



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE AGRARIE E DEL TERRITORIO

EFFETTI DELL'USO DELLE RETI  
OMBREGGIANTI SUL MICROCLIMA E SULLA  
QUALITÀ DELL'UVA DI VERDICCHIO

EFFECTS OF SHADING NETS USE ON THE  
MICROCLIMATE AND THE QUALITY OF THE  
VERDICCHIO GRAPE

TIPO TESI: SPERIMENTALE

STUDENTE:  
FRANCESCO RAMPINO  
*Francesco Rampino*

RELATORE:  
ORIANA SILVESTRONI  
*Oriana Silvestroni*

CORRELATORE:  
VANIA LANARI  
*Vania Lanari*

ANNO ACCADEMICO 2020/2021

# SOMMARIO

ELENCO DELLE TABELLE.....	3
ELENCO DELLE FIGURE .....	4
ACRONIMI E ABBREVIAZIONI .....	5
CAPITOLO 1:INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI.....	6
1.1 Ombreggiamento naturale ed esposizione dei grappoli.....	6
1.2 Ombreggiamento artificiale.....	12
1.2.1 Ombreggiamento del grappolo (bunch shading).....	13
1.2.2 Ombreggiamento dell'intera chioma o di una porzione della chioma con l'utilizzo di reti.....	23
1.3 Scopo della tesi.....	36
CAPITOLO 2: MATERIALI E METODO .....	37
CAPITOLO 3: RISULTATI E DISCUSSIONE .....	41
3.1 Decorso stagionale dell'anno 2021: sommatorie termiche e precipitazioni.....	41
3.2 Curve di maturazione del peso medio degli acini.....	42
3.3 Curve di maturazione degli zuccheri del mosto.....	44
3.4 Curve di maturazione del pH del mosto.....	45
3.5 Curve di maturazione dell'acidità titolabile del mosto.....	47
3.6 Risultati alla vendemmia.....	49
CAPITOLO 4: CONCLUSIONI.....	51
BIBLIOGRAFIA .....	53
RINGRAZIAMENTI .....	58

## ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 3-1: Gradi giorno nei diversi periodi di campionamento, in data di vendemmia e a fine settembre.....	40
Tabella 3-2: Precipitazione cumulata calcolata a partire da Marzo per ogni mese e per il periodo di pre-vendemmia/vendemmia.....	40
Tabella 3-3: Medie di comportamento alla vendemmia delle tesi controllo e schermato (numero grappoli, kg uva, peso medio grappolo, peso medio acino, acini/grappolo).....	49
Tabella 3-4: Medie di Brix, pH e TA del mosto delle tesi controllo e schermato.....	50
Tabella 3-5: Medie dei parametri del grappolo campione (lunghezza principale, lunghezza secondaria, peso totale, peso principale, compattezza OIV, peso secondario)..	50

## ELENCO DELLE FIGURE

Figura 2-1: Visuale da GPS del vigneto oggetto di studio.....	39
Figura 2-2: Foto del filare ombreggiato.....	40
Figura 3-1: Andamento del peso medio dell'acino (g) delle tesi controllo e schermato dal DOY 210 al DOY 251.....	43
Figura 3-2: Andamento del peso dell'acino (g) delle tesi controllo e schermato riferito ai gradi giorno (GG) del periodo di campionamento.....	43
Figura 3-3: Zuccheri del mosto (°Brix) delle tesi controllo e schermato dal DOY 210 al DOY 251.....	44
Figura 3-4: Zuccheri del mosto (°Brix) delle tesi controllo e schermato riferiti ai gradi giorno del periodo di campionamento.....	45
Figura 3-5: pH del mosto delle tesi controllo e schermato dal DOY 210 al DOY 251.....	46
Figura 3-6: pH del mosto delle tesi controllo e schermato riferito ai gradi giorno del periodo di campionamento.....	47
Figura 3-7: Acidità titolabile del mosto (g/L) delle tesi controllo e schermato dal DOY 210 al DOY 251.....	48
Figura 3-8: Acidità titolabile del mosto (g/L) delle tesi controllo e schermato riferita ai gradi giorno del periodo di campionamento.....	49

## ACRONIMI E ABBREVIAZIONI

CV	Cultivated variety (cultivar, varietà coltivata)
CCI	Chlorophyll content index (indice del contenuto di clorofilla)
EA	Extractable anthocyanins (antocianine estraibili)
GC-MS	Gascromatografia-spettrometria di massa
PAR	Photosynthetically active radiation (radiazione fotosinteticamente attiva)
PI	Polyphenol index
ST	Shading treatment (trattamento ombreggiato)
TA	Titrateable acidity (acidità titolabile)
UC	Untreated control (controllo)

# CAPITOLO 1

## INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI

Le reti ombreggianti sono utilizzate per proteggere e/o regolare la crescita dei frutti, dei vegetali, e le colture ornamentali da molto tempo. In viticoltura da vino, le reti sono usate principalmente per proteggere i frutti dagli uccelli o dalla grandine, mentre l'uso per l'ombreggiamento è meno comune. L'ombreggiamento della chioma della vite o dei grappoli d'uva può essere parziale o totale e viene di solito effettuato per mezzo di reti, come reti antigrandine o altri tipi di teli più o meno opachi applicati sul vigneto. Tuttavia, oltre all'ombreggiamento artificiale, si può ricorrere anche all'ombreggiamento naturale, sfruttando l'esposizione della pianta e la struttura della chioma.

### **1.1 Ombreggiamento naturale ed esposizione dei grappoli**

Sono stati condotti diversi studi sull'ombreggiamento naturale: per esempio, tra il 1981 e il 1982 è stata studiata l'influenza dell'esposizione dei grappoli sulla composizione degli acini e sulla qualità dei vini della cv. Seyval blanc nella zona di Dundee (NY). In questa sperimentazione i frutti sono stati campionati sulla base di 4 categorie di esposizione: W (esposti al lato ovest della vite), E (esposti al lato est della vite), P (parzialmente ombreggiati), S (completamente ombreggiati). Ci sono state poche differenze significative nel peso degli acini tra i trattamenti nel 1982, anche se i grappoli della categoria P tendevano ad avere gli acini più pesanti per la maggior parte delle date di campionamento. La composizione degli acini prima e dopo l'invasatura è stata influenzata dal grado di esposizione. In pre-invasatura i °Brix non sono stati influenzati dall'esposizione, mentre dopo l'invasatura, i trattamenti esposti (W ed E) hanno mostrato °Brix più elevati rispetto ai frutti ombreggiati (P e S). In generale, il pH ha mostrato considerabilmente minore risposta all'esposizione dei grappoli rispetto ai °Brix. Il trattamento S ha avuto il più alto pH prima dell'invasatura, mentre dopo l'invasatura il pH era più alto per il trattamento W. L'acidità totale tendeva ad essere più alta nei trattamenti esposti prima dell'invasatura, mentre dopo l'invasatura era più alta nei trattamenti ombreggiati. Il trattamento W aveva l'acidità più

bassa. I punteggi del vino non differivano tra i trattamenti sulla base di intensità di aroma, acidità, o qualità: il vino di Seyval blanc ha un carattere neutro (Reynolds, et al., 1986).

Sul finire del secolo scorso (Marais, et al., 1999), sono stati studiati gli effetti del microclima della chioma sulla composizione aromatica dei grappoli della cv. Sauvignon in tre differenti regioni del Sud Africa (Stellenbosch, Robertson ed Elgin), in ognuna delle quali è stato applicato un trattamento di manipolazione della chioma: durante l'inverno, due tralci presi da ogni vite adiacente sono stati allevati fino al mezzo del cordone della vite trattata, permettendo un ombreggiamento naturale della vite in estate. I frutti dei germogli dei tralci utilizzati per l'ombreggiamento sono stati rimossi per stimolare la crescita vegetativa. L'aumento della densità della chioma ha permesso di abbassare leggermente le temperature massime e medie, pertanto la manipolazione della chioma può, ad un certo grado, essere di successo nell'ottenimento di grappoli più freschi in località calde. I benefici dei grappoli freschi per la produzione di vini di alta qualità sono ampiamente riconosciuti. La concentrazione dei monoterpeni totali e dei C<sub>13</sub>norisoprenoidi, generalmente considerati componenti importanti del Sauvignon è diminuita all'aumentare della densità della chioma, e incrementata durante la maturazione approssimativamente tra 16°B e 21°B. Sono state trovate simili tendenze in tutte e tre le regioni e durante tutte le stagioni (1996, 1997, 1998). In alcuni casi, gli incrementi nella concentrazione dei componenti sono stati seguiti da leggeri decrementi vicino alla maturazione, che possono essere attribuiti a trasformazioni in altri componenti. L'isobutil-metossipirazina (IBMP) è tra i più importanti componenti aromatici che conferiscono tipicità al Sauvignon. Contrariamente ai monoterpeni e i C<sub>13</sub>norisoprenoidi, la concentrazione dell'IBMP diminuisce con l'incremento dell'esposizione dei grappoli alla luce solare, così come durante la maturazione. Di nuovo, simili tendenze sono state trovate in tutte e tre le regioni e durante le tre stagioni, e hanno confermato i risultati precedenti. Per quanto riguarda gli aromi, è stato visto che se la radiazione media sopra la chioma è più alta, l'intensità di vegetale/pepe/asparago verde è più bassa. Quindi negli acini di grappoli ombreggiati si hanno meno aromi fruttati e più aromi di vegetale/pepe/asparago verde (Marais, et al., 2001). Generalmente, i livelli di IBMP sono stati più alti nella stagione più fredda (1997), così come lo sono stati nella regione più fredda (Elgin). Questo è in generale accordo con i livelli di monoterpeni negli stessi grappoli.

Sono stati effettuati degli studi sull'influenza dell'esposizione alla luce solare e gli effetti della temperatura sulla crescita dell'acino e la sua composizione anche in California in una zona con disponibilità termiche e luminose piuttosto elevate (San Joaquin Valley), dove sono state prese in esame le cultivar Cabernet Sauvignon e Grenache (Berqvist, et al., 2001).

Sono state assegnate ai grappoli quattro categorie di esposizione: (1) piena esposizione, (2) alta-moderata esposizione, (3) bassa-moderata esposizione, (4) ombreggiati. I grappoli a piena esposizione sono stati generalmente esposti alla luce del sole durante il giorno. I grappoli ad alta-moderata esposizione avevano da uno a due strati di foglie di ombreggiamento, mentre 2-3 strati di foglie ombreggiavano quelli a bassa-moderata esposizione. I grappoli ombreggiati erano localizzati in profondità all'interno della chioma con quattro o più strati di foglie. È stata effettuata una defogliazione selettiva, come anche una rifinitura dei germogli adiacenti ai grappoli, necessaria per impostare i livelli di esposizione desiderati. Nei risultati, come previsto, la temperatura giornaliera degli acini è stata maggiore per i grappoli pienamente esposti e minore nei grappoli ombreggiati. La temperatura di mezzogiorno dei grappoli pienamente esposti eccedeva la temperatura dell'aria di 7 °C, e la temperatura di mezzogiorno dei grappoli ombreggiati era inferiore di 10 °C rispetto a quella dei grappoli pienamente esposti. I grappoli pienamente esposti hanno manifestato la più larga fluttuazione nella temperatura giornaliera degli acini tra i trattamenti, mentre quelli ombreggiati la più piccola. La temperatura degli acini dei grappoli pienamente esposti incrementava più velocemente con la temperatura dell'aria rispetto a quella dei grappoli moderatamente esposti oppure ombreggiati, rispecchiando la maggiore radiazione incidente sulla loro superficie. Per la cv Grenache, la massa degli acini incrementava con l'aumentare della PAR di mezzogiorno fino a 51-100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ , poi decrementava per i grappoli di entrambi i lati nord e sud della chioma. In contrasto, la massa degli acini del Cabernet Sauvignon incrementava linearmente con l'esposizione solare per i grappoli al lato nord della chioma. La massa degli acini sul lato sud della chioma decrementava leggermente con l'incremento dell'esposizione alla luce solare ed era minore rispetto alla massa degli acini sul lato nord. La concentrazione dei solidi solubili della Grenache incrementava con l'aumento dell'esposizione alla luce solare, e decrementava quando la PAR di mezzogiorno eccedeva 31-50 e 51-100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ , rispettivamente, per i grappoli su entrambi i lati della chioma (nord e sud). Rispetto ai grappoli a nord, la concentrazione dei solidi solubili era più alta per i grappoli al lato sud della chioma quando la PAR di mezzogiorno eccedeva 51-100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ . I solidi solubili dei grappoli di Cabernet Sauvignon sul lato sud incrementavano nettamente quando la PAR di mezzogiorno incrementava da  $<10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$  a 10-30  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$  e in seguito si stabilizzava. In contrasto, l'esposizione alla luce solare ha avuto piccoli effetti sui solidi solubili dei grappoli di Cabernet Sauvignon sul lato nord della chioma, e il frutto aveva generalmente minori percentuali di solidi solubili rispetto ai grappoli situati a sud. L'acidità titolabile dei grappoli di Grenache al lato sud della chioma



decrementava linearmente con l'aumentare della PAR di mezzogiorno. Invece, l'acidità titolabile dei grappoli al lato nord decrementava quando la PAR incrementava da  $<10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$  a  $51-100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ , poi si stabilizzava. Allo stesso livello di esposizione, l'acidità titolabile era simile per i grappoli di Grenache su entrambi i lati della chioma. In contrasto, i grappoli di Cabernet Sauvignon al lato nord della chioma hanno mantenuto una maggiore acidità rispetto a quelli al lato sud, allo stesso livello di esposizione. I grappoli di Cabernet Sauvignon hanno seguito un modello simile, con l'acidità titolabile che decrementava nettamente quando la PAR di mezzogiorno incrementava da  $<10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$  a  $51-100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ , poi si stabilizzava. Il pH diminuiva significativamente al lato nord con l'aumento dell'esposizione alla luce solare, in entrambi le cv, mentre decrementava leggermente (Grenache) o rimaneva relativamente costante (Cabernet Sauvignon) con l'incremento dell'esposizione alla luce solare al lato sud. Le concentrazioni dei fenoli totali nella buccia di entrambe le cultivar incrementavano linearmente con la PAR di mezzogiorno per i grappoli al lato nord della chioma. Al lato sud della vite, le concentrazioni dei fenoli totali incrementavano più gradualmente con l'esposizione alla luce solare. Allo stesso livello di esposizione, i grappoli al lato nord della chioma avevano più fenoli totali che i grappoli a sud.

L'ombreggiamento naturale è stato sperimentato anche nella zona di Prosser, Washington, un'area decisamente più fresca di quella californiana appena citata. In questo caso si è operato sulla cv Merlot tra il 1999 e il 2000 (Spayd, et al, 2002). I grappoli sono stati ombreggiati o esposti posizionando i germogli al lato della chioma che si voleva ombreggiare. I germogli sono stati portati sopra un filo detto "wind wire" a 1.5 m da terra e fermati da un filo di contenimento (1.2 m) parallelo al cordone e ai wind wires. Poiché uno strato di foglie di *Vitis vinifera* assorbe tra 80 e 90% della radiazione solare incidente, era previsto che questa tecnica di ombreggiamento naturale permettesse alla luce diffusa di raggiungere in maniera predominante i grappoli ombreggiati. Sono stati studiati anche gli effetti della temperatura sulla composizione delle uve, riscaldando le uve ombreggiate fino alla temperatura di quelle esposte di controllo, raffreddando le uve esposte fino alla temperatura di quelle ombreggiate di controllo, oppure immettendo aria dell'ambiente sui grappoli. Parlando della composizione dell'uva, nonostante ci siano state alcune differenze nei solidi solubili tra i diversi trattamenti di esposizione-temperatura, non erano presenti modelli coerenti. È stato osservato che l'acidità titolabile dei grappoli "shade heated", cioè quelli ombreggiati riscaldati, era minore rispetto a quella dei grappoli "shade control", cioè quelli ombreggiati non riscaldati. I grappoli "shade control" avevano la più alta TA. Il pH era

inversamente correlato all'acidità titolabile. Nelle regioni viticole da tiepide a calde, l'esposizione dei grappoli alla piena luce su chiome esposte a ovest e sud dovrebbe essere evitata a meno che non sia utilizzato qualche metodo per ridurre la temperatura. L'ombreggiamento completo dei frutti non è raccomandato perché è necessaria un po' di luce per la massima sintesi degli antociani (nelle cultivar a bacca nera) e per bilanciare la composizione degli altri componenti dei frutti.

In altri ambienti come nel Missouri, dove il clima è caldo e temperato con molta piovosità anche nel mese più secco, sono stati condotti studi sull'influenza dell'esposizione del grappolo alla luce sulla composizione degli acini dei grappoli di Norton (*Vitis aestivalis* Michx), in cui sono stati stabiliti tre livelli di esposizione dei grappoli: i grappoli pienamente esposti hanno ricevuto la luce diretta del sole, i grappoli parzialmente esposti hanno avuto 2 strati di foglie ombreggianti, e quelli pienamente ombreggiati erano localizzati nella chioma con 4 o più strati di foglie. È stato osservato che i grappoli completamente ombreggiati e quelli parzialmente esposti hanno ricevuto meno del 10% di PAR dall'ambiente a mezzogiorno. I grappoli pienamente esposti hanno registrato una temperatura degli acini più alta di quella dei grappoli parzialmente esposti o pienamente ombreggiati dal giorno fino alla sera. Dai risultati sulla composizione dell'uva, si può notare, come è stato osservato in altri studi, che i grappoli completamente ombreggiati hanno avuto la più bassa concentrazione di solidi solubili, il più alto contenuto di potassio nel mosto e di acido malico. Anche se il livello di esposizione non ha influenzato statisticamente pH, fenoli, antociani e tannini, c'è stata variazione nel contenuto di questi costituenti (Jogaiah, et al., 2012).

Più recentemente (2013-2015), è stata studiata l'influenza del microclima del grappolo sulla composizione del Sauvignon in Nuova Zelanda (Marlborough). È stata sfruttata la differente esposizione dei grappoli alla luce solare in base alla loro posizione sulla chioma: i grappoli al lato nord della chioma erano pienamente esposti, mentre quelli al lato sud o all'interno della chioma erano pienamente ombreggiati (Martin, et al., 2016). I grappoli esposti avevano, come verificato anche in altri studi, solidi solubili e pH significativamente più alti, e TA più bassa rispetto ai grappoli ombreggiati. I solidi solubili erano 0.8-2.2°Brix in più, mentre la TA era del 15-20% in meno. Il contenuto fenolico era più elevato nei mosti dei grappoli esposti in due anni su tre. Sono stati osservati risultati più bassi nelle concentrazioni totali di acidi organici, acido malico e tartarico nei grappoli pienamente esposti. Questa è stata in maniera predominante una conseguenza della minore concentrazione di acido malico. L'esposizione del grappolo alla luce può incrementare la temperatura e la respirazione dell'acino, che promuove la degradazione dell'acido malico da

parte dell'enzima malico. Non ci sono state differenze negli amminoacidi primari tra i due trattamenti. L'esposizione dei grappoli alla luce solare ha ridotto significativamente la concentrazione di IBMP nel vino del 50% in media nei tre anni. Questi risultati sono coerenti con quelli di altri studi che hanno dimostrato che l'incremento della penetrazione della luce nella zona dei grappoli avvenuto precocemente nello sviluppo dell'acino (pre-invaiaura), ha decrementato la concentrazione finale di IBMP negli acini (Koch, et al., 2012; Suklje, et. Al., 2012). Nello studio di Martin et al. (2016) esporre i grappoli alla luce diretta del sole non sembra essere stato uno strumento efficace ad incrementare il contenuto in tioli volatili dei vini di Sauvignon di Marlborough. I grappoli di Sauvignon naturalmente esposti alla luce solare erano, in maniera consistente, più avanzati nel decorso della loro maturazione rispetto ai grappoli ombreggiati.

