The multifaceted role of aspartate-family amino acids in plant metabolism. *J. Exp. Bot.*, 63, 4995-5001.

Knee M. (1973) - Effects of controlled atmosphere storage on respiratory metabolism of apple fruit tissue. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 24, 1289-1298.

Kobriger J.M., Kliewer W.M., Lagier S.T. (1984) - Effect of wind on water relations of several grapevine cultivars. *Am. J. Enol. Vitic.*, 35(3), 164-169.

Lavezzaro S., Morando A., Corradi C. (2016) - Pali di metallo - in *Vigna Nuova* - edito da *Vit.En* (Calosso, AT) a cura di Albino Morando e Simone Lavezzaro, pp. 223.

Lavezzaro S., Morando A. (2016) - L’ambiente di coltivazione: zonazione, macroclima e microclima - in *Vigna Nuova* - edito da *Vit.En* (Calosso, AT) a cura di Albino Morando e Simone Lavezzaro, pp. 223.

Lea P.J., Sodek L., Parry M.A.J., Shewry P.R., Halford N.G. (2007) - Asparagine in plants. *Ann. Appl. Biol.*, 150, 1-26.

- Leone A. (2009) - Ambiente e territorio agroforestale: linee guida per la pianificazione sostenibile e gli studi di impatto ambientale - edito da *Franco Angeli*, Milano, pp. 432.
- Less H, Galili G. (2009) - Coordinations between gene modules control the operation of plant amino acid metabolic networks. *BMC Syst. Biol.*, 3, 14.
- Matsui A., Ishida J., Morosawa T., Mochizuki Y., Kaminuma E. (2008) - Arabidopsis transcriptome analysis under drought, cold, high-salinity and ABA treatment conditions using a tiling array. *Plant Cell Physiol.*, 49, 1135-1149.
- Milano V. (2008) - Idraulica marittima - edito da *Maggioli Editore*, Rimini, pp. 420.
- Monelos L., Peri P. (1998) - Incidencia del efecto protector de las cortinas cortaviento en la producción de cerezas (*Prunus avium* var. Bing) en Patagonia Sur. *Primer Congreso Latinoamericano IUFRO*, Valdivia, Chile.
- Murphy A., Peer W.A., Taiz L. (2000) - Regulation of auxin transport by aminopeptidases and endogenous flavonoids. *Planta*, 211, 315-324.
- Miyashita Y., Good A.G. (2008) - Contribution of the GABA shunt to hypoxia-induced alanine accumulation in roots of *Arabidopsis thaliana*. *Plant and Cell Physiology*, 49, 92-102.
- Obata T, Fernie AR. (2012) - The use of metabolomics to dissect plant responses to abiotic stresses. *Cell. Mol. Life Sci.*, 69, 3225-3243.
- Paratore E. (2015) - Seneca: tutte le opere - edito da *Newton Compton Editori*, pp. 2048.
- Pedreschi R., Franck C., Lammertyn J., Erban A., Kopka J., Hertog M., Verlinden B., Nicolai B. (2009) - Metabolic profiling of 'Conference' pears under low oxygen stress. *Postharvest Biology and Technology*, 51, 123-130.
- Ramputh A.I., Bown A.W. (1996) - Rapid [gamma]-aminobutyric acid synthesis and the inhibition of the growth and development of oblique-banded leaf-roller larvae. *Plant Physiology*, 111(4), 1349-1352.
- Rossouw G.C., Šuklje K., Smith J.P., Barril C., Deloire A., Holzapfel B.P. (2018) - *Vitis vinifera* berry metabolic composition during maturation: implications of defoliation. *Physiologia Plantarum*, 164, 120-133.

Roveta G. (2014) - Prove sperimentali di controllo di *Taraxacum officinale* Weber in ambito urbano mediante l'utilizzo di mezzi fisici e di bioerbicidi. Tesi di laurea magistrale (Relatori: Peruzzi A., Benvenuti S., Fontanelli M.) - *Università di Pisa*.

Sassolini E. (2012) - Gli alisei - *Centro meteo italiano*.

sito web: <https://www.centrometeoitaliano.it/notizie-meteo/gli-alisei>

Scuterini C., Fusari R. (2008) - Il clima delle Marche - in *Il clima, le acque, la terra: nella storia delle Marche* di Morici R., Scuterini C., Fusari R., Morici F., Perini L. - stampato da Biemmegraf di Macerata per conto della *Provincia di Macerata*, pp. 250.

Schaller K. (2013) - GABA in Grapevines - Is It Only a Compound for Nitrogen Storage and/or an Import Stress and Quality Indicator? *Bulletin UASVM Horticulture*, 70(1), 209-216.