Per quanto riguarda l'Italia, una decina di anni fa è stato condotto, tra il 2012 e il 2013, uno studio sull'influenza del microclima sui precursori aromatici nella cv Nebbiolo, nella zona di Sinio, Piemonte, la quale ha un clima temperato piovoso (Asproudi, et al., 2016). Sono stati presi in esame due vigneti, omogenei per altitudine (412-428 m s.l.m.) e pendenza (20%), ma di differente esposizione: il primo esposto a sud (con orientamento dei filari a est-ovest) e il secondo a ovest (orientamento dei filari a nord-sud. In aggiunta, nei due vigneti era evidente un'eterogeneità di vigoria. Nel 2012, sono stati scelti due blocchi del vigneto esposto a sud (chiamati South V-, V+), ed uno, più vigoroso, nel vigneto esposto a ovest (WestV+). Nel 2013, è stato identificato un quarto blocco (WestV-) nel vigneto esposto a ovest. Nel 2012, è stato osservato nei blocchi sud alla raccolta, un peso degli acini significativamente più basso rispetto a quello dei blocchi esposti a ovest. Nello stesso anno, il peso del grappolo e la resa per vite hanno avuto i più bassi valori nel blocco SouthV-. Nell'anno successivo sono state osservate minori differenze tra i due vigneti. Parlando dei norisoprenoidi, nel 2012 c'è stato un ritardo significativo, ma continuo aumento della concentrazione dei norisoprenoidi totali fino alla raccolta, all'interno del vigneto WestV+; questo ritardo era dovuto anche al maggiore peso degli acini notato per questo blocco nel primo anno di studi. Al momento della raccolta, la concentrazione dei norisoprenoidi totali è diminuita nei blocchi sud ed era significativamente minore nel SouthV- plot, se paragonata a quelle trovate nei SouthV+ e WestV+ plots, cioè i vigneti vigorosi. Il decremento in pre-raccolta, osservato per tutti i componenti nei grappoli del SouthV- block, era significativo soltanto per il 3-oxo- $\alpha$ -ionolo e il 3-idrossi-7,8-deidro- $\beta$ -ionolo. Nel 2013, il trend di accumulo precoce dei norisoprenoidi all'interno dell'uva del vigneto SouthV-, è stato simile a quello dell'anno precedente. È stato notato un accumulo precoce di norisoprenoidi negli

acini verdi, nel vigneto meno vigoroso (SouthV-) rispetto agli altri. Il SouthV- block ha raggiunto il valore più elevato di norisoprenoidi totali a 26 giorni dopo l'invasatura; in seguito, è stato osservato un decremento significativo della concentrazione totale, più anticipato rispetto all'anno precedente. I vigneti più vigorosi (SouthV+, WestV-, WestV+), hanno mostrato concentrazioni simili durante l'ultimo mese senza alcun decremento significativo prima della raccolta. Come conseguenza dell'intenso decremento della concentrazione dei norisoprenoidi totali osservato nel SouthV- block, non sono state osservate differenze tra i blocchi alla raccolta; questo declino, notato a partire da 26 giorni dopo l'invasatura, era maggiormente dovuto alla significativa diminuzione del 3-oxo- $\alpha$ -ionolo e il 3-idrossi-7,8-deidro- $\beta$ -ionolo, come osservato nell'anno precedente. L'idrolisi enzimatica dei glicosidi estratti dai grappoli e la conseguente determinazione degli agliconi con GC-MS hanno messo in luce che l'accumulo dei glicosidi di C<sub>13</sub>-norisoprenoidi negli acini del Nebbiolo inizia prima dell'invasatura e continua attivamente per le 3-4 settimane successive. Le differenze osservate nei grappoli di Nebbiolo possono essere attribuite alle condizioni microclimatiche, le quali variavano a seconda dell'annata, l'esposizione del vigneto e la vigoria della vite. La vigoria elevata, così come la bassa intensità di luce nella zona del grappolo, possono avere probabilmente un impatto negativo sulla concentrazione di picco dei precursori aromatici e quindi, sulla loro concentrazione finale. D'altra parte, la concentrazione finale dei precursori dei norisoprenoidi è anche influenzata dalle condizioni microclimatiche durante gli stadi finali della maturazione dell'uva: l'alta temperatura, come una conseguenza del vigore e dell'esposizione, porta evidentemente a un decremento dei norisoprenoidi totali.

## **1.2 Ombreggiamento artificiale**

I comuni approcci all'ombreggiamento artificiale sono i seguenti: overhead shading: un telo ombreggiante, supportato da una struttura, viene posizionato diversi cm (per esempio 50 cm) sopra le cime delle viti a coprire le chiome e l'interfilare (Caravia et al., 2016); canopy shading: delle reti ombreggianti sono posizionate sui due lati della chioma; bunch shading: un telo ombreggiante, un sacchetto o un box è utilizzato per l'ombreggiamento dei grappoli. Nell'ombreggiamento artificiale, la posizione e la larghezza di un telo ombreggiante definiscono la proporzione di chioma ombreggiata, e molti trattamenti di canopy shading dovrebbero coprire sia le foglie che i grappoli. I trattamenti ombreggianti solitamente portano a riduzioni in accumulo di biomassa e capacità fotosintetica, e un notevole declino di temperatura della chioma e degli acini. Rojas-Lara e Morrison (1989) hanno scoperto che

mentre la temperatura della chioma al di sotto della rete era significativamente più alta che quella del controllo, non c'è stata nessuna differenza significativa nella temperatura degli acini.

### **1.2.1 Ombreggiamento del grappolo (bunch shading)**

Il bunch shading, permette di ridurre significativamente il contenuto dei solidi solubili dei frutti solo se la percentuale di ombreggiamento è molto elevata. Ad esempio, un bunch shading del 55% non permette di ottenere differenze significative, in contenuto di solidi solubili dei frutti, rispetto agli acini dei grappoli non ombreggiati (Gao, et al., 1994). Nel caso dello studio di Gao et al., condotto nel 1991 sull'ibrido Reliance (*Vitis Labrusca*), in località Wooster (Ohio, Stati Uniti), il peso dei grappoli e il pH del mosto non sono stati influenzati dal bunch shading. Tuttavia, l'acidità titolabile del mosto è incrementata significativamente con l'ombreggiamento del 55% in confronto all'assenza di ombreggiamento o l'ombreggiamento del 95%. Il peso degli acini è stato ridotto dal bunch shading seguendo una relazione lineare. Lo shading del 95% ha prodotto acini più leggeri nel colore, meno neri, e più gialli a confronto del controllo o dello shading del 55%.

Gli effetti del canopy shading e bunch shading, in particolare sulla composizione dell'uva della cv Syrah, sono stati studiati in Francia tra il 1995 e il 1996, rispettivamente a Grussain e Hérault, dove si ha un clima caldo e temperato (Bureau, et al., 2000). Nell'esperimento del 1995, i filari delle viti erano orientati a ovest-nordovest/est-sudest, e i trattamenti di ombreggiamento sono stati imposti quando gli acini hanno raggiunto ~2-4 mm di diametro (20 Giugno). L'ombreggiamento artificiale dei grappoli e delle viti è stato effettuato con reti nere di polietilene con differenti dimensioni delle maglie. Le reti utilizzate per l'ombreggiamento della chioma trattenevano il 50% e il 90% della radiazione diretta del sole (V50, V90). Dei grappoli scelti casualmente (uno per vite) sotto il fogliame, sono stati messi in reti ombreggianti del 90% (B90). La rete era supportata da un filo in modo che non ci fosse stato contatto tra essa ed i grappoli. I tre trattamenti ombreggianti sono stati messi a confronto con un controllo soleggiato (Su), cioè gli acini dei lati esterni dei grappoli esposti alla luce diretta del sole. Nell'esperimento del 1996, i filari delle viti erano orientati a nord-est/sud-ovest e i trattamenti di ombreggiamento imposti sono stati posizionati quando gli acini hanno raggiunto il diametro di ~5 mm (21 Giugno). Sono stati effettuati gli stessi trattamenti di ombreggiamento dell'anno precedente, ad eccezione dell'ombreggiamento del 90% che è stato rimpiazzato da un ombreggiamento della vite del 70% (V70). In aggiunta, sono stati analizzati anche grappoli ombreggiati in modo naturale dalle foglie (Sh). Nel 1995,

il trattamento V90, che aveva “oscurato” l’intera chioma, ha ritardato drammaticamente sia la maturazione che la crescita degli acini. Queste importanti modificazioni fisiologiche non sono state osservate per gli acini del bunch shading B90. Ad eccezione del V90, i trattamenti di ombreggiamento applicati dall’allegazione alla maturazione non hanno influenzato la crescita dell’acino. Comunque, hanno causato generalmente un ritardo di maturazione. Infatti, gli acini dei grappoli ombreggiati (B90 e Sh), e i grappoli delle viti ombreggiate al 70% (V70) avevano indici di maturità più bassi rispetto agli acini esposti al sole (Su) e quelli delle viti V50. Il ritardo della maturazione poteva spiegare alcune differenze nei livelli degli aromi legati nella misura in cui i loro livelli aumentavano o decrementavano nel corso della maturazione dell’uva. Tra i trattamenti di bunch shading, il B90 bunch shading ha decrementato il livello totale dei glicosidi terpenici in entrambi gli anni. L’ammontare totale dei fenoli volatili legati era chiaramente inferiore negli acini dei grappoli ombreggiati (B90 e Sh) in confronto agli acini esposti al sole (Su). I fenoli volatili vengono formati attraverso la via dello shikimato. Alcuni enzimi della via dello shikimato erano stimolati dalla luce, come per esempio la shikimato chinasi e la fenilalanina ammonio-liasi. Di conseguenza, i glicosidi di vanillato di metile, zingerone, vanillolo, guaiacil etanolo e metil siringato erano significativamente meno abbondanti negli acini ombreggiati che in quelli esposti. Tuttavia, il bunch shading non modificò i livelli dei glicosidi di salicilato di metile, eugenolo, 4-vinilfenolo, 3,4-dimetossifenolo e benzil salicilato. Inoltre, altri importanti derivati dello shikimato come l’alcol benzilico e il 2-feniletanolo non vennero influenzati. Nei trattamenti di bunch shading, il contenuto totale dei C<sub>13</sub>-norisoprenoidi legati era molto più alto nei grappoli Su rispetto ai grappoli ombreggiati. I C<sub>13</sub>-norisoprenoidi derivano dalla degradazione dei carotenoidi, che incrementa all’aumentare della disponibilità luminosa. Negli acini d’uva, il contenuto totale dei carotenoidi decrementa nel corso dell’invaiaatura e della maturazione, tuttavia il decremento del loro contenuto era più importante negli acini esposti al sole che in quelli ombreggiati. I cambiamenti nei livelli dei fenoli volatili e dei C<sub>13</sub>-norisoprenoidi negli acini di Syrah dovuti all’ombreggiamento naturale (Sh) erano simili a quelli nell’ombreggiamento artificiale (B90). Questo risultato era coerente con la similarità nella trasmissione della luce da parte del fogliame e dei sacchi ombreggianti (90%). Interessanti le ripercussioni sulla temperatura dovute alla tipologia di ombreggiamento: l’ombreggiamento naturale ha portato a una temperatura ambiente più fresca (5 °C più bassa), mentre l’ombreggiamento artificiale ha fatto registrare una temperatura ambiente più tiepida (2 °C più alta), in confronto ai trattamenti di esposizione al sole. Parlando dei trattamenti di vine shading, gli acini delle viti ombreggiate (V50 e V70) tendevano ad avere

minori livelli di terpenoli legati rispetto agli acini esposti al sole (Su), in particolare di geraniolo, (E)- e (Z)-8-idrossilinalolo, geraniolo idrato e acido geranico. L'ombreggiamento della vite causava un abbassamento del contenuto dei fenoli volatili legati negli acini. Contrariamente al 3,4-dimetossifenolo legato, i livelli di etil omovanillato, zingerone e vanillolo legati, decrementarono negli acini delle viti ombreggiate. Alcuni di questi composti sembravano essere più sensibili di altri. I livelli totali dei C<sub>13</sub>-norisoprenoidi legati erano inferiori negli acini delle viti ombreggiate rispetto agli acini esposti al sole. L'abbassamento del livello dei carotenoidi tra l'invasatura e la maturazione era minore nelle uve delle viti ombreggiate rispetto agli acini esposti al sole, risultante in minore accumulo di C<sub>13</sub>-norisoprenoidi.

Un'altra sperimentazione sulla cv Syrah è stata effettuata in Sud Australia (Riverland district) tra il 1998 e il 1999. In questo caso, è stato applicato il bunch shading ad un grappolo per germoglio, quando gli acini erano allo stadio di grano di pepe (Haselgrove, et al., 2000). Sono stati imposti due livelli di esposizione del grappolo: pienamente ombreggiato e pienamente esposto. I grappoli pienamente esposti, si trovavano su germogli dove le foglie sono state rimosse. Il trattamento di ombreggiamento completo è stato raggiunto racchiudendo completamente i grappoli in una gabbia cilindrica ricoperta da un foglio di alluminio. Il fondo è stato lasciato aperto per permettere la ventilazione dei grappoli. La superficie interna è stata pitturata di nero con spray, per assorbire la luce diffusa entrante attraverso il fondo della gabbia. Nessuna differenza significativa è stata osservata nei solidi solubili totali del mosto o il peso medio dell'acino tra i due trattamenti ad ogni data di campionamento, eccetto che per la terza data di campionamento (46 giorni dopo l'invasatura) quando il peso degli acini ombreggiati era significativamente più alto degli acini esposti. Per entrambi i trattamenti, i livelli di antocianine per acini sono incrementati fino alla terza data di campionamento (approssimativamente 22°Brix) e poi decrementati. Per la seconda e terza occasione di campionamento, i livelli di antocianine per acino erano significativamente maggiori nei trattamenti esposti, ma all'ultima data di campionamento (approssimativamente 26°Brix) non c'era una differenza significativa tra i valori per i due trattamenti. Alla terza data di campionamento, in cui il peso medio degli acini differiva, la concentrazione delle antocianine era significativamente alta negli acini dei grappoli esposti. A tutte le date di campionamento, il livello di quercetin-3-glucoside per acino era significativamente più elevato negli acini dei grappoli esposti che negli acini dei grappoli ombreggiati. Secondo la sperimentazione di Haselgrove et al. (2000) sembra che il livello di quercetin-3-glucoside negli acini possa essere un indicatore del grado di esposizione del

frutto alla luce solare. Le misure della temperatura dei grappoli esposti ed ombreggiati hanno indicato che nelle ore del giorno la temperatura degli acini esposti era in media 0.6 °C maggiore della temperatura degli acini ombreggiati, con la massima differenza di più di 2.6 °C durante il periodo dalle 12 alle 16. La temperatura massima dei grappoli esposti era nell'ordine di 30-35 °C.

Sempre sulla cv Syrah, sono stati condotti studi sugli effetti del bunch shading sullo sviluppo dell'acino e sull'accumulo dei flavonoidi (Downey, et al., 2004), in un vigneto con microirrigazione a Willunga (Sud Australia). Sono stati applicati, intorno alla fioritura, dei box opachi di polipropilene a 60 grappoli e le prove sono state ripetute per tre stagioni. Il regime di temperatura all'interno dei box era lo stesso della temperatura ambiente nella chioma ( $\pm 0.5$  °C). Non si trovava una differenza significativa tra l'umidità relativa interna al box e quella dell'atmosfera esterna su base oraria, giornaliera o mensile. La differenza oraria media in umidità relativa durante un mese era di  $\pm 2.9\%$ . La trasmissione di luce attraverso il materiale dei box è stata determinata, ed era minore di 0.1% tra le lunghezze d'onda di 220 e 800 nm, e minore di 0.01% al di sotto dei 400 nm. Il livello di PAR all'interno dei box era minore dello 0.5% di quello fuori dai box. Nella prima stagione (1999-2000) il peso dell'acino è incrementato costantemente dall'allegagione fino all'invaiaatura in entrambi i frutti ombreggiati ed esposti. All'invaiaatura, gli acini ombreggiati pesavano di meno degli acini esposti e l'ombreggiamento ha avuto un effetto rilevante sul peso dell'acino in post-invaiaatura, con il peso degli acini ombreggiati sostanzialmente minore di quello dei frutti esposti. Alla raccolta, gli acini ombreggiati pesavano il 35% in meno di quelli esposti. Nonostante questa differenza in peso, gli acini ombreggiati hanno raggiunto la maturazione a una velocità simile di quelli esposti e hanno raggiunto lo stesso livello di solidi solubili totali alla raccolta, intorno a 23.5°Brix. Nella seconda stagione (2000-2001), in cui la fioritura era più vicina all'invaiaatura (8 settimane prima dell'invaiaatura) rispetto alla stagione precedente (9 settimane prima dell'invaiaatura) e l'allegagione avveniva una settimana dopo della fioritura (come nella prima stagione), la differenza in peso tra gli acini dei due trattamenti era meno rilevante. A 5 settimane dall'invaiaatura e alla raccolta, i pesi degli acini erano simili tra i frutti ombreggiati ed esposti (approssimativamente 0.96 g/acino). Non c'era differenza nemmeno nei solidi solubili totali di entrambi i trattamenti nel corso della maturazione, similmente al trend di accumulo degli zuccheri osservato durante la stagione precedente. Nella terza stagione sperimentale (2001-2002) la fioritura avveniva 10 settimane prima dell'invaiaatura, con l'allegagione 2 settimane dopo (8 settimane prima dell'invaiaatura). L'incremento del peso degli acini nella parte iniziale dello sviluppo dell'acino (pre-



invasatura), era più graduale rispetto a quanto osservato nelle stagioni precedenti. Virtualmente, non c'era differenza nel peso degli acini tra i frutti ombreggiati ed esposti nel corso dello sviluppo, durante la stagione 2001-2002, con il peso degli acini che incrementava costantemente dall'allegagione alla raccolta. Allo stesso modo, non c'era una differenza percettibile nel livello dei solidi solubili totali tra gli acini esposti e ombreggiati. La clorofilla contenuta nelle bucce di entrambi i frutti ombreggiati ed esposti è stata misurata. La sintesi di clorofilla è indotta dalla luce, quindi in assenza di quest'ultima, la sintesi viene ridotta. Per questo, i frutti ombreggiati dovrebbero avere meno clorofilla. I grappoli ombreggiati all'interno dei box erano gialli prima dell'invasatura, mentre i grappoli esposti erano verdi. Dopo l'invasatura, le antocianine negli acini oscuravano la clorofilla ma il peduncolo dei grappoli ombreggiati rimaneva giallo, mentre quello dei grappoli esposti era verde. Nella stagione 1999-2000, la concentrazione di clorofilla (mg/g di peso fresco dell'acino) era più elevata all'inizio dello sviluppo dell'acino, poi decrementava a mano a mano che l'acino si espandeva in entrambi i frutti ombreggiati ed esposti. Negli acini esposti, la clorofilla totale per acino incrementava dalla fioritura fino a una settimana dopo l'invasatura, ciò coincideva con la prima fase della crescita dell'acino. Il livello di clorofilla per acino rimaneva poi relativamente costante fino a due settimane dopo l'invasatura, dopodiché la clorofilla decrementava approssimativamente al 50% fino alla quarta settimana post-invasatura, e rimaneva a quel livello fino alla raccolta. Negli acini ombreggiati, la concentrazione della clorofilla era sostanzialmente inferiore a quella degli acini esposti nel corso del loro sviluppo. Inoltre, nei frutti ombreggiati, c'era stato soltanto un leggero incremento nel contenuto di clorofilla durante il periodo corrispondente all'accumulo della clorofilla negli acini esposti e un decremento in post-invasatura virtualmente a zero. La composizione in tannini del frutto è stata determinata per tutti gli acini. Negli acini ombreggiati, il livello dei monomeri liberi per grammo fresco di peso dell'acino era all'inizio leggermente minore di quello degli acini esposti. Dall'invasatura in poi c'era stato un incremento in monomeri in entrambi i frutti ombreggiati ed esposti, che avevano raggiunto simili massimi 1-2 settimane dopo l'invasatura, declinando in seguito verso la raccolta. Esprimendosi su una base per acino, la differenza in monomeri liberi tra i frutti esposti ed ombreggiati era più evidente, in particolare il maggiore aumento all'invasatura di monomeri liberi nei frutti esposti. Questo minore totale per acino nei frutti ombreggiati era coerente con il minore peso degli acini nei frutti osservati durante la stagione 1999-2000. Alla raccolta commerciale, i livelli per grammo e per acino in entrambi i frutti ombreggiati ed esposti erano simili. Nella seconda stagione sperimentale (2000-2001), i tannini sono stati determinati separatamente nei semi e

nelle bucce. Durante questa stagione sperimentale nessuna differenza è stata osservata nei livelli di monomeri liberi nei semi tra i trattamenti sia nel peso fresco per grammo di seme che su una base per acino. In entrambi i trattamenti (ombreggiati ed esposti), i monomeri liberi si accumulavano lentamente all'inizio, poi rapidamente da circa 3 settimane prima dell'invasatura fino a una settimana dopo l'invasatura, dopodiché diminuivano costantemente fino a circa 5 settimane dopo l'invasatura. Dopo questo tempo, i livelli rimanevano relativamente costanti fino alla raccolta commerciale. Nella stagione 2000-2001, il livello dei monomeri liberi per acino nei frutti esposti ha raggiunto un massimo intorno a 2 settimane prima dell'invasatura, mentre negli acini ombreggiati, il livello massimo è stato registrato 5 settimane dopo l'invasatura. Su una base per grammo e per acino, i livelli di monomeri liberi nelle bucce degli acini esposti ed ombreggiati erano comparabili alla raccolta commerciale. Le piccole differenze in tannini dei semi, osservate tra i frutti ombreggiati e quelli esposti e le più grandi differenze nei tannini delle bucce, sono state evidenziate dalle differenze nella lunghezza dei polimeri. Nei semi di Syrah, la lunghezza dei polimeri era molto simile tra gli acini ombreggiati e quelli esposti, come indicato dai simili livelli nelle unità di estensione e terminali. Tuttavia, nella buccia di Syrah, il livello leggermente più alto di subunità terminali e il minore livello delle subunità di estensione nei frutti ombreggiati risultavano in un più basso grado medio di polimerizzazione (mDP) calcolato per i tannini in quei frutti. L'accumulo dei flavonoli è stato misurato come totali glucosidi di quercetina durante tre stagioni successive (1999-2000, 2000-2001, 2001-2002). Nella prima stagione, quando i box sono stati applicati una settimana dopo la fioritura, erano presenti alti livelli di flavonoli per grammo di peso fresco della buccia in entrambi i frutti ombreggiati ed esposti negli stadi iniziali di sviluppo dell'acino, declinando con la crescita dell'acino. Il livello di flavonoli per grammo di peso fresco era notevolmente più alto negli acini esposti che in quelli ombreggiati a tutti gli stadi dello sviluppo dell'acino. C'è stato un incremento in flavonoli per acino 2-4 settimane dopo l'invasatura in entrambi gli acini esposti ed ombreggiati. Nell'acino maturo (~24°Brix), la concentrazione di flavonoli nella buccia dei frutti ombreggiati era il 48% di quella dei frutti esposti. Nella seconda stagione, i box sono stati applicati 5 settimane prima della fioritura, quando si verifica un accumulo significativo di flavonoli. L'andamento dell'accumulo dei flavonoli era a grandi linee simile all'anno precedente negli acini esposti, ma non sono stati individuati flavonoli negli acini ombreggiati a nessuno stadio di sviluppo dell'acino. Su una base per acino, l'accumulo dei flavonoli è stato ancora osservato dopo l'invasatura nei frutti esposti ma persino alla raccolta non sono stati osservati flavonoli negli acini ombreggiati. Nella terza stagione, è stato applicato un numero maggiore di box, 4

settimane prima della fioritura. I flavonoli negli acini ombreggiati erano di nuovo più bassi di quelli degli acini esposti, su entrambi un grammo di peso fresco e una base per acino. Nelle uve mature (~24°Brix), la concentrazione di flavonoli per acino è stata osservata negli acini esposti più avanti nella maturazione in tutte e tre le stagioni. Nell'acino ombreggiato, c'è stato anche qualche incremento in flavonoli dopo l'invasatura nella prima stagione sperimentale e in maniera minore nella terza stagione.

Nella stessa zona dell'esperimento di Downey et al. (Willunga, Sud Australia), è stato condotto un altro studio sul bunch shading applicato ai grappoli di Syrah (Ristic, et al., 2007), utilizzando gli stessi box dello studio precedente, i quali sono stati applicati alle infiorescenze in sviluppo 4 settimane prima della fioritura. L'ombreggiamento ha ridotto del 20% la dimensione dell'acino nell'uva raccolta, in confronto all'uva esposta, come osservato precedentemente. Gli acini ombreggiati e di controllo avevano un numero simile di semi per acino, ma i semi degli acini ombreggiati erano significativamente più pesanti (24.6 mg) dei semi degli acini di controllo (20.7 mg) e rappresentavano il 2.9% del peso totale dell'acino comparato al 2.0% del controllo. Il peso della buccia degli acini ombreggiati era inferiore a quello del controllo ma i dati erano statisticamente non significativi. Nonostante queste differenze, le uve di entrambi i trattamenti sono maturate ad una velocità simile e alla raccolta avevano lo stesso livello di solidi solubili totali (TSS), cioè intorno a 24°Brix: questo ha indicato che la maturazione e l'accumulo degli zuccheri non sono stati alterati dallo shading, in coerenza con altri studi (Downey, et al., 2004; Cortell and Kennedy, 2006; Ristic, et al., 2008). Secondo Ristic et al., la capacità di attrarre metaboliti (sink properties) da parte degli acini cambia a seconda della quantità di luce ricevuta dal grappolo. La dimensione dell'acino ed il suo peso dipendono dalla quantità di acqua affluita in esso, determinata dal potenziale osmotico dell'acino. La riduzione in peso dell'acino del 20.5%, osservata in risposta all'ombreggiamento nella sperimentazione sulla cv Syrah del 2008 in Sud Australia (Nuriootpa, Barossa valley), potrebbe essere spiegata come parte di un effetto fotosintetico o una riduzione nella biosintesi di gibberelline (GA), la quale ha in precedenza mostrato di modulare la dimensione dell'acino (Dass and Randhawa, 1968). L'effetto del bunch shading era evidente su pH e TA significativamente più alti rispetto agli acini di controllo, suggerendo concentrazioni più elevate sia di acido malico che di ioni di potassio nel mosto degli acini ombreggiati. I frutti ombreggiati avevano il 15% in più di tannini totali per grammo di peso dell'acino rispetto ai frutti di controllo e c'è stato un cambiamento nelle proporzioni dei tannini di buccia e semi. Su una base di concentrazione (mg per grammo di peso dell'acino) gli acini ombreggiati avevano il 46% in più di tannini dei semi ma il 20% in

meno di tannini della buccia che gli acini di controllo. L'incremento dei tannini nei semi rifletteva l'incremento in peso dei semi e il decremento in peso dell'acino nei frutti ombreggiati, dato che la concentrazione di tannini nei semi degli acini ombreggiati (66.7 mg/g di seme) era virtualmente la stessa di quella dei semi degli acini controllo (66.0 mg/g di seme). Nel corso dello sviluppo dell'acino, gli acini ombreggiati avevano marcati livelli di flavonoli (quercitina e quercetin-3-glucoside) inferiori a quelli degli acini non ombreggiati. Nell'acino raccolto per la produzione del vino, i flavonoli sono solo stati trovati in tracce nella buccia degli acini ombreggiati alla raccolta, mentre l'acino di controllo aveva simili livelli a quelli riportati precedentemente (Downey, et al., 2004). Come atteso, la maggiore differenza tra i trattamenti ombreggiati e di controllo per quanto riguarda i flavonoidi era l'accumulo marcatamente ridotto di flavonoli nei grappoli ombreggiati. Un alto grado di shading (come il bunch shading artificiale) risulta in una composizione dell'uva e proprietà del vino non favorevoli.

Dei box per il bunch shading identici a quelli utilizzati nella ricerca di Downey et al. effettuata in Australia, sono stati usati in una sperimentazione che trattava gli effetti dell'ombreggiamento sull'accumulo dei flavonoidi della cv Pinot Noir in Oregon (Cortell, and Kennedy, 2006). In questo caso, non sono state trovate differenze nel peso medio dei grappoli o il peso medio degli acini all'invasatura o alla raccolta. I semi medi per acino erano uguali tra i due trattamenti (ombreggiato ed esposto) all'invasatura; tuttavia, alla raccolta, nel trattamento esposto erano più alti di quelli nel trattamento ombreggiato. Non sono state osservate differenze per il numero medio dei semi secchi o il peso della buccia (mg) nell'acino maturo anche se all'invasatura, il trattamento ombreggiato aveva un minore peso secco della buccia rispetto al trattamento esposto. I trattamenti ombreggiati ed esposti avevano simili proporzioni di semi, buccia e polpa. I solidi solubili (°Brix) erano simili alla raccolta per i trattamenti ombreggiati ed esposti, mentre l'acidità titolabile e il pH erano leggermente più alti per il trattamento esposto. Per quanto riguarda i flavonoli della buccia, all'invasatura, la concentrazione di essi negli acini ombreggiati era ~5.5 volte minore che negli acini esposti (0.009 vs 0.049 mg/acino). Alla raccolta, la concentrazione del trattamento ombreggiato era 8 volte bassa di quella del trattamento esposto (0.012 vs 0.10 mg/acino). Questi risultati erano consistenti con le osservazioni sull'ombreggiamento in molti studi; infatti, generalmente è stato osservato che l'ombreggiamento causa riduzioni significative della concentrazione dei flavonoli nelle uve. I monomeri dei flavan-3-oli nei semi, erano presenti in quantità simile tra i trattamenti all'invasatura e alla raccolta. In entrambi i trattamenti, la quantità è decrementata leggermente tra l'invasatura e la raccolta. Il

trattamento ombreggiato aveva una proporzione più alta di epicatechina (EC) di quella del trattamento esposto ad entrambe le date di campionamento. La proporzione di catechina (C), è incrementata di circa il 2% e l'EC ha avuto un simile decremento in entrambi i trattamenti nel periodo tra invaiatura e raccolta. Il trattamento ombreggiato aveva un più alto mDP nei semi all'invaiatura, ma alla raccolta, i trattamenti erano simili. Secondo la GPC (Cromatografia a permeazione di gel), i grappoli ombreggiati avevano  $0.65 \pm 0.15$  mg/acino di proantocianidine della buccia, che era  $0.95 \pm 0.15$  (mg/acino) più basso rispetto ai grappoli esposti alla raccolta. Il trattamento ombreggiato aveva un minore mDP delle proantocianidine della buccia rispetto al trattamento esposto, sia all'invaiatura che alla raccolta. Confrontando queste due date, entrambi i trattamenti hanno avuto una riduzione in mDP delle proantocianidine, anche se c'è stata una riduzione molto più importante per il trattamento ombreggiato, se comparato con quello esposto. Per quanto riguarda gli antociani, su una base per acino, c'è stato un trend di riduzione di circa il 32% negli acini ombreggiati. Su una base di peso dell'acino, invece, è stato osservato un trend minimo. All'invaiatura e alla raccolta, le singole classi di flavonoidi sono state paragonate su una base per acino. Anche se il contenuto totale di flavonoidi era simile all'invaiatura, quelli della buccia (proantocianidine e flavonoli) erano più alti nei trattamenti esposti in paragone ai trattamenti ombreggiati. Similmente, alla raccolta, la quantità totale di flavonoidi per le 3 classi era simile su una base per acino; però, la relativa accumulazione delle classi specifiche era differente tra i trattamenti. Il trattamento ombreggiato aveva una simile proporzione di flavonoidi dei semi (monomeri e proantocianidine) e una riduzione di  $0.49$  mg/acino  $\pm 0.09$  in accumulo di composti dei flavonoidi della buccia, rispetto al trattamento esposto. Comparando la percentuale di contenuto dei flavonoidi nella buccia per acino, all'invaiatura, gli acini ombreggiati contenevano il 12% e gli esposti il 21%. Con l'ulteriore accumulo di antocianine alla raccolta, nel trattamento ombreggiato la percentuale era 17% e in quello esposto 30% di flavonoidi della buccia per acino. In Italia, nel 2013, è stata effettuata una ricerca sugli effetti dell'ombreggiamento sull'accumulo dei tannini e la composizione aromatica della cultivar Grillo, nell'area della DOC "Alcamo", in Sicilia (Scafidi et al., 2013). Nello studio, sono stati valutati tre ambienti di esposizione alla luce: completamente ombreggiato (con box), parzialmente ombreggiato (sacchetti di rete) e pienamente esposto. I box (ombreggianti il 100%) e i sacchi di HDPE (ombreggianti il 50%) sono stati applicati ai grappoli d'uva localizzati al lato est della chioma dall'allegagione alla raccolta. I campioni ombreggiati sono stati confrontati con i campioni esposti al lato est e presi delle stesse viti. Gli acini nei box erano i più pesanti alla raccolta (2.34 g). In questo momento è stata

registrata una riduzione in peso degli acini per tutti i trattamenti; tuttavia, la riduzione maggiore si è verificata negli acini esposti (decremento del 38.2%). Il contenuto di solidi solubili era sempre inferiore negli acini con box rispetto agli altri trattamenti. 28 e 35 giorni dopo la fine dell'invasatura (5 agosto), sono stati osservati valori simili di solidi solubili negli acini esposti e "net-bagged" (con sacchetto di rete). Gli acini con box hanno avuto i valori più alti di TA durante l'intera maturazione, seguiti dagli acini net-bagged, e i valori più bassi sono stati osservati negli acini esposti. Le concentrazioni dei componenti aromatici non-glicosilati erano simili nelle uve esposte e net bagged, come trovato nei grappoli di Moscato d'Alessandria (Belancic et al., 1997), mentre i livelli più elevati sono stati misurati negli acini con box (di 17.8 % e 19.4% più alti che nelle uve esposte e net-bagged, rispettivamente). I terpeni totali sono incrementati da 8% nel trattamento con box a 13% nel trattamento esposto rispetto agli aromi totali. Un incremento del 33.7% nei C13-norisoprenoidi totali è stato osservato nei trattamenti con box, solo il 3-OH- $\beta$ -damascone è aumentato del 107%. I benzenoidi totali sono stati i componenti più rappresentati e contati approssimativamente 81.6% e 72% dei composti aromatici totali nei trattamenti con box ed esposti, rispettivamente. Questi composti sono responsabili dei sapori di vaniglia, chiodo di garofano, mandorla, balsamico, resinoso e muschio (Tamborra et al., 2011). Le uve nei box hanno avuto un aumento del 141% di benzenoidi rispetto alle uve esposte. Tuttavia, l'alcol benzilico e il 2-feniletanolo, i costituenti principali, sono stati trovati in basse quantità, se comparate con le quantità trovate in altre cultivar coltivate nel Sud Italia (Tamborra, 2007). L'alcol benzilico ha dimostrato la più significativa variazione in concentrazione: nelle uve con box, la sua concentrazione era 666.40  $\mu\text{g}/100$  acini; negli acini net-bagged era 253.60  $\mu\text{g}/100$  acini; nel trattamento esposto, la sua concentrazione era solamente 173.25  $\mu\text{g}/100$  acini. La concentrazione del 2-feniletanolo è incrementata da 173.10  $\mu\text{g}/100$  acini nelle uve esposte a 207.10  $\mu\text{g}/100$  acini nel trattamento con box. In un altro studio avvenuto condotto nel 2013, è stato applicato un trattamento di bunch shading alla cv Koshu (*Vitis sp.*), vitigno giapponese a bacca rosa e Chardonnay (*Vitis vinifera* L.) in un vigneto sperimentale a Higashi-Hiroshima, Giappone. L'ombreggiamento è stato applicato nel periodo che andava da 2 settimane prima dell'invasatura fino alla raccolta (6 settimane dopo l'invasatura), usando un box a prova di luce designato per eliminare completamente la luce attraverso l'uso di teli neri di polipropilene (0.7 mm), ed eliminando anche il flusso d'aria (Bahena-Garrido et al., 2018). Gli acini del Koshu erano il doppio del peso di quelli dello Chardonnay sotto le condizioni di coltivazione usate nello studio, e avevano anche concentrazioni minori di TSS e livelli più alti di TA, che sono caratteristiche naturali del Koshu. I trattamenti ombreggiati

risultavano avere minori concentrazioni di TSS, e livelli di TA più alti, e minori rapporti TSS/TA in entrambi le cv ma in particolare nel Koshu a 6 WAV (settimane dopo l'invasatura), e nello Chardonnay a 3 e 6 WAV, e questo era coerente con i risultati di uno studio precedente di Dookozlian e Kliewer (1996). È stato trovato da Bahena-Garrido et al., che il bunch shading ha ridotto significativamente l'accumulo dei norisoprenoidi come il vitispirano A, il TDN, il TPB e gli actidinoli a 3 e 6 WAV in entrambe le cultivar. L'ombreggiamento ha influenzato significativamente anche l'accumulo dei terpenoidi. Il linalolo, che è il terpene dominante nello Chardonnay, è stato il più influenzato dall'assenza della luce, con livelli che sono diventati quasi nulli alla raccolta. In contrasto, l'ombreggiamento ha avuto minore effetto sugli altri composti terpenici, con l'accumulo di terpinen-1-olo, terpinen-4-olo e mirtenolo, che sono stati trovati in particolare nel Koshu e hanno subito una leggera riduzione. C'è stata una significativa riduzione nell'accumulo dei flavonoli negli acini di Chardonnay e Koshu nelle condizioni di ombreggiamento, anche se l'effetto è stato minore nella seconda cv. L'ombreggiamento ha anche ridotto la concentrazione di stilbeni negli acini di Chardonnay, che contenevano livelli significativamente più elevati di questi composti (primariamente nella forma di *trans*-resveratrolo) rispetto agli acini di Koshu.