Shelp P.J., Bozzo G.G., Trobacher C.P., Chiu G., Bajwa V.S. (2012a) - Strategies and tools for studying the metabolism and function of γ -aminobutyrate in plants. I. *Pathway structure Botany*, 90, 651-668.

Shelp P.J., Bozzo G.G., Zarei A., Simpson J.P., Trobacher C.P., W.L. Allan (2012b) - Strategies and tools for studying the metabolism and function of γ -aminobutyrate in plants. II. Integrated analysis. *Botany*, 90, 781-793.

Shelp P.J., Bozzo G.G., Trobacher C.P., Zarei A., Deyman K.L., Brikis C.J. (2012c) - Hypothesis/review: contribution of putrescine to 4-aminobutyrate (GABA) production in response to abiotic stress. *Plant Science*, 193, 130-135.

Shipway M.R., Bramlage W.J. (1972) - Effects of carbon dioxide on activity of apple mitochondria. *Plant Physiology*, 51, 1095-1098.

Thomas C.S., Marois J.J., English J.T. (1984) - The effect of wind speed, temperature, and relative humidity on development of aerial mycelium and conidia of *Botrytis cinerea* on grape. *Phytopathology*, 78, 260-265.

Trobacher C.P., Clark S.M., Bozzo G.G., Mullen R.T., DeEll J.R., Shelp B.J. - (2012) - Catabolism of GABA in apple fruit: Subcellular localization and biochemical characterization of two γ -aminobutyrate transaminases. *Postharvest biology and technology*, 75, 106-113.

Vaudour E. (2002) - The quality of grapes and wine in relation to geography: notion of terroir at various scales. *Journal of Wine Research*, 13, 117-141.

Vaudour E. (2005) - I terroir. Definizioni, caratterizzazione e protezione. *Edagricole*, Bologna, pp. 295.

Wolfe S.A., Nickling W.G. - The protective role of sparse vegetation in wind erosion, 1993. *Progress in Physical Geography*, 17(1), 50-68.

Xia G., Cheng L. (2004) - Foliar urea application in the fall affects both nitrogen and carbon storage in young 'Concord' grapevines grown under a wide range of nitrogen supply. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 129, 653-659.

Yagura Y., Kirinuki T., Matsunakara S. (1984) - Mode of action of the fungicide guazatine in *Alternaria kikuchiana*. *J. Pestic. Sci.*, 9, 425-431.

Zeier J. (2013) - New insights into the regulation of plant immunity by amino acid metabolic pathways. *Plant Cell Environ.*, 36, 2085-103.

Zhu J.J., Liu Z.G., Li X.F., Takeshi M., Yutaka G. (2004) - Review: effects of wind on trees. *Journal of Forestry Research*, 15(2), 153-160.

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio il Professore Adamo Domenico Rombolà per l'energia trasmessa in questi anni di studio e durante l'attività di tesi, energia mossa da un'incredibile passione. Questa passione, verso l'agricoltura e verso il suo lavoro da insegnante, è stata evidenziata, in questo periodo, anche dalla sua estrema disponibilità. Mi ha inoltre insegnato a vedere gli argomenti nell'insieme delle loro relazioni cercando di non sottovalutare mai nessun aspetto.

Un ringraziamento speciale va anche al Professore Fabio Chinnici per la sua competenza, gentilezza e la sua infinita disponibilità mostratemi durante lo svolgimento delle analisi e nell'interpretazione dei risultati.

Ringrazio la Professoressa Francesca Ventura per l'indispensabile aiuto nel monitoraggio delle caratteristiche meteo del vigneto oggetto di studio e per avermi prestato la stazione meteo.

Grande gratitudine va inoltre all'intero gruppo di AgroEcologia, in particolar modo alla Dr.ssa Alessandra Lombini ed alla Dr.ssa Daniela Segantini, per l'incredibile e paziente supporto fornitomi nella stesura della tesi, ed alla Dr.ssa Ligda Diaz, che mi ha gentilmente aiutato.

Un immenso grazie lo devo poi alla mia Famiglia che ha permesso, non senza sacrifici, il completamento dei miei studi e, soprattutto, che mi ha trasmesso l'amore ed il rispetto verso la "terra", elemento che richiede grandi sacrifici ma che ridà indietro infinite emozioni ed immense soddisfazioni. In particolare, ringrazio mio babbo che mi ha trasmesso l'amore per le viti, l'uva e per il vino, a sua volta trasmessogli da suo padre, e così, da molte generazioni.

Ringrazio, inoltre, tutte le persone che mi sono state vicine e che mi hanno supportato in questo percorso di studi allietandomi nei momenti più ardui, specialmente Marisol che mi ha sostenuto in ogni momento ed in qualunque situazione.