### **1.2.2 Ombreggiamento dell'intera chioma o di una porzione della chioma con l'utilizzo di reti**

Gli effetti dei livelli di esposizione della chioma sulla composizione fenolica e gli aspetti aromatici, di profumo, e gustativi del vino sono stati esaminati in Australia (Irak, Victoria) sulle cv Cabernet Sauvignon e Syrah (Joscelyne, et al., 2007). I trattamenti di esposizione della chioma, applicati nella stagione 2003-2004, includevano: controllo (pratica di gestione del vigneto standard); esposto, che aveva la chioma posizionata verticalmente (è stato ottenuto con un filo di contenimento della vegetazione posto a 600 dal filo di banchina); altamente esposto (usando un filo di contenimento della vegetazione come in esposto ed effettuando una defogliazione nella zona dei grappoli); ombreggiato, per il quale la chioma innalzata come nei due casi precedenti è stata coperta con un telo ombreggiante (70% di estinzione della radiazione incidente) applicato ad entrambi i lati del filare a coprire sia le foglie sia i grappoli dei primi 600 mm dal filo di banchina. Sia nel trattamento altamente esposto che in quello ombreggiato, la rimozione delle foglie è stata condotta nella zona dei grappoli. Nel trattamento altamente esposto, lo scopo era di incrementare l'esposizione dei frutti alla luce del sole. Nel trattamento ombreggiato, la rimozione delle foglie era designata

a creare un confronto per gli acini altamente esposti, senza incrementare l'esposizione dei frutti alla luce del sole. L'ombreggiamento dei primi 600 mm di chioma associato alla rimozione delle foglie della zona dei grappoli ha ridotto la capacità fotosintetica delle viti mostrando effetti additivi delle due tecniche. Nella cv Syrah, l'invasatura si è verificata 7 settimane dopo l'allegagione nei trattamenti controllo, esposto e altamente esposto, mentre in quello ombreggiato è avvenuta con una settimana di ritardo. Nel Cabernet Sauvignon, l'invasatura del controllo è anche avvenuta 7 settimane dopo l'allegagione; tuttavia, l'invasatura dei trattamenti esposto e altamente esposto non si è verificata prima della settimana seguente, e nel trattamento ombreggiato è avvenuta 9 settimane dopo l'allegagione. I mosti di Cabernet Sauvignon e Syrah mostravano livelli di zuccheri inferiori nei trattamenti altamente esposto ed ombreggiato, paragonati con il controllo. Ciò si è riflesso nella concentrazione finale di alcol del vino prodotto da queste uve. Il trattamento ombreggiato aveva livelli di zuccheri del mosto più bassi di quelli degli acini altamente esposti. Il decremento dei livelli di zuccheri negli acini dei trattamenti ombreggiato e altamente esposto era probabilmente il risultato della ridotta capacità fotosintetica delle viti (Rojas-Lara, et al., 1989). Solo nella Syrah, il pH del mosto dell'uva altamente esposta e di quella ombreggiata era più alto rispetto a quello del mosto di controllo e uva esposta. A sua volta, il pH del mosto degli acini ombreggiati, era più alto del pH del mosto degli acini altamente esposti. La TA di tutti i trattamenti applicati su Syrah, era minore rispetto al controllo, e la TA dei trattamenti ombreggiato e altamente esposto era inferiore a quella dell'esposto. Nel caso del Cabernet Sauvignon, la TA del mosto degli acini ombreggiati era più elevata di quella degli altri trattamenti, e non c'era differenza di pH tra i vari trattamenti. Sia nel Cabernet Sauvignon che nella Syrah, i livelli di alcol erano più alti nel vino prodotto dai frutti esposti e di controllo, comparati con gli altamente esposti e gli ombreggiati. In più, per entrambe le cv, i livelli di alcol nei vini prodotti dal trattamento ombreggiato erano inferiori a quelli dei vini del trattamento altamente esposto. I vini di Cabernet Sauvignon e di Syrah presentavano i più bassi livelli di polimeri pigmentati totali nel caso del trattamento ombreggiato (e defogliato). Ciò era coerente con i ridotti livelli di tannini e fenoli totali nei vini fatti da questi frutti. In entrambi i vini di Cabernet Sauvignon e Syrah, la densità di colore dei vini era inferiore per il trattamento ombreggiato, coerentemente al lavoro precedente sulla Syrah (Ristic, et al., 2007). Questo era anche coerente con il livello inferiore delle antocianine totali in questi vini e nei vini del lavoro di Ristic et al. del 2007. La quantità inferiore di fenoli totali negli acini del trattamento ombreggiato poteva essere dovuta alla ridotta biosintesi in condizioni di luce decrementata. Normalmente le antocianine



aumentano con l'incremento di luce; però, ad alti livelli di esposizione l'incremento di temperatura degli acini risulta in ridotto accumulo delle antocianine e persino degradazione (Downey et al., 2004). La spiegazione più verosimile dei risultati osservati è che la combinazione di ombreggiamento e defogliazione risulta in un sostanziale decremento di capacità foto sintetica delle viti, quindi ridotto accumulo di metaboliti primari (per esempio zuccheri) e secondari (flavonoidi, ecc.). Sulla base di ricerche che hanno mostrato aumenti in alcune classi di fenoli con l'incremento dell'esposizione del grappolo, sarebbero stati attesi livelli di fenoli più alti in vini prodotti da trattamenti esposti e altamente esposti. Tuttavia, questo non è stato il trend osservato, perché i livelli di fenoli in quei vini non differivano significativamente rispetto ai vini di controllo. I vini prodotti con uve ombreggiate risultavano meno astringenti di quelli prodotti con uve di controllo, esposte o altamente esposte. I vini di uve ombreggiate avevano livelli inferiori di tannini totali; infatti, la concentrazione dei tannini è fortemente correlata con l'astringenza percepita. Osservazioni simili, sono state fatte per vini di Syrah prodotti con frutti cresciuti in condizioni di completa oscurità (Ristic et al., 2007). Infatti, il livello di tannini totali era inferiore nei vini prodotti da uve ombreggiate comparate con il controllo. I vini prodotti con gli acini ombreggiati avevano anche minori punteggi per sensazioni in bocca di ruvido e granuloso, caratteri che non sono stati identificati nello studio di Joscelyne. In quest'ultimo studio, l'amarezza non è stata percepita in nessuno dei vini di Syrah, ma quelli del Cabernet Sauvignon prodotti da acini ombreggiati erano percepiti come meno amari dei vini fatti dalle uve di altri trattamenti. A differenza dell'astringenza, non era possibile correlare i cambiamenti in amarezza con nessuna delle misure chimiche. I monomeri dei flavan-3-oli hanno, a quanto pare, un carattere di amaro, e questa sensazione incrementa all'aumentare della concentrazione di alcol (Noble, 1994); tuttavia, i flavan-3-oli non sono stati misurati in questo studio di Joscelyne. Anche se i flavan-3-oli non sono stati misurati direttamente, essi possono essere inclusi nella determinazione dei fenoli totali (Harbertson and Spayd, 2006). Paragonati ai vini di Syrah, i fenoli totali erano intorno al 50% più alti nei vini di Cabernet Sauvignon, per questo l'amarezza è stata individuata nei vini di Cabernet Sauvignon e non in Syrah. Inoltre, il livello di fenoli totali nel vino di Cabernet Sauvignon prodotto con acini ombreggiati era più basso che in ogni altro trattamento, il che può spiegare la minore percezione di amarezza in questo vino. In più, nel vino prodotto da acini ombreggiati di Cabernet Sauvignon, l'alcol era minore. Presi insieme, ridotti fenoli totali, che possono rappresentare ridotti flavan-3-oli, e minore alcol, il quale ridurrebbe l'amarezza percepita dei flavan-3-oli, erano coerenti con la minore amarezza percepita nel vino prodotta da acini

ombreggiati di Cabernet Sauvignon. In questo studio, anche numerosi caratteri degli acini erano differenti. Nella Syrah, il profumo di frutti scuri era minore nel vino fatto con acini ombreggiati, rispetto a tutti gli altri trattamenti, mentre tra gli altri trattamenti non c'era differenza in questo attributo. Precedentemente, nei vini prodotti da acini di Syrah ombreggiati, il profumo generale di frutta e la sua persistenza erano ridotti (Ristic, et al., 2007). Nonostante la persistenza non fosse stata differente tra i vini di Cabernet Sauvignon, c'erano differenze in un certo numero di profumi di frutta e caratteri aromatici. Generalmente, tutti questi erano più bassi nei vini prodotti da acini ombreggiati. Anche se i livelli minori di ogni metabolita secondario nei vini fatti da acini ombreggiati possono essere stati una conseguenza della minore maturità dell'acino, livelli inferiori di qualche componente dell'aroma dei profumi suggeriscono che il loro metabolismo può essere sotto il controllo della luce. I norisoprenoidi sono una classe di metaboliti secondari che sono stati identificati come contributori ai profumi e le caratteristiche aromatiche dei vini (Francis and Newton, 2005). Varie ricerche hanno dimostrato che l'accumulo dei norisoprenoidi aumenta all'incrementare dell'esposizione del grappolo (Morrison and Noble, 1990; Ristic et al., 2007; Marais et al., 1991; Bureau et al., 2000). Anche se i risultati del lavoro di Joscelyne tendono a supportare l'osservazione che i componenti di profumo e aroma sono propensi ad essere più bassi nei vini prodotti da acini ombreggiati, il postulato inverso non è stato osservato generalmente, con l'eccezione dell'aroma di mora percepito, che era maggiore nei vini di Cabernet Sauvignon ottenuti con uve altamente esposte, relativamente al trattamento esposto. In questo studio, non è stato percepito l'incremento in alcun attributo di profumo o aroma tra il controllo e i vini prodotti da uve esposte o altamente esposte. Un altro studio sul canopy shading, è stato condotto sulla cv Cabernet Franc, a St. Catharines in Canada, con l'utilizzo di reti resistenti per la protezione da uccelli (Gintec Shade Technologies Inc., Windham Centre, ON) fatte di polietilene ad alta densità UV-stabilizzato, di una profondità di 1.1 m (Pagay et al., 2013). Le reti sono state applicate ai seguenti stadi fenologici: post-fioritura (28 Giugno 2004), chiusura del grappolo (5 Agosto 2004), ed approssimativamente invaiatura (19 Agosto 2004). In questo studio, è stato usato anche un trattamento di controllo senza rete. La resa per vite non è stata influenzata significativamente dalle reti, eccetto quando sono state applicate intorno alla chiusura del grappolo (trattamento di metà stagione); c'è stato un incremento del 47% nella resa della vite per il trattamento di metà stagione paragonato al controllo. Il numero dei grappoli ed il loro peso nel trattamento di metà stagione erano anche questi più alti tra i trattamenti, il che avrebbe contribuito alla maggiore resa totale della vite trovata in questo trattamento; tuttavia, la ragione di queste differenze è

incognita. Anche se non significativamente differenti, i pesi dei grappoli erano approssimativamente del 14-21% più alti nelle viti con rete comparate globalmente con le viti di controllo, a causa della predazione di uva da parte degli uccelli nelle viti senza reti. I dati della resa erano generalmente inconcludenti possibilmente a causa del fatto che le reti sono state installate lo stesso anno (2004) della raccolta dell'uva e, inoltre, non avrebbero influenzato lo sviluppo dell'infiorescenza quell'anno ma forse la stagione successiva. I pesi più elevati dei grappoli delle viti con rete potrebbero essere stati dovuti alle migliori condizioni di allegagione, con la rete che ha ridotto gli effetti potenzialmente dannosi di vento e pioggia. Il beneficio della rete come frangivento è stato suggerito da numerosi ricercatori per il miglioramento dell'allegagione (Dry, 1993; Dry et al., 1989; Ewart et al., 1987; Kobriger et al., 1984). Si pensa che l'applicazione della rete poco dopo la fioritura potrebbe influenzare avversamente l'iniziazione dei grappoli fiorali e l'allegagione dell'anno corrente, come anche il potenziale raccolto nell'anno seguente. Questo potrebbe potenzialmente spiegare il maggiore numero di grappoli per vite ed i maggiori pesi dei grappoli che sono stati osservati in questo studio nelle viti con reti. È noto che livelli più bassi di luce nella chioma (foglie e grappoli) impattano negativamente sulla fotosintesi e la produzione dei carboidrati e quindi l'accumulo di zuccheri negli acini (Reynolds et al., 1986; Smart et al., 1985; Smart et al., 1987). Questo conferma l'evidenza che l'ombreggiamento di foglie e grappoli abbassa entrambe le concentrazioni di fruttosio e glucosio negli acini (Morrison, 1988). Il trattamento di metà stagione ha avuto i più bassi livelli di solidi solubili possibilmente a causa di un repentino incremento nell'ombreggiamento da parte della rete, direttamente e indirettamente, nel momento in cui l'accumulo degli zuccheri negli acini non era iniziato. Una volta che l'accumulo degli zuccheri incomincia all'invaiaura, il processo è irreversibile (Coombe and Iland, 1987) anche se l'ombreggiamento in questa fase potrebbe influenzare la velocità di accumulo degli zuccheri e il livello finale di solidi solubili (Morrison, 1988). I valori di pH erano leggermente più bassi nelle viti con rete, come la TA. Questo potrebbe essere stato dovuto ai livelli inferiori di luce nella chioma, l'ombreggiamento incrementato, e possibilmente la concentrazione più alta di acido malico nei frutti. Berqvist et al. (2001) suggerirono che la temperatura potrebbe avere un ruolo più importante nell'influenzare il pH di quanto lo faccia l'esposizione alla luce. È interessante notare, tuttavia, che i valori di TA erano più alti nel trattamento di controllo rispetto ai trattamenti di rete, ciò confonde la letteratura menzionata precedentemente. L'intensità di colore era simile tra i trattamenti, con livelli leggermente più alti solo nel trattamento di controllo, probabilmente per la maggiore esposizione degli acini alla luce del sole. Come

atteso, i fenoli totali erano generalmente inferiori nei trattamenti di rete, con l'eccezione dell'inusuale alta concentrazione fenolica nel trattamento di invaiatura. Analizzando la composizione del mosto, è stato osservato che i solidi solubili erano più alti nel controllo (senza rete) e sono decrementati linearmente con il tardare dell'applicazione del trattamento nella stagione. Le differenze tra il trattamento di post-fioritura ed il controllo sono state le minori tra tutti i trattamenti con rete. Applicazioni precoci della rete hanno creato maggiore ombra in anticipo, durante la crescita attiva dei germogli della vite; le viti hanno risposto all'effetto ombreggiante facendo crescere germogli più lunghi con un maggiore numero di foglie, quindi abili a produrre una quantità più elevata di carboidrati per gli acini. La crescita dei germogli generalmente rallenta prima dell'invaiatura, quindi l'applicazione di reti in questa fase non risulta in una crescita incrementata di germogli per compensare del minore ambiente di luce della chioma. Inoltre, l'ombreggiamento tendeva ad essere maggiore quando le reti sono state abbassate più tardi nella stagione, così i germogli più lunghi e le foglie più larghe venivano compressi dalle reti. Osservando le analisi del mosto, la TA non era differente tra i trattamenti anche se leggermente più alta nelle viti ombreggiate possibilmente a causa della maggiore concentrazione di acido malico per le più basse temperature nella zona fruttifera. I valori di pH erano solo leggermente diversi tra i trattamenti; più tardi il trattamento di metà stagione (rete) e quello d'invaiatura hanno mostrato alcune minori differenze con il controllo e il trattamento di post-fioritura. Le concentrazioni elevate di potassio causate dall'ombreggiamento di foglie e grappoli potrebbero avere avuto un ruolo nel determinare il pH del mosto. Uno studio trovò che l'ombreggiamento risultò in concentrazioni di potassio più elevate e conseguentemente maggiore pH (Morrison, 1988). Il colore e la tinta erano considerevolmente più bassi nei trattamenti con rete come un risultato della ridotta intercettazione di luce da parte dei grappoli e le foglie, confermando i risultati di Archer e Strauss (1989) e Coombe e Iland (1987). I pigmenti fenolici, o le antocianine, erano più alti nel mosto del controllo e più bassi in quello del trattamento di post-fioritura. Le concentrazioni di fenoli totali erano più alte nei trattamenti di invaiatura e di controllo e più basse nei trattamenti di post-fioritura e metà stagione. Non c'erano differenze tra i mosti di controllo e quelli dei trattamenti di post-fioritura, comparandoli con i due trattamenti di rete più tardivi. Le antocianine totali e fenoli erano in molti casi leggermente più bassi nei trattamenti di rete, una probabile conseguenza della ridotta intercettazione della luce, confermata da altri studi (Berqvist et al., 2001; Dokoozlian and Kliewer, 1996; Ristic et al., 2007). Nei vini, il pH era maggiore per quelli di controllo e più basso nei vini di rete, mentre la TA era più bassa nei trattamenti di controllo e

post-fioritura comparati con i trattamenti di rete più tardivi. Il minore pH e la più alta TA nei trattamenti di rete erano probabilmente dovuti agli effetti di ombreggiamento sui grappoli come anche la minore temperatura dei grappoli. La maggiore TA è stata attribuita alle più elevate concentrazioni di acido malico derivate dalle più basse temperature dell'acino (Lakso and Kliewer, 1975; 1978). I risultati confermano una prova simile dell'utilizzo di reti condotta a Marlborough, Nuova Zelanda, in cui l'applicazione della rete ha decrementato la temperatura della zona degli acini e aumentato la TA. Con l'aumentare delle temperature degli acini, gli enzimi precursori dell'acido malico fosfoenolpiruvato (PEP), carbossilasi e malato deidrogenasi, vengono inattivati e ciò è seguito da un concomitante incremento in enzima malico responsabile della degradazione dell'acido malico. La senescenza prematura delle foglie basali potrebbe avere contribuito all'ottenere più basso pH negli acini e nel vino. L'applicazione di reti ha avuto un sostanziale effetto sulla concentrazione di acido caffeico, la quale era minore nei trattamenti con rete rispetto al controllo. Curiosamente, la concentrazione di acido caffeico era più alta di quella di acido caftarico, nonostante le differenze tra i trattamenti erano meno marcate. Questo suggerisce che l'idrolisi dell'acido caftarico a caffeico potrebbe essere mediata dalla luce, tra altri fattori, e l'ombreggiamento incrementato porterebbe ad avere minori concentrazioni di acido caffeico. La quercetina, un importante flavonolo nelle uve, viene sintetizzato presto nello sviluppo dell'acino ed era più alta nelle viti in cui le reti venivano messe più tardi, rispetto alle viti in cui le reti erano applicate presto, possibilmente come una conseguenza diretta dei maggiori livelli di luce nella chioma presenti prima dell'applicazione delle reti. La sintesi della quercetina è luce-dipendente e studi sul Pinot Nero hanno mostrato elevate concentrazioni di quercetina con un'esposizione dei grappoli incrementata (Price et al., 1995). Questi risultati sono coerenti con il lavoro di Downey et al. (2004), che ha mostrato che l'espressione genica della flavonolo sintasi (FLS) incrementava molto alla fioritura e durante la maturazione dei frutti nei grappoli esposti ma decrementava nei grappoli ombreggiati di Syrah. Lo studio di Downey et al. ha anche scoperto che l'espressione di VvFLS1, il gene codificante la FLS, che inizia la biosintesi dei flavonoli, era sotto regolato considerevolmente dall'ombreggiamento e quindi è regolato dalla luce. Risultati simili in risposta all'esposizione della luce, sono stati riportati in altri frutti, inclusi mela (Yuri et al., 2010), pomodoro (Torres et al., 2006), e fragola (Josuttis et al., 2010). Dato che le concentrazioni di quercetina erano maggiori nei trattamenti ombreggiati tardivamente, i quali sono stati soggetti a un ombreggiamento più importante, questo suggerisce che la biosintesi della quercetina avviene presto nel processo di sviluppo dell'acino piuttosto che durante la

maturazione, cioè nel post-invaiatura. Considerando il tempo dell'applicazione delle reti e basandosi sui risultati dello studio di Pagay et al. (2013), è raccomandato applicare le reti sulla chioma poco dopo la fioritura per minimizzare gli effetti negativi della loro applicazione sulla composizione degli acini e mantenere la resa. Uno studio sull'ombreggiamento di una porzione della chioma è stato condotto negli anni 2010-2012 in Douro, Portogallo sulla cv Touriga Nacional (Oliveira et al., 2014). Sono state scelte 30 file in modo casuale. 10 sono state ombreggiate da dopo l'allegagione fino alla maturazione (Sf), 10 sono state ombreggiate dall'invaiatura alla maturazione (Sv), e 10 sono state lasciate non ombreggiate (So). Nel lato affacciato verso sud, il terzo inferiore della chioma (cioè, da terra fino a circa 20 cm sopra il punto d'inserzione dei grappoli) era coperto da un doppio strato di rete di plastica bianca, prodotta da monofilamenti di HDPE (polietilene ad alta densità). La rete riduceva la radiazione totale del 23%, mentre la PAR veniva ridotta del 27%. L'ombreggiamento non ha avuto effetto sulle fasi fenologiche delle viti, come osservato da altri autori (per esempio Greer e Weedon, 2012). Le viti non ombreggiate avevano in maniera consistente una resa significativamente minore di quelle ombreggiate. Non c'era nessuna differenza significativa nel numero dei grappoli per vite tra i due trattamenti di ombreggiamento e la resa più bassa per le viti non ombreggiate (So) può essere attribuita al maggiore numero di acini appassiti per grappolo (il doppio più alti dei livelli sperimentati con le viti ombreggiate), mentre non sono state trovate differenze significative di resa tra Sf e Sv. L'ombreggiamento non previene totalmente l'appassimento perché questo fenomeno è causato anche da altri fattori oltre alla alta radiazione, come lo stress idrico (Bondada and Shutthanandan, 2012). È stato osservato che la senescenza delle foglie cominciava nella parte ombreggiata della chioma subito dopo l'invaiatura, quasi 3 settimane prima che nelle viti non ombreggiate, e progrediva molto più velocemente. Alla raccolta So aveva un'area fogliare totalmente significativamente più alta di Sf e Sv. La riduzione di luce disponibile risulta in senescenza delle foglie (Lers, 2007) ed è la probabile causa della perdita di area fogliare. L'area fogliare totale al di sopra del range misurate sembra non avere influenza significativa sulla resa. Le caratteristiche del mosto erano quelle tipiche dei vigneti di clima caldo, specialmente gli elevati solidi solubili e la bassa TA (Pereira et al., 2006, López et al., 2007). Complessivamente, l'ombreggiamento non ha avuto influenza significativa su questi parametri. Il trattamento di ombreggiamento ha chiaramente causato una riduzione significativa di TA e EA, ma non ha avuto un effetto significativo sul PI. Considerando i costi del canopy shading, applicare a 1 ettaro il tipo di reti ombreggianti usate nella ricerca di Oliveira et al. potrebbe costare 3000 €, e le reti dovrebbero durare almeno 10 anni. Installare

e rimuovere le reti ogni anno costerebbe intorno ai 150 €/ha. L'ombreggiamento potrebbe incrementare la resa di circa 2500 kg/ha, che corrisponde a 4325 €, ipotizzando un prezzo di 1.73 €/kg d'uva (IVDP, 2012). Oliveira et al. hanno concluso che i mosti degli acini ombreggiati non erano significativamente differenti da quelli degli acini non ombreggiati, eccetto che nella concentrazione di antocianine, che l'ombreggiamento ha ridotto significativamente. Il valore aggiunto delle maggiori rese potrebbe permettere ai viticoltori di compensare il costo delle reti e la loro installazione e persino incrementare i loro ritorni economici. Anche in un altro studio sono state utilizzate delle reti di colore bianco, con il 62% di ombreggiamento in un vigneto di Syrah a Adelaide, in Australia (Caravia et al., 2016). In questo caso i trattamenti sono stati applicati dall'invasatura fino alla raccolta. Sono stati imposti dei trattamenti di: OS (overhead shading) in tutte le stagioni dello studio (2012-2015), nel quale la rete era sospesa 50 cm sopra la parte apicale della chioma; CS (side canopy shading) nella stagione 2013-2014, che in quel caso era applicata utilizzando una struttura trapezoidale di legno montata ad ogni palo per supportare la rete e lasciare spazio per uno strato d'aria tra la rete e la chioma ed ombreggiava il 50% del lato est della chioma, mentre il lato ovest era ombreggiato completamente. La parte apicale e la parte basale erano aperte. È stato testato anche un trattamento di SS (soil shading), che consisteva in una rete ombreggiante che copriva il terreno in entrambi i lati della chioma; inoltre sono stati applicati anche il FCS (full canopy shading), cioè l'ombreggiamento della chioma intera e il BS (bunch shading) nella stagione 2012-2013. Alcune differenze nell'aspetto della chioma sono state viste tardi nella prima stagione, dove le foglie delle viti di controllo erano di colore verde pallido mentre quelle del trattamento OS erano di colore verde chiaro. L'osservazione è stata confermata dalla misura del CCI a 116 giorni dopo l'antesi, dove è stato trovato che le viti C (controllo) avevano in media il 75.5% del CCI delle viti ombreggiate ( $C = 19.96 \pm 0.7$  CCI units;  $OS = 26.45 \pm 0.7$  CCI units,  $n = 48$ ). Questo trend è stato confermato nella stagione 2 (2013-2014), in cui è stato trovato che il CCI decrementava nelle viti C e incrementava nelle viti OS. Nei risultati, i TSS erano significativamente minori negli acini delle viti OS rispetto a quelli delle viti C in tutte e tre le stagioni, essendo in media 1.5°Brix più bassi. Nella S2 (stagione 2), i trattamenti OS e CS avevano un tasso di accumulazione dei TSS significativamente più basso di quello dei trattamenti C e SS. La massa fresca dell'acino è stata incrementata significativamente dal trattamento OS, se comparata con quella del trattamento C nelle S1 (stagione 1) e S2; comunque, è stata osservata una perdita in massa in entrambe le stagioni nel trattamento OS e nel C intorno a 90 DAA. Nella S1, non c'è stata differenza tra OS e C nel decremento di massa fresca, ma

nella S2, più calda, il calo in massa dell'acino si è verificato prima e con un'estensione più importante rispetto a quello del trattamento OS. Gli acini del trattamento OS, avevano un contenuto di acqua significativamente più alto, se comparato con quello degli acini C, e questa tendenza è stata coerente e significativa per tutte e tre le stagioni. Gli acini OS avevano minore pH e TA maggiore degli acini C, e mentre il pH incrementava all'avanzare dello sviluppo dell'acino, la TA decrementava. È stato osservato che il trattamento OS ha ridotto la morte delle cellule dell'acino e la disidratazione. Il trattamento OS, nello studio di Caravia et al., è stato il più efficace, portando a un decremento consistente nella temperatura massima e in minore VPD nella zona dei grappoli interna alla chioma. La mancanza di differenza nella temperatura massima negli altri trattamenti probabilmente rivela il ruolo che ha avuto il movimento dell'aria libera sul microclima della chioma. Nel 2016, sono stati studiati gli effetti del canopy shading con reti di diversi colori, all'università di Oakville, California (Martínez-Luscher et al., 2017). Nell'esperimento sono stati applicati 4 trattamenti di ombreggiamento installati il 27 maggio 2016 (31 giorni dopo la fioritura, allo stadio di acino "grano di pepe") e 1 di controllo. I trattamenti di ombreggiamento consistevano in reti di polietilene (Ginegar, Kibbutz, Israele) dei tipi: (I) Pearl, con un fattore di ombreggiamento del 20%; (II) Aluminet, (III) Blu e (IV) Black, che avevano un fattore di ombreggiamento del 40%. Le reti sono state applicate su entrambi i lati della zona fruttifera della chioma. Tra i diversi trattamenti, c'è stata una tendenza ad avere un minore numero di foglie in Aluminet, Blue e Black comparati con il controllo e Pearl. Il numero dei grappoli, la resa e il peso di potatura non sono stati influenzati significativamente dai trattamenti di ombreggiamento. Comunque, il controllo aveva i più alti valori medi di questi tre parametri. Tutti i trattamenti avevano un simile bilancio del peso resa-potatura (Ravaz index). Nello studio, era evidente che la radiazione sotto la rete Aluminet-40% era più alta che sotto altre reti che presentavano una maggiore trasmittanza. Questo potrebbe essere collegato alle caratteristiche proprietà di riflessione di questo materiale. Comunque, nel controllo l'irradianza spettrale era differente dal campo aperto, dove qualsiasi oggetto diverso del suolo avrebbe potuto riflettere le radiazioni sul sensore. Il Black è stato il trattamento più efficace perché aveva delle  $\Delta T$  (differenze di temperatura tra i grappoli e l'aria) di 2.2, 6.8, e 5°C alle ore 13:00, 15:00 e 17:00, rispettivamente. Durante la parte più calda del giorno (ore 15:00), è stato notato che la  $\Delta T$  era 3.7°C più bassa in Black-40% che nel controllo. I TSS del mosto non erano diversi in maniera significativa a qualsiasi punto. Tuttavia, è stata osservata una tendenza il 29 Luglio, dove i TSS erano leggermente minori nei trattamenti Blue-40% e Black-40%, se paragonati con il resto dei trattamenti. Il pH del mosto era significativamente più alto nel controllo che



in Black-40%, incluso il momento di raccolta. Il trattamento Blue-40% aveva un pH significativamente più alto del controllo in data 29 Luglio ma non in ogni altro momento di campionamento. La TA del mosto era significativamente minore nel controllo, paragonandola a quella di Aluminet-40% in 3 momenti di campionamento e Black-40% in 2 punti di campionamento, rispettivamente. L'acidità del controllo era inferiore solamente di 0.6 g/L rispetto al trattamento Black-40% alla raccolta, nonostante il 19 Luglio fosse di 2.7 g/l minore rispetto al Black-40%. Le antocianine della buccia dell'acino sono incrementate rapidamente fino al 19 agosto (21.2°Brix), e da quella data sul Control, Pearl-20%, Aluminet-40% e Blue-40% hanno avuto la tendenza a decrementare, mentre in Black-40% hanno continuato ad incrementare verso la raccolta. Infatti, il trattamento Black-40% aveva maggiori concentrazioni di antocianine rispetto al Control, nelle ultime due date di campionamento. Il contenuto di flavonoli era simile tra i diversi trattamenti alla raccolta. Più o meno nello stesso periodo, in Franciacorta (Italia) sono stati studiati per tre stagioni gli effetti dell'ombreggiamento sulla composizione delle uve di Chardonnay e Pinot Nero (Ghiglieno et al., 2020). L'ombreggiamento è stato applicato quando è avvenuto il 20% dell'invasatura, usando una rete di polietilene stabilizzata ai raggi UV di approssimativamente 95 g/m<sup>2</sup>. La trasmittanza della radiazione solare globale della rete era ridotta del 50%. In questo caso, l'ombreggiamento ha ritardato leggermente la maturazione per entrambi le cv e tutti e tre gli anni di studio. La resa del trattamento ombreggiato è stata più alta in confronto a quella delle viti non ombreggiate, solo nello Chardonnay. Esaminando i risultati ottenuti per i TSS dello Chardonnay, il trattamento ombreggiato ha mostrato un valore più basso di quello esposto. L'acido malico (MA) è stato più alto nelle uve di viti ombreggiate di entrambe le cv, e anche la TA risultava incrementata anche se non differiva significativamente dal controllo nel caso dello Chardonnay. Per quanto riguarda il contenuto fenolico, i flavonoli e le antocianine totali non hanno mostrato differenze significative tra i trattamenti nel caso del Pinot Nero, mentre nello Chardonnay i flavonoli sono stati significativamente minori nelle uve ombreggiate, ma l'acido cinnamico ha avuto concentrazioni più alte in confronto a quelle delle uve esposte alla luce del sole. Secondo Ghiglieno et al., gli effetti dell'ombreggiamento – ritardare la maturazione, preservare la concentrazione di acidi e ridurre il contenuto dei flavonoli – è rilevante in relazione alle questioni enologiche specifiche del Franciacorta: infatti, i vini spumanti necessitano di essere prodotti con uve altamente acide (in termini di elevata acidità titolabile, contenuto di acido malico e basso pH), essendo uve particolarmente colpite da problemi derivanti dal cambiamento climatico in atto.

Più recentemente, nella contea di Manas sono stati valutati gli effetti dell'esclusione della radiazione solare sulla composizione degli acini, e il profilo dei sapori del vino di Cabernet-Sauvignon ai piedi del lato nord dei monti Tianshan, nella provincia di Xinjiang (Lu et al., 2021). In questo studio è stato applicato un trattamento di canopy shading parziale con un telo nero di polietilene che assorbiva il 75% della luce. Questa rete ombreggiante copriva la chioma a circa 1.3 m dalla superficie del suolo, e l'apice è stato attaccato al secondo filo. Il trattamento ST (ombreggiamento) è stato applicato dallo stadio di acino "grano di pepe" (approssimativamente 4 settimane dopo la fioritura) fino alla raccolta nel 2018. L'annata ha avuto alte temperature e poche piogge nell'estate, che è tipico del clima semi-arido continentale di Xinjiang. È stato osservato un decremento in resa e peso dei grappoli nel trattamento ST. Paragonato a UC (controllo), ST risultava in una riduzione di resa di 11.1% e 10.6% di riduzione in peso del grappolo. Questo indica che la riduzione di biomassa è associata ad un decremento della capacità fotosintetica causata dal trattamento ST. Comunque, il rapporto area fogliare/resa è stato incrementato significativamente dal canopy shading parziale. Il numero di semi, il peso dei semi e il peso della buccia non sono stati influenzati dal ST. Il canopy shading parziale ha diminuito significativamente i TSS degli acini dalla seconda data di campionamento. La massima differenza in TSS tra i trattamenti UC e ST è stata 3°Brix nel giorno 8 Agosto, quando gli acini del controllo hanno quasi raggiunto il 100% del loro colore, mentre gli acini ST erano allo stadio di metà invaiatura (approssimativamente al 50% del loro colore). L'uva del trattamento ST è stata raccolta quando ha raggiunto 23.6°Brix di TSS, 15 giorni dopo la raccolta dell'uva di controllo (che alla raccolta aveva raggiunto 23.5°Brix) e l'uva UC aveva dei TSS di 25.5° Brix. Non c'era una differenza significativa tra i due trattamenti nei TSS degli acini alle loro rispettive epoche di raccolta. Gli acini ST avevano una TA più alta e un minore pH degli acini UC. Il canopy shading parziale ha influenzato sia le antocianine che i flavonoli nelle uve, ma ha avuto poca influenza sui flavan-3-oli. Il trattamento ST ha incrementato la concentrazione totale delle antocianine negli acini di 11.2%. L'incremento della concentrazione di antocianine negli acini ST può essere stato un risultato del decremento di peso degli acini, perché non c'è stata nessuna differenza significativa tra i contenuti di antocianine di ogni acino ST e UC. Nello studio di Lu et al. (2021), mentre la radiazione solare decrementata era un fattore sfavorevole alla biosintesi delle antocianine, un piccolo stress di temperatura nei grappoli ST è stato benefico per la biosintesi delle antocianine; gli effetti combinati hanno portato a differenze non significative nel contenuto di antocianine di ogni acino. I flavanoli sono stati diminuiti dall'ombreggiamento, e il contenuto dei flavonoli è decrementato

significativamente. L'ombreggiamento ha incrementato significativamente nei vini le concentrazioni di norisoprenoidi, etil esteri, esteri acetati e acidi grassi, ma ha diminuito in maniera significativa le concentrazioni di benzeni, alcoli superiori e altri esteri. Con il trattamento ST sono state incrementate significativamente le intensità di molte serie di aromi eccetto l'aroma erbaceo, che era principalmente degli alcoli C<sub>6</sub>. Le intensità di aromi come fruttato, caramello e arrostito, sono state incrementate dal canopy shading parziale, che è stato benefico per il profilo sensoriale del vino. Il vino, però, aveva un colore insoddisfacente. Secondo Lu et al., la durata del trattamento di ombreggiamento avrebbe bisogno di essere accorciata per superare gli effetti negativi che potrebbe causare.

L'ombreggiamento permette di generare un microclima più fresco e proteggere i grappoli dalle scottature e ridurre lo stress idrico diminuendo l'evapotraspirazione per affrontare meglio i periodi di siccità prolungata quando le scorte idriche sono limitate. Questa tecnica può essere utilizzata per mitigare l'impatto delle alte temperature, le quali portano ad accelerare la maturazione, avere vini con una maggiore concentrazione alcolica ed uve con minore acidità totale, ridotti aromi e pH più elevato. L'ombreggiamento può anche influenzare la composizione delle uve, infatti numerosi studi hanno mostrato che uve cresciute in condizioni di bassa luminosità raggiungono più tardi la maturazione, hanno un ridotto contenuto di solidi solubili (quindi la concentrazione di zuccheri è minore e i vini che verranno prodotti da queste uve saranno meno alcolici), un minore pH, una maggiore acidità totale e una maggiore concentrazione di acido malico, componente essenziale in un'ottica di vinificazione per vini bianchi, anche frizzanti, e/o base spumante, rispetto a uve coltivate in condizioni di alta luminosità. Alcuni studi hanno associato l'ombreggiamento artificiale ad un incremento in potassio, anche se studi più recenti hanno riportato che questa pratica non influenza significativamente tale parametro. Per quanto riguarda gli antociani, essi vengono ridotti in maniera marcata dall'ombreggiamento. Anche i flavonoli possono essere ridotti. Recentemente è stato accertato che questi risultati sono imputabili maggiormente all'ombreggiamento delle foglie piuttosto che a quello dei grappoli e con riferimento ai flavonoidi questi effetti sono principalmente collegati all'espressione dei geni responsabili della loro biosintesi. Inoltre, l'ombreggiamento può influenzare anche la concentrazione dei componenti aromatici, come per esempio i C<sub>13</sub>-norisoprenoidi, i benzenoidi e il 2-feniletanolo. Alcuni studi hanno dimostrato che la sintesi dei componenti aromatici, come i monoterpenoidi e i C<sub>13</sub>-norisoprenoidi, può essere promossa regolando l'esposizione alla luce intorno ai grappoli (Bahena-Garrido, et al., 2018). Tre anni consecutivi di overhead shading sull'uva di Syrah hanno mostrato che l'ombreggiamento della chioma può ridurre in

maniera significativa la morte delle cellule degli acini e la perdita di peso degli acini, e proteggere le viti dallo stress da caldo. La temperatura degli acini dei grappoli pienamente esposti aumenta con la temperatura dell'aria più velocemente rispetto ai grappoli moderatamente esposti o ombreggiati, rispecchiando la maggiore radiazione incidente sulla loro superficie. È raccomandato che la rete sia applicata sopra la chioma poco dopo la fioritura, per minimizzare gli effetti negativi dell'ombreggiamento artificiale sulla composizione dei frutti e mantenere la resa. Recentemente è stato messo in evidenza che anche il colore delle reti schermanti può influire sul decorso della maturazione dell'uva: nella cultivar Red Globe è stato infatti rilevato che, contrariamente alle reti bianche, quelle di colore rosso e nero ritardano l'accumulo degli zuccheri e la maturazione (Stamps, 2009).

### **1.3 Scopo della tesi**

Lo scopo della tesi è di studiare l'effetto dell'ombreggiamento sull'andamento della maturazione dell'uva della cv Verdicchio, in termini di concentrazione zuccherina, acidità titolabile e pH, sulla composizione dell'uva al momento della vendemmia e di verificare se la pratica dell'ombreggiamento ha effetti positivi sui vari componenti dell'uva al fine di ottenere vini bianchi con ridotto contenuto alcolico e acidità sostenuta.

## CAPITOLO 2

### MATERIALI E METODO

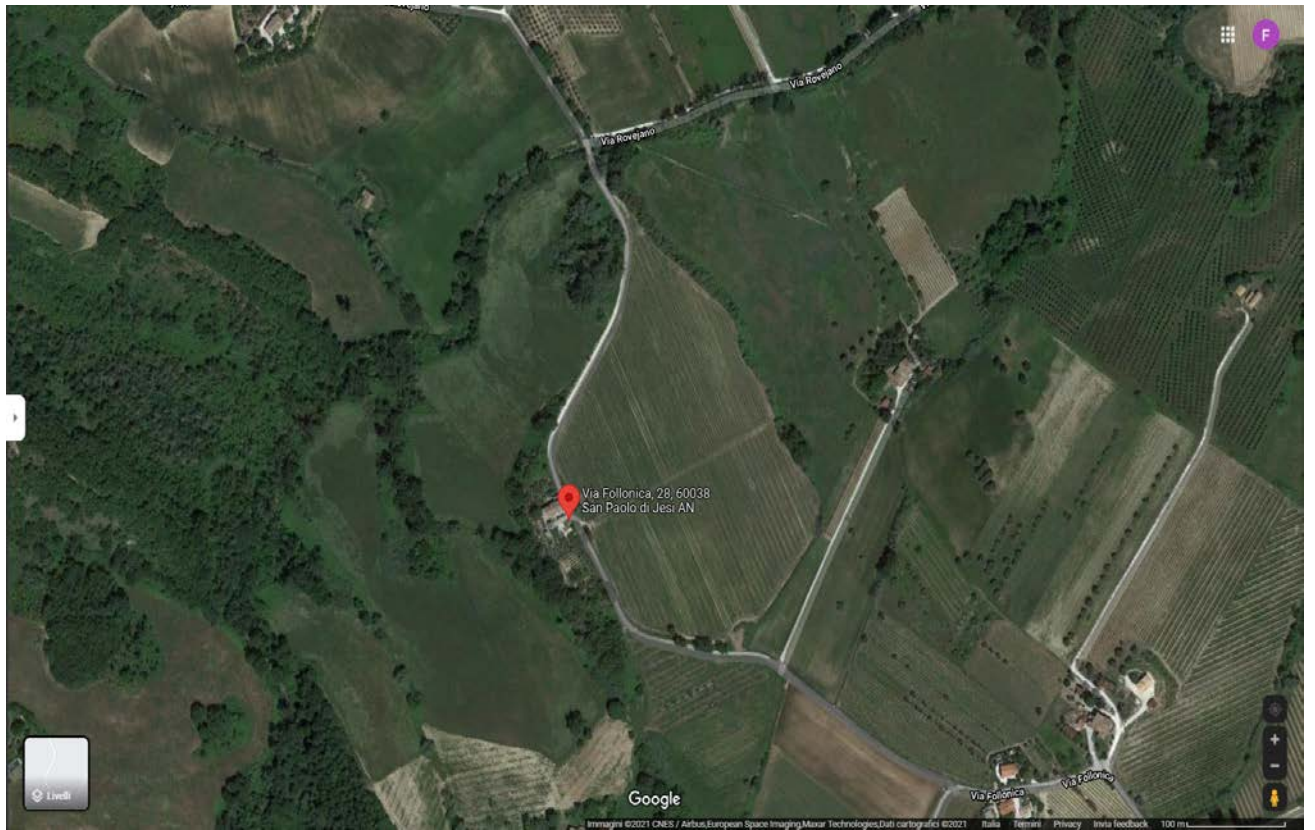
Lo studio è stato condotto su un vigneto di 1 ha gestito in agricoltura biologica e localizzato in Via Follonica, 28, San Paolo di Jesi (AN), all'interno dell'area della denominazione "Verdicchio dei Castelli di Jesi" (figura 2-1). Le viti sono state piantate nel 2017 con talee certificate virus esenti della cv Verdicchio, innestate su un portinnesto 420A, orientate in direzione nord-sud e piantate ad una distanza di 1.10 m tra le viti e 3 m tra le file (3030 viti/ha). La forma di allevamento delle viti è il Guyot semplice, con il capo a frutto posizionato a 0.90 m dal suolo, la prima coppia di fili a 0.25 m al di sopra del filo di banchina, un filo a 0.20 m da quest'ultima, e un'altra coppia di fili a 0.35 m da quest'ultimo filo. Il palo è di 1.80 m di altezza. La resa per vite è stata misurata alla vendemmia, il 10 Settembre 2021, quando i grappoli sono stati raccolti e il numero totale di grappoli per vite è stato contato e pesato nelle due tesi (controllo e schermato).

In data 17 giugno 2021, al termine dell'allegagione, una rete nera (Valente Srl, Padova, Italia) in polietilene ad alta densità (HDPE 100%), con tessitura monofilo e maglia indeformabile rettangolare di 2.8x8 mm, è stata applicata sui due lati di un filare con lo scopo di proteggere le viti dagli eventi meteorici e di ridurre la radiazione solare incidente sulla chioma delle piante (figura 2-2). Le dimensioni della rete non variano quando è sottoposta ai carichi della grandine. La rete nera ha una grande resistenza meccanica, una lunga durata (10 anni garantiti) e un ombreggiamento del 15%.

Il peso medio dell'acino (PMA), l'accumulo zuccherino (solidi solubili totali), l'acidità titolabile e il pH degli acini sono stati misurati settimanalmente dal 29 Luglio (DOY 210) fino all'8 Settembre (DOY 251) su un campione singolo di 100 acini per tesi. Il pH e l'acidità titolabile non sono stati misurati nel DOY 225 (13/08/2021). I solidi solubili totali sono stati misurati con un rifrattometro digitale a compensazione di temperatura Maselli LR-01 (Maselli Misure, Parma, Italia); il pH con un pHmetro Crison (Crison Instruments, Barcellona, Spagna), con un elettrodo di vetro; l'acidità titolabile con un titolatore Crison (Crison Instruments) usando 0.25 N di NaOH fino a un punto finale di pH 7.00, espressa in g/L di acido tartarico equivalente. Per rappresentare le curve di maturazione, sono stati

costruiti due tipi di grafici per ogni parametro (PMA, zuccheri, pH, acidità titolabile): uno basato sull'andamento dei dati all'avanzare dei giorni dell'anno (DOY) e l'altro basato sull'andamento dei dati all'aumentare dei GG. Alla vendemmia, il 10 Settembre 2021, è stata misurata la produzione totale per vite contando il numero di grappoli per ceppo e il rispettivo peso per le due tesi in esame (controllo e schermato). È stata anche presa in esame la morfologia del grappolo prendendo come riferimento un grappolo per ogni vite campione. La composizione del mosto alla vendemmia è stata valutata utilizzando un campione di 100 acini su 8 piante per ognuna delle tesi in esame. Le analisi dei solidi solubili totali, del pH e dell'acidità titolabile sono state effettuate seguendo la stessa metodologia utilizzata durante lo studio dell'evoluzione della maturazione delle uve.

I dati delle temperature medie giornaliere, per il periodo 01/03/2021-30/09/2021 sono stati scaricati dal sito della Protezione Civile della Regione Marche, utilizzando la stazione di Moie (AN), codice sensore 3022. Una volta determinate le temperature attive ( $T_{med} - 10$  °C) sono stati calcolati i GG (°C) accumulati a partire dal 04/03/2021 (periodo in cui si iniziano ad avere temperature attive) fino al 10/09/2021 (data di vendemmia). I dati delle precipitazioni, presi per il periodo 01/03/2021-30/09/2021, facendo riferimento alla cumulata giornaliera (mm), sono stati scaricati dalla stazione di Cupramontana (MC) della Protezione Civile della Regione Marche, codice sensore 1263.



**Figura 2-1: Il vigneto oggetto di studio visto da Google**



**Figura 2-2: Foto del filare ombreggiato scattata poco dopo la messa in opera delle reti schermanti**



## CAPITOLO 3

### RISULTATI E DISCUSSIONE

#### 3.1 Decorso stagionale dell'anno 2021: sommatorie termiche e precipitazioni

I GG accumulati, considerando il periodo fino a fine settembre (2028,68 °C) superano di 228-400 °C le necessità termiche del Verdicchio (1601-1800 °C). Invece, i GG al 10 settembre (1829,72 °C) erano vicini alle necessità termiche della cultivar (tabella 3-1).

**Tabella 3-1: Gradi giorno accumulati in corrispondenza dei diversi periodi di campionamento, alla data di vendemmia e a fine settembre**

Giorno	GG (°C)
29/07/21	1213,51
05/08/21	1336,32
13/08/21	1481,73
20/08/21	1597,28
26/08/21	1680,19
02/09/21	1747,65
08/09/21	1810
10/09/21	1829,72
29/09/21	2028,68

**Tabella 3-2: Precipitazione cumulata mensile da marzo ad agosto e cumulo delle precipitazioni della prima decade di settembre**

Periodo	Precipitazioni (mm)
Marzo	35,8
Aprile	66,8
Maggio	32,2
Giugno	14,2
Luglio	31,2
Agosto	61
01/09-10/09	1

Le precipitazioni sono state basse nel periodo di crescita dell'acino e di maturazione, ma comunque superiori al quantitativo minimo di pioggia necessario. Per la fase di sviluppo

degli acini sono necessari almeno 8 mm di pioggia, e la cumulata di quel periodo è risultata intorno a 31.2 mm (periodo dal 10/06 al 29/07), la quale è di poco all'interno del quantitativo ottimale di acqua (30-120 mm). Mentre nella fase di maturazione, per la quale sono necessari almeno 50 mm di pioggia, la cumulata era di 62 mm (periodo dal 29/07 alla vendemmia), comunque non molto inferiore al quantitativo ottimale di acqua (70-100 mm). Comunque sia, le precipitazioni estive sono state ridotte, con un maggiore quantitativo di pioggia in agosto (61 mm). La precipitazione cumulata nei diversi mesi e per i primi 10 giorni di settembre (periodo di pre-vendemmia/vendemmia) è mostrata nella tabella 3-2.

### 3.2 Evoluzione del peso medio degli acini

Il peso medio dell'acino (Fig. 3-1) è risultato inizialmente molto simile tra le due tesi (0.84 nel controllo e 0.87 nello schermato), e ha subito un aumento importante dal DOY 210 al DOY 217. In quest'ultimo giorno il PMA del controllo ha superato quello dello schermato, anche se solamente di 0.13 g. In seguito, il PMA del controllo è aumentato fino al DOY 225 in minore entità rispetto all'incremento della settimana precedente, è rimasto quasi costante fino al DOY 232, per poi di nuovo aumentare fino al DOY 238, rimanendo sempre superiore allo schermato. Il PMA dello schermato è cresciuto molto leggermente fino al DOY 225 (+0,05 g), per poi crescere in maniera costante fino ad un massimo di 1.56 g nel DOY 238. Dopo quest'ultimo giorno dell'anno, entrambi i PMA sono iniziati a calare leggermente fino al DOY 245, in cui controllo e schermato erano rispettivamente di 1,66 g e 1,48 g. Negli ultimi 6 giorni, il PMA del controllo è calato in maniera più importante rispetto alla settimana precedente (-0,24 g), mentre quello dello schermato è rimasto quasi lo stesso (1,47 g nel DOY 251), calando solo in maniera irrilevante (-0.01 g). Nel DOY 251 (08/09/21), lo schermato e il controllo avevano quasi lo stesso PMA, rispettivamente di 1,47 g e 1,42 g; quindi, lo schermato era maggiore solo del 3,52% rispetto al controllo. L'andamento del peso medio acino in funzione dei GG mostra il raggiungimento del picco massimo in corrispondenza dei 1680 GG accumulati per poi subire un calo più contenuto nella tesi ombreggiata rispetto al controllo (Fig. 3-2).

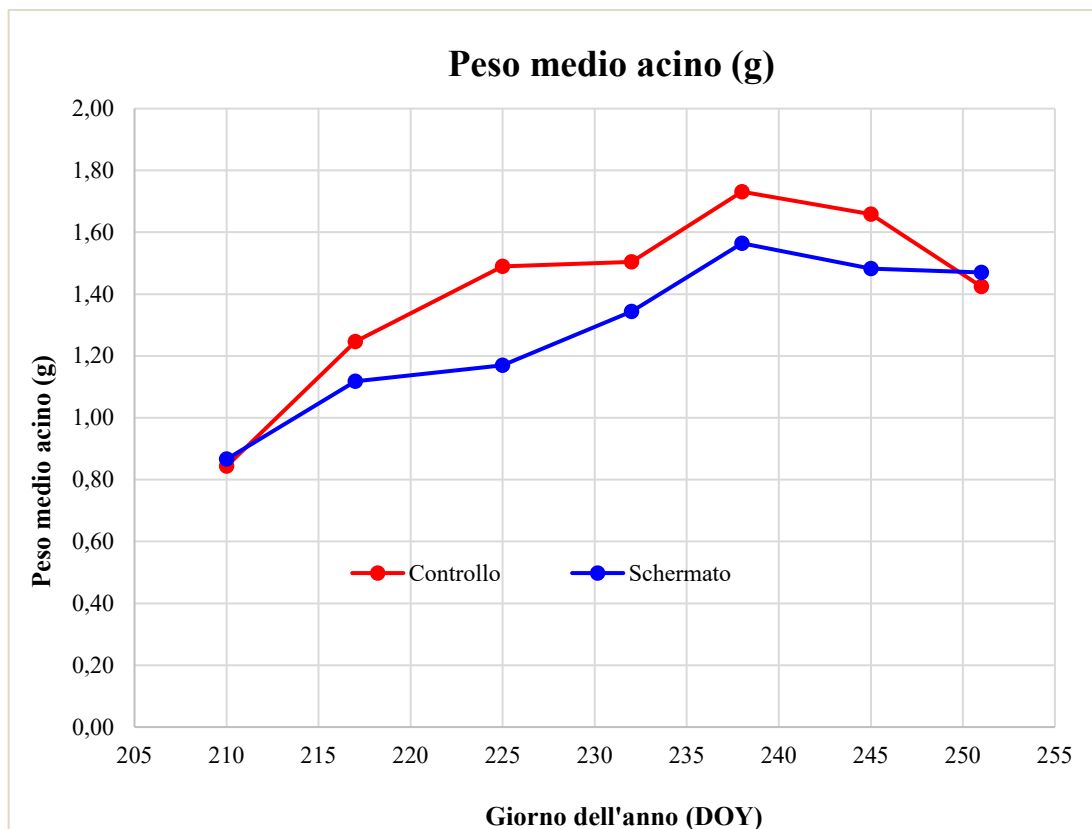


Figura 3-1: Andamento del peso medio dell'acino (g) delle tesi controllo e schermato dal DOY 210 al DOY 251

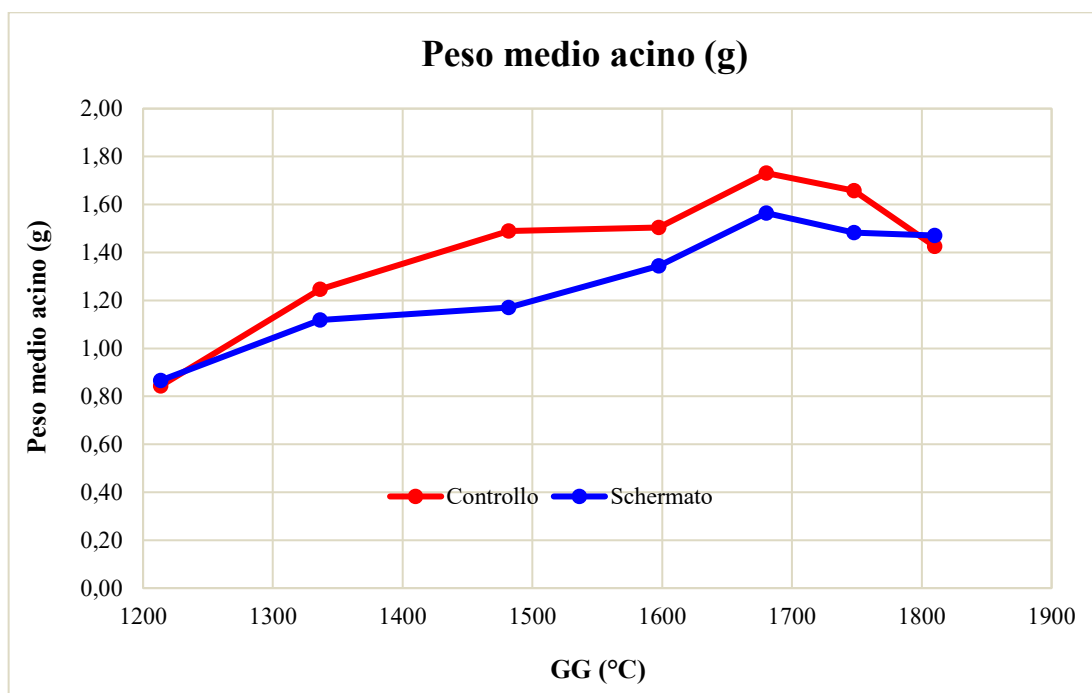


Figura 3-2: Andamento del peso dell'acino (g) delle tesi controllo e schermato riferito ai gradi giorno (GG) del periodo di campionamento

### 3.3 Evoluzione degli zuccheri del mosto

Gli zuccheri del mosto (Fig. 3-3), sono sempre stati superiori nel controllo rispetto allo schermato. Nel controllo durante la prima settimana dal DOY 210 sono incrementati notevolmente, cioè da 9.40 °Brix a 14.60 °Brix, per poi incrementare in maniera meno importante fino al DOY 225 (16.40 °Brix). In seguito, sono di nuovo aumentati in modo maggiore fino al DOY 232 (19.20 °Brix), per poi incrementare in maniera costante fino al DOY 245 (20.95 °Brix), e calare leggermente l'ultima settimana (20.95 °Brix al DOY 251). Nello schermato gli zuccheri hanno subito un incremento costante fino al DOY 238 (17.00 °Brix), e un aumento di maggiore importanza dal DOY 238 al DOY 245 (20.40 °Brix). Nell'ultima settimana gli zuccheri dello schermato sono leggermente aumentati fino ad arrivare ad una concentrazione di 20.75 °Brix nel DOY 251, di poco inferiore alla concentrazione zuccherina della tesi di controllo (-0.20 °Brix). L'andamento della gradazione zuccherina in funzione dei GG mostra incrementi lineari nella tesi schermata fino ai 1680 GG accumulati per poi subire un aumento più consistente fino a 1748 GG anche in relazione al calo del peso medio acino (Fig. 3-4).

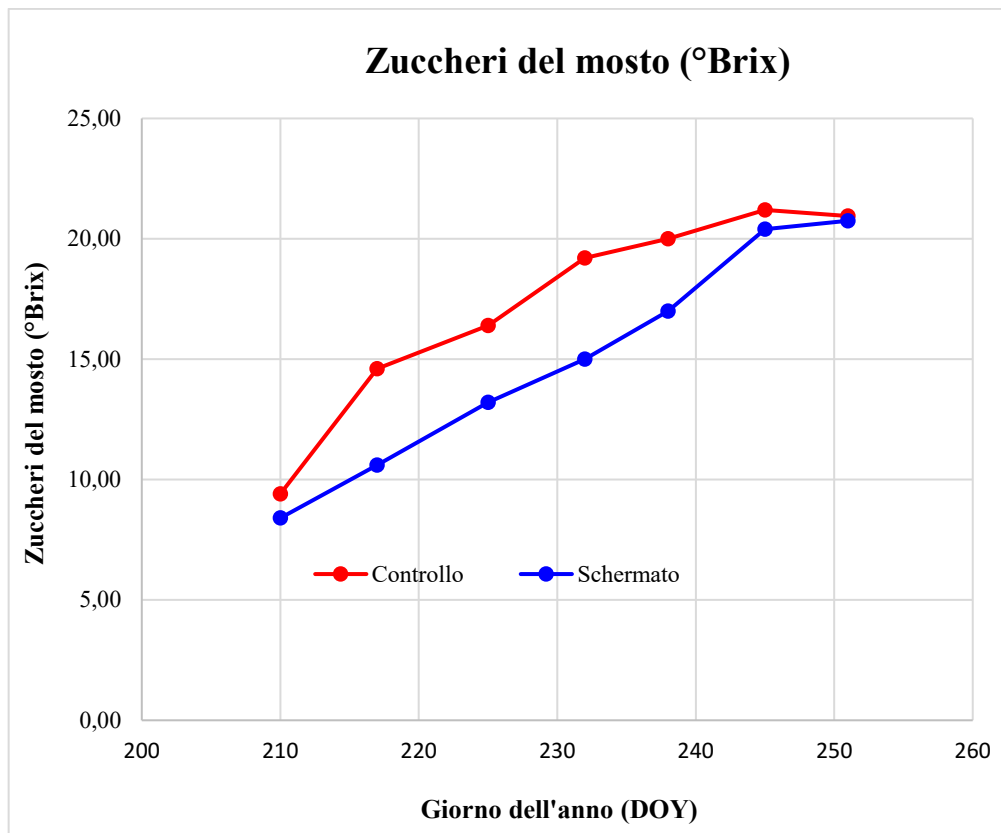


Figura 3-3: Zuccheri del mosto (°Brix) delle tesi controllo e schermato dal DOY 210 al DOY 251

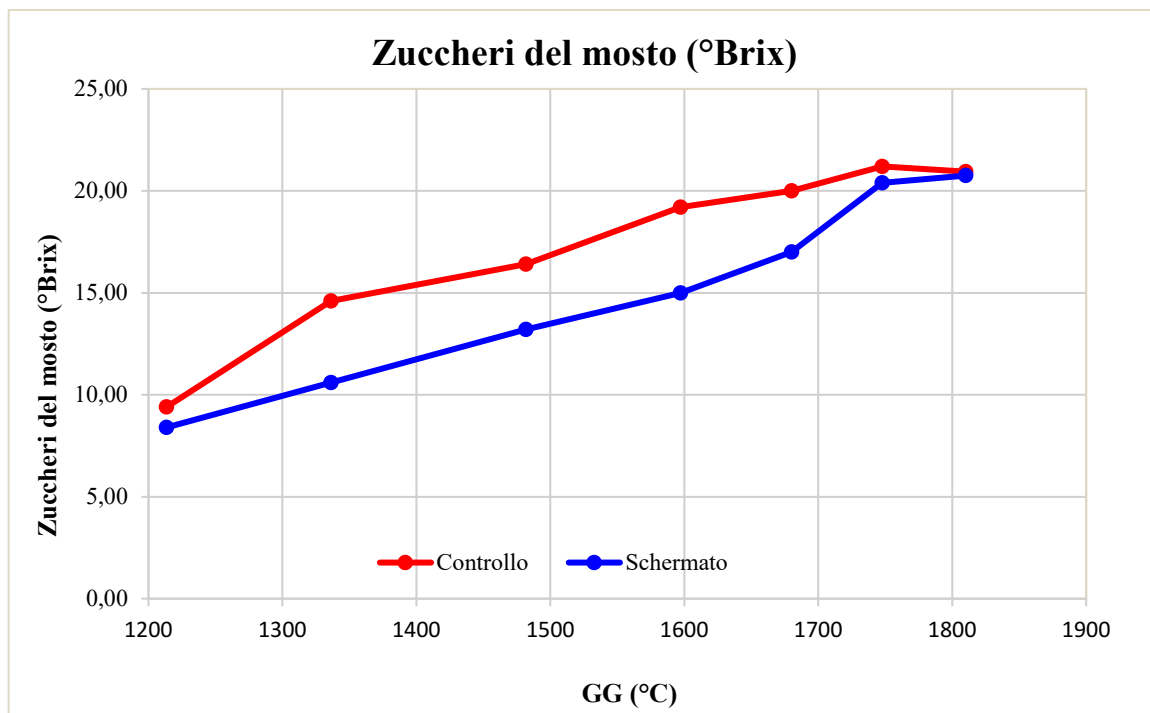


Figura 3-4: Zuccheri del mosto (°Brix) delle tesi controllo e schermato riferiti ai gradi giorno del periodo di campionamento

### 3.4 Evoluzione del pH del mosto

Nel corso della maturazione, il pH del mosto (Fig. 3-5) è sempre stato superiore nel controllo rispetto allo schermato. Il pH del controllo (2.61 al primo campionamento) è aumentato molto nella prima settimana (+0.22), per poi incrementare di nuovo ma più lentamente fino al DOY 232 (3.11). In seguito, è aumentato in maniera minima fino ad arrivare a 3.14 il DOY 245, ed è rimasto tale fino al DOY 251. Il pH dello schermato (2.54 al primo campionamento) è aumentato nella prima settimana, ma in maniera leggermente minore (+ 0.17) rispetto all'andamento del pH del controllo. Dal DOY 217 fino al DOY 232, è aumentato più lentamente (+ 0.15 in due settimane), e nei 6 giorni seguenti è salito (+0.23 al DOY 238) fino ad avvicinarsi al pH del controllo, per poi rimanere quasi costante fino al DOY 245. Invece, nel periodo dell'ultimo campionamento (DOY 251) ha subito un leggero calo arrivando a 3.02, ed è rimasto inferiore al pH del controllo, anche se in maniera leggera (differenza di 0.12 tra controllo e schermato). L'andamento del pH del mosto in funzione dei GG mostra differenze tra le tesi e forti incrementi fino ai 1597 GG accumulati; successivamente le variazioni di pH nel controllo sono modeste, mentre persistono nello

schermato (Fig. 3-6), che raggiunge valori di poco inferiori a quelli del controllo prima di abbassarsi nuovamente alla vendemmia.

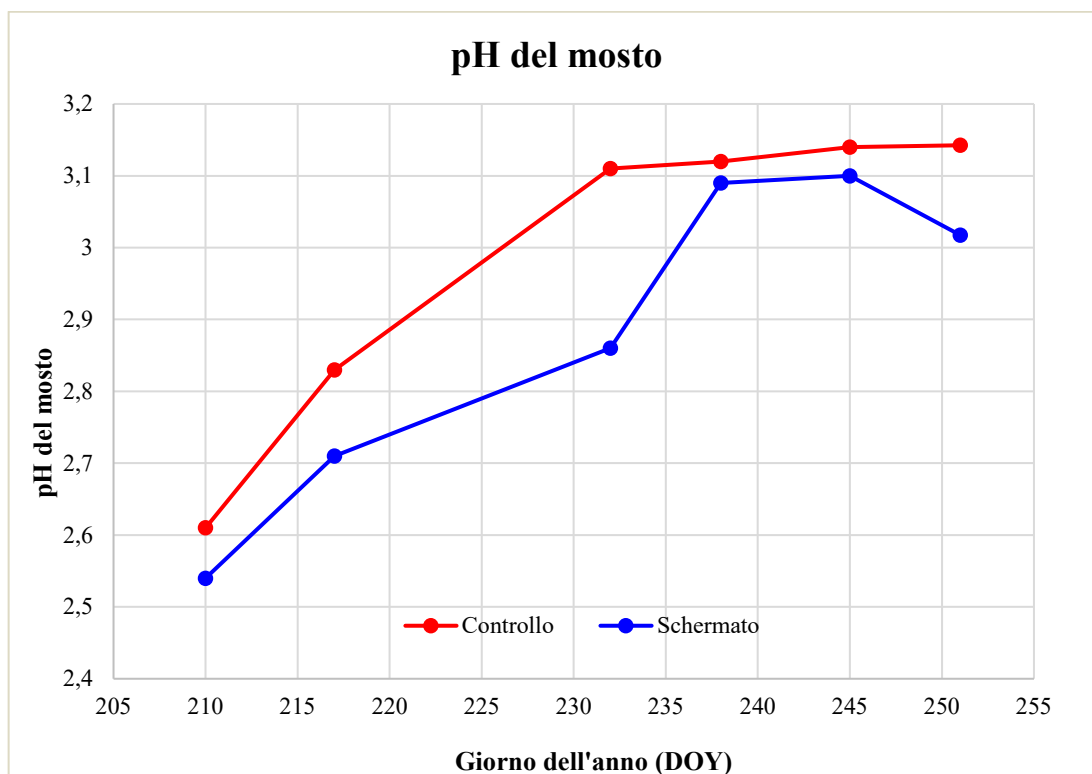


Figura 3-5: pH del mosto delle tesi controllo e schermato dal DOY 210 al DOY 251

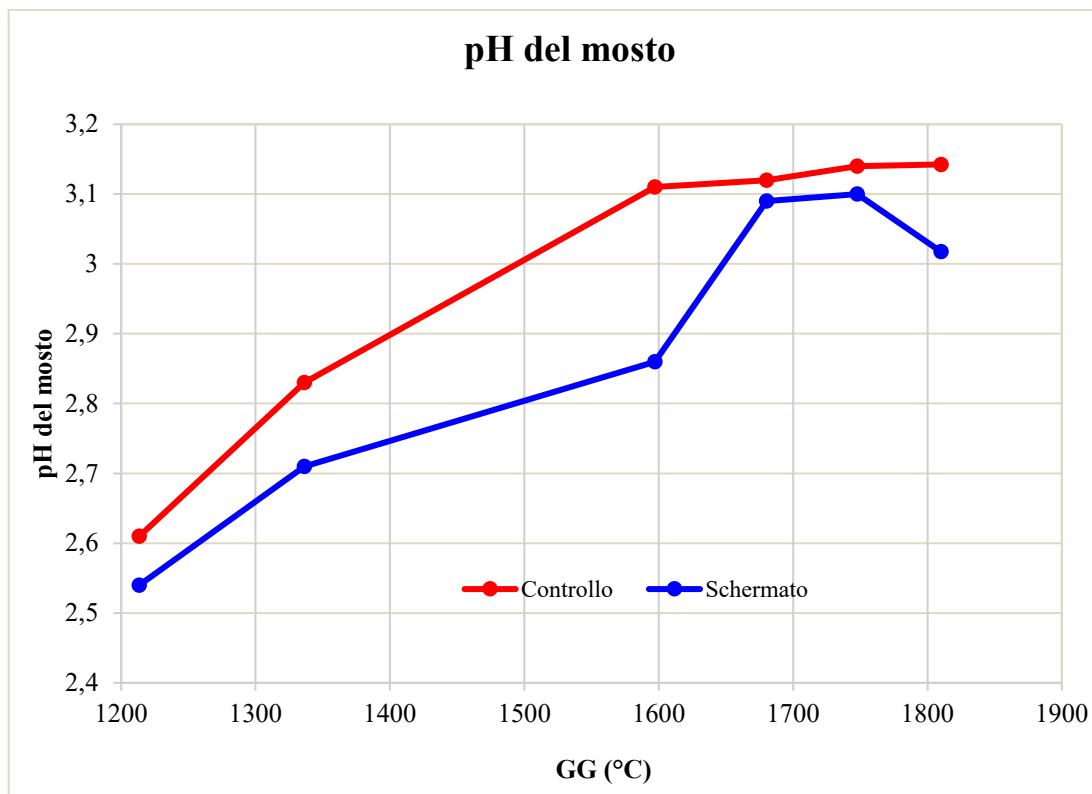


Figura 3-6: pH del mosto delle tesi controllo e schermato riferito ai gradi giorno del periodo di campionamento

### 3.5 Evoluzione dell'acidità titolabile del mosto

L'acidità titolabile (g/L di acido tartarico) del mosto è stata sempre superiore nello schermato rispetto al controllo ed ha subito un progressivo calo fino al DOY 245 in entrambe le tesi (Fig. 3-7). Nell'ultimo rilievo, alla vendemmia, si è registrato un leggerissimo incremento finale. Nello schermato, durante la prima settimana l'acidità è calata molto meno rispetto al controllo: infatti, mentre nello schermato la TA è diminuita da 32.46 g/L a 23.31 g/L, nel controllo la TA è calata da 30.16 g/L a 14.80 g/L, quindi si è dimezzata. Successivamente dal DOY 217 al DOY 232, la TA dello schermato è diminuita più lentamente fino ad arrivare a 12,35 g/L, mentre la TA del controllo è calata in maniera minore ma comunque importante, cioè da 14.80 g/L a 8.12 g/L. Dopodiché, il calo della TA dello schermato dal DOY 232 al DOY 238 (-3.88 g/L) è stato circa 4 volte maggiore del calo della TA del controllo (-0.96 g/L). Nella settimana successiva, entrambe le acidità hanno subito un leggero decremento, per poi incrementare leggermente dal DOY 245 fino al DOY 251. Alla fine del periodo di maturazione le acidità di controllo e schermato erano rispettivamente di 7.37 g/L e 7.73 g/L. L'andamento dell'acidità titolabile del mosto in funzione dei GG mostra forti cali tra 1213 e 1336 GG, disponibilità termica in

corrispondenza della quale sono state massime le differenze tra le due tesi sotto osservazione. Successivamente l'acidità titolabile è calata progressivamente, ma con differenti velocità, per entrambe le tesi, che hanno presentato valori inferiori ai 9 g/L in corrispondenza di un accumulo termico pari a 1680 GG (Fig. 3-6). Nella fase finale della maturazione, con disponibilità termiche salite da 1680 a 1810 GG, l'acidità titolabile del mosto ha subito variazioni piuttosto lievi.

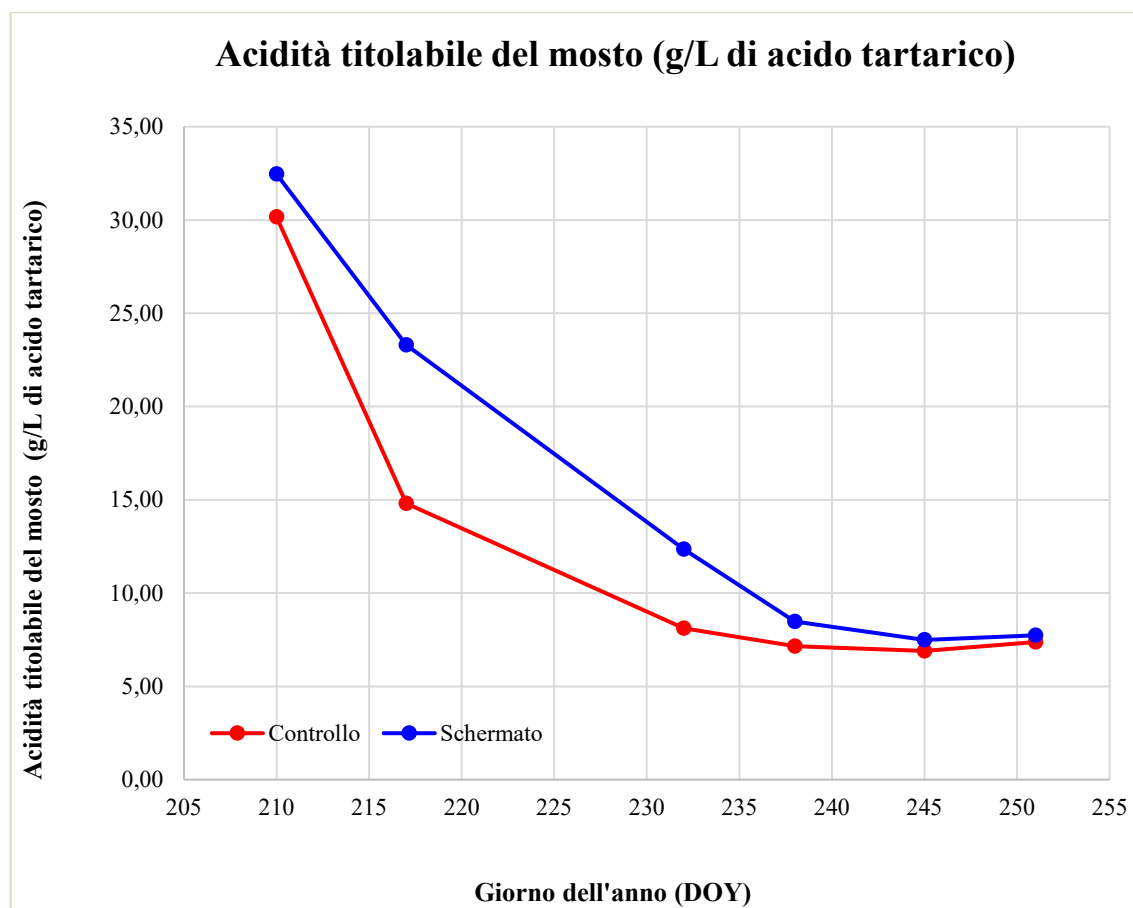


Figura 3-7: Acidità titolabile del mosto (g/L) delle tesi controllo e schermato dal DOY 210 al DOY 251



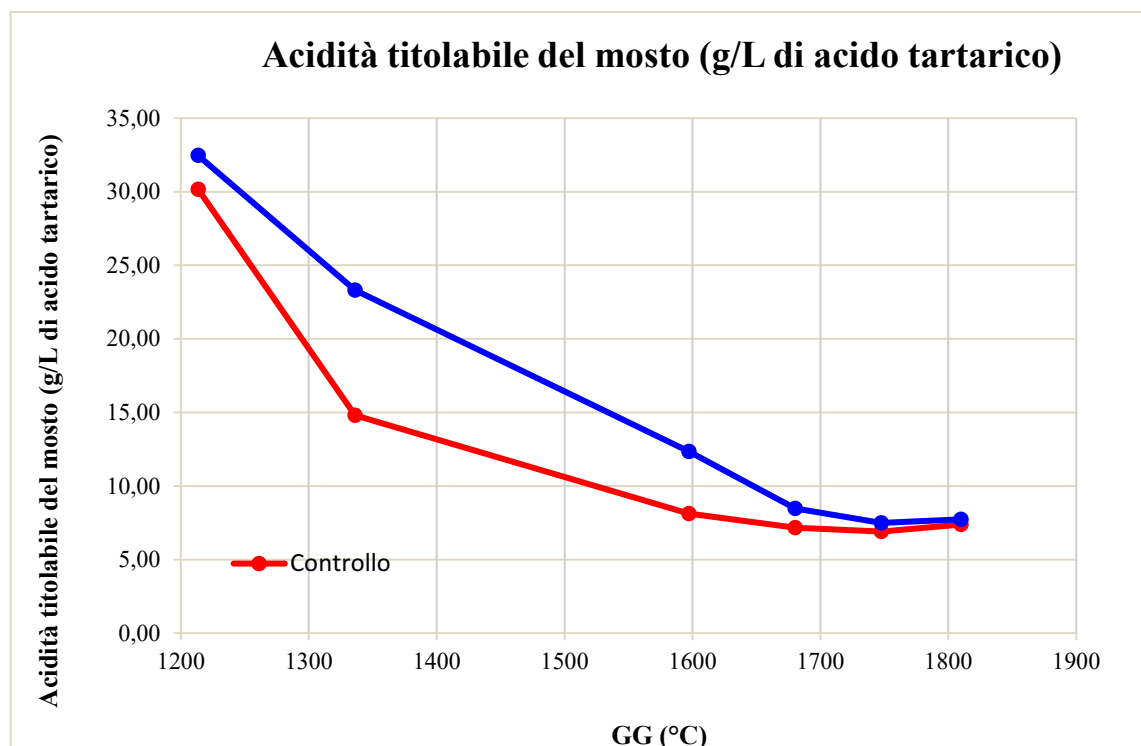


Figura 3-8: Acidità titolabile del mosto (g/L) delle tesi controllo e schermato riferita ai gradi giorno del periodo di campionamento

### 3.6 Risultati alla vendemmia

La Tabella 3-3 mostra i parametri produttivi rilevati alla vendemmia. La quantità di uva prodotta da ciascuna vite, il numero e il peso medio dei grappoli, il peso medio dell'acino, e il numero di acini per grappolo sono stati tutti superiori nelle viti schermate, anche se in maniera non statisticamente significativa.

Tabella 3-3: Comportamento produttivo alla vendemmia di Verdicchio delle tesi controllo e schermato

Tesi	Grappoli (No./vite)	Uva prodotta (Kg/vite)	Peso medio grappolo (g)	Peso medio acino (g)	Acini (No./grappolo)
Controllo	15,6 a	3,45 a	219 a	1,42 a	154 a
Schermato	17,5 a	4,00 a	234 a	1,47 a	160 a

La composizione dell'uva alla vendemmia ha mostrato concentrazioni zuccherine molto simili tra controllo e schermato (la differenza è stata di -0,20 °Brix nello schermato rispetto al controllo) a fronte di livelli di acidità titolabile leggermente inferiori (-0,36 g/L di acido tartarico nello schermato rispetto al controllo) e di valori di pH significativamente più bassi (3,02 nello schermato rispetto a 3,14 nel controllo), come si evince dall'esame della Tabella 3-4.

**Tabella 3-4: Composizione del mosto alla vendemmia di Verdicchio delle tesi controllo e schermato**

Tesi	°Brix	pH	TA (g/L di tartarico)
Controllo	20,95 a	3,14 a	7,37 a
Schermato	20,75 a	3,02 b	7,73 a

Le indagini sono state completate dalla caratterizzazione della morfologia dei grappoli condotta su uno dei grappoli più grandi di ogni vite campione alla vendemmia (Tabella 3-5). Questa metodologia di campionamento dei grappoli ha portato ad ottenere per entrambe le tesi valori del peso medio dei grappoli decisamente più elevati di quelli riportati in Tabella 3-3, che riguardano invece tutti i grappoli raccolti da ogni vite. I grappoli selezionati per la caratterizzazione morfologica avevano un peso medio leggermente superiore nella tesi schermato rispetto al controllo (schermato: 343 g; controllo: 324 g) senza raggiungere il livello della significatività statistica. La lunghezza del grappolo principale è risultata maggiore nella tesi schermato rispetto al controllo (schermato: 19,5 cm; controllo: 17,1 cm), mentre non sono emerse differenze rilevanti a carico del peso del grappolo principale (schermato: 279 g; controllo: 263 g). La compattezza dei grappoli, stimata visivamente secondo le linee OIV, è maggiore nel controllo, ma non in maniera significativa. La lunghezza (schermato: 10,9 g; controllo: 9,2 g) e il peso del grappolo secondario (schermato: 63,5 g; controllo: 61,4 g) sono state leggermente superiori nello schermato rispetto al controllo, ma non significativamente.

**Tabella 3-5: Caratterizzazione morfologica dei grappoli di Verdicchio alla vendemmia per le tesi controllo e schermato**

	Peso totale (g)	Lunghezza grappolo principale (cm)	Peso grappolo principale (g)	Compattezza OIV	Lunghezza grappolo secondario (cm)	Peso grappolo secondario (g)
Controllo	324 a	17,1 b	263 a	7,38 a	9,2 a	61,4 a
Schermato	343 a	19,5 a	279 a	7,25 a	10,9 a	63,5 a

## CAPITOLO 4

### CONCLUSIONI

L'ombreggiamento applicato alle uve a bacca bianca nel territorio italiano è stato proposto per mitigare i problemi causati dal cambiamento climatico sulla composizione delle uve, che in condizioni di incremento della temperatura tendono ad avere minori acidità titolabili e concentrazioni zuccherine più elevate anche quando si anticipa la data di vendemmia. Inoltre, l'applicazione di reti ombreggianti nel vigneto può proteggere le uve dai danni della grandine, dalla predazione da parte degli uccelli e dalle scottature. L'utilizzo delle reti in zone soggette a grandine può essere una conveniente alternativa alle assicurazioni: infatti, tenendo conto che il costo delle reti è di 3000 €/ha e la loro durata è garantita per 10 anni, acquistando le reti verrebbe investito un importo identico al costo di assicurazioni grandine per lo stesso periodo (300 €/anno).

L'applicazione di reti ombreggianti è più conveniente nelle uve a bacca bianca che nelle uve a bacca nera, perché permette di avere una maggiore acidità titolabile, e una più bassa concentrazione zuccherina nelle uve ombreggiate rispetto alle uve esposte alla luce solare, caratteristiche più ricercate nei vini bianchi. L'ombreggiamento consente anche di preservare l'acido malico nelle uve bianche, utile per garantire al vino una maggiore freschezza e giovinezza. L'uso delle reti ombreggianti per uve a bacca nera è meno indicato perché il decremento di radiazione solare è un fattore sfavorevole alla biosintesi delle antocianine, e quindi i vini derivati da queste uve hanno un colore insoddisfacente; inoltre, le uve hanno anche meno polifenoli totali e tannini.

Nel filare ombreggiato oggetto di questo studio, l'applicazione delle reti ha avuto un effetto significativo alla vendemmia solo sulla diminuzione di pH, e sull'aumento di lunghezza principale del grappolo (cm) nelle uve ombreggiate. La resa è stata maggiore nelle uve ombreggiate, anche se non in maniera significativa: in media +550 g rispetto al controllo. Ipotizzando l'applicazione delle reti ad un ha di Verdicchio con le stesse distanze d'impianto del vigneto studio (3030 viti/ha), la resa potrebbe incrementare indicativamente di 1666,5 Kg/ha rispetto al controllo. Seppur non in maniera significativa, anche il peso

medio del grappolo, il numero di acini/grappolo, il numero di grappoli e il peso medio dell'acino erano maggiori per la tesi "schermato".

Considerando il prezzo medio di uva bianca biologica da vino DOP in Italia (52.6 €/q), calcolato facendo riferimento ad elaborazioni ISMEA di dati del SINAB, con l'applicazione delle reti si avrebbe un aumento del profitto di 867.5 €/ha.

Il pH delle uve ombreggiate, essendo molto vicino a 3 (3.02) e significativamente più basso di quello delle uve esposte alla luce solare (3.14), indica che l'acidità dei mosti di uve ombreggiate è più alta: infatti, più è alto il valore di acidità, più è basso il valore di pH; ma nel caso dell'acidità non è stata osservata una differenza significativa tra le due tesi (controllo: 7.37 g/L di acido tartarico; schermato: 7.73 g/L di acido tartarico). Tra le due tesi non c'è stata una differenza significativa nemmeno nel caso della concentrazione degli zuccheri, comunque minore nello schermato (20.75 °Brix) rispetto al controllo (20,95 °Brix). Quindi, per quanto riguarda la composizione dei mosti, i risultati sono coerenti con quelli trovati generalmente in altri studi, cioè acidità titolabili maggiori nei mosti di uve ombreggiate rispetto a quelli di uve esposte alla luce solare, e concentrazioni zuccherine più elevate nei mosti di uve esposte alla luce del sole rispetto a quelli di uve ombreggiate.

Osservando le curve di maturazione, si nota inizialmente un ritardo in accumulo zuccherino ed una degradazione degli acidi organici più lenta nelle uve del trattamento schermato rispetto alle uve del controllo: questo ritardo di maturazione (generalmente di 5-7 giorni con la rete nera), si annulla andando avanti con la stagione, perché alla vendemmia le concentrazioni zuccherine e le acidità titolabili delle due tesi studiate sono molto simili.

Molte differenze non sono significative probabilmente perché è stato preso in esame solo un filare durante un solo anno, che è stato caratterizzato da una modesta disponibilità idrica. Risulta interessante verificare nel corso di più anni e in diverse condizioni meteorologiche il comportamento delle viti schermate artificialmente con le reti. Sarebbe interessante incrementare la superficie di vigneto schermata così da poter meglio approfondire le indagini e giungere fino alla vinificazione e all'analisi chimica e sensoriale dei vini.

## BIBLIOGRAFIA

- Archer E. and Strauss H.C., 1989. Effects of shading on the performance of *Vitis vinifera* L. Cabernet Sauvignon. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 10, pp. 74-77.
- Asproudi A., Petrozziello M., Cavalletto S., Guidoni S., 2016. Grape aroma precursors in cv. Nebbiolo as affected by vine microclimate. *Food Chemistry*, 211, pp. 947-956.
- Bahena-Garrido S.M., Ohama T., Suehiro Y., Hata Y., Isogai A. Iwashita K., Goto-Yamamoto N., Koyama K., 2018. The potential aroma and flavour compounds in *Vitis* sp. cv. Koshu and *V. vinifera* L. cv. Chardonnay under different environmental conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99, pp. 1926-1937.
- Belancic A., Agosin E., Ibachache A., Bordeu E., Baumes R., Razungles A., Bayonove C, 1997. Influence of sun exposure on the aromatic composition of chilean Muscat grape cultivars Moscatel de alejandria and Moscatel rosada. *American Journal of Enology and Viticulture*, 48, pp. 181-186.
- Berqvist J., Dokoozlian N., Ebisuda N., 2001. Sunlight exposure and temperature effects on berry growth and composition of Cabernet-Sauvignon and Grenache in the central San Joaquin Valley of California. *American Journal of Enology and Viticulture*, 52, pp. 1-7.
- Bondanda B. and Shutthanandan J., 2012. Understanding differential responses of grapevine (*Vitis vinifera* L.) leaf and fruit to water stress and recovery following re-watering. *American Journal of Plant Sciences*, 3, pp. 1232-1240.
- Bureau S.M., Baumes R.L., Razungles A.J., 2000. Effects of vine or bunch shading on glycosylated flavour precursors in grapes in *Vitis vinifera* L. cv. Syrah. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 48, pp. 1290-1297.
- Caravia L., Collins C., Petrie P. R., Tyerman S.D., 2016. Application of shade treatments during Shiraz berry ripening to reduce the impact of high temperature. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 22(3), pp. 422-437.
- Coombe B.G., Iland P.G., 1987. Grapeberry development. In: *Proceedings of the 6<sup>th</sup> Australian Wine Industry Technical Conference*. Australian Industrial Publishers, Adelaide.

- Cortell J.M., Kennedy J.A., 2006. Effect of shading on accumulation of flavonoid compounds in (*Vitis vinifera* L.) Pinot noir fruit and extraction in a model system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(22), pp. 8510-8520.
- Dass H.C., Randawa G.S., 1968. Response of certain seeded *Vitis vinifera* varieties to gibberellin application at postbloom stage. *American Journal of Enology and Viticulture*, 19, pp. 52-55.
- Dokoozlian N.K. and Kliewer W.M., 1996. Influence of light on grape berry growth and composition varies during fruit development. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 121, pp. 869-874.
- Downey M.O., Harvey J.S., Robinson S.P., 2004. The effect of bunch shading on berry development and flavonoid accumulation in Shiraz grape. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 10(1), pp. 55-73.
- Dry P.R., Reed S., Potter G., 1989. The effect of wind on the performance of Cabernet Franc grapevines. *Acta Horticulturae*, 240, pp. 19-22.
- Dry P.R., 1993. Exposure to wind affects grapevine performance. *Australian Grapegrower & Winemaker*, 352, pp. 73-75.
- Ewart A.J.W., Iland P.G., Sitters J.H., 1987. The use of shelter in vineyards. *Australian Grapegrower & Winemaker*, 280 pp. 19-22.
- Francis I.L., Newton J.L., 2005. Determining wine aroma from compositional data. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 11 pp. 114-126.
- Gao Y and Cahoon G.A., 1994. Cluster shading effects on fruit quality, fruit skin color, and anthocyanin content and composition in Reliance (*Vitis* hybrid). *Vitis*, 33, pp. 205-209.
- Ghiglieno I., Mattivi F., Cola G., Trionfini D., Perenzoni D., Simonetto A., Gilioli G., Valenti L., 2020. The effects of leaf removal and artificial shading on the composition of Chardonnay and Pinot noir grapes. *Oeno One*, 54(4), pp. 761-777.
- Greer D.H. and Weedon M.M., 2012. Interactions between light and growing season temperatures on, growth and development and gas exchange of Semillon (*Vitis vinifera* L.) vines grown in an irrigated Vineyard. *Plant Physiology and Biochemistry*, 54, pp. 59-69.
- Harbertson J.F., Spayd S., 2006. Measuring phenolics in the winery. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57, pp. 280-288.
- Haselgrove L., Botting D., van Heeswijck R., Høj P.B., Dry P.R., Ford C., Iland P.G., 2000. Canopy microclimate and berry composition: the effect of bunch exposure on the

- phenolic composition of *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz grapeberries. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 6(2), pp. 141-149.
- Jogaiah S., Striegler K.R., Bergmeier E., Harris J., 2012. Influence of cluster exposure to sun on fruit composition of 'Norton' grapes (*Vitis aestivalis* Michx) in Missouri. *International Journal of Fruit Science*, 12(4), pp. 410-426.
- Joscelyne V.L., Downey M.O., Mazza M., Bastian S.E.P., 2007. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, pp. 10888-10896.
- Kobriger J.M., Kliewer W.M., Laiger S.T., 1984. Effects of wind on water relations of several grapevine cultivars. *American Journal of Enology and Viticulture*, 35, pp. 164-169.
- Lakso A.N. and Kliewer W.M., 1975. The influence of temperature on malic acid metabolism in grapeberries. I. Enzyme responses. *Plant Physiology*, 56, pp. 370-372.
- Lakso A.N. and Kliewer W.M., 1978. The influence of temperature on malic acid metabolism in grapeberries. II. Temperature responses of net dark CO<sub>2</sub> fixation and malic acid pools. *American Journal of Enology and Viticulture*, 29, 145-149.
- Lers A., 2007. Environmental regulation of leaf senescence. In: *Senescence Processes in Plants – Annual Plant Reviews*, 26, pp. 108-144, Gan S. (ed), Blackwell Publishing Ltd., Oxford.
- López M.I., Sánchez M.T., Díaz A., Ramírez P., Morales J., 2007. Influence of a deficit irrigation regime during ripening on berry composition in grapevines (*Vitis vinifera* L.) grown in semi-arid areas. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 58, pp. 491-507.
- Lu H.-C., Wei W., Wang Y., Duan C.-Q., Chen W., Li S.-D., Wang J., 2021. Effects of sunlight exclusion on leaf gas exchange, berry composition, and wine flavour profile of Cabernet-Sauvignon from the foot of the north side of Mount Tianshan and a semi-arid continental climate. *Oeno One*, 55(2) pp. 267-283.
- Marais J., Calitz F., Haasbroek P.D., 2001. Relationship between microclimatic data, aroma component concentrations and wine quality parameters in the prediction of Sauvignon blanc wine quality. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 22(1).
- Marais J., Hunter J.J., Haasbroek P.D., 1999. Effect of canopy microclimate, season and region on Sauvignon blanc grape composition and wine quality. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 20(1).

- Marais J., Van Wyk C.J., Rapp A., 1991. Carotenoid levels in maturing grapes as affected by climatic regions, sunlight and shade. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 12, pp. 64-69.
- Martin D., Grose C., Fedrizzi B., Stuart L., Albright A., McLachlan A., 2016. Grape cluster microclimate influences the aroma composition of Sauvignon blanc wine. *Food Chemistry*, 210, pp. 640-647
- Martínez-Luscher J., Chen C.C.L., Brillante L., Kurtural S.K., 2017. Partial Solar Radiation Exclusion with Color Shade Nets Reduces the Degradation of Organic Acids and Flavonoids of Grape Berry (*Vitis vinifera* L.). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 65(49), pp. 10693-10702.
- Morrison J.C., 1988. The effects of shading on the composition of Cabernet Sauvignon grapeberries. In: *Proceedings of the Second International Symposium on Cool Climate Viticulture and Oenology*. R.E. Smart et al. (eds.), *New Zealand Society for Viticulture & Oenology*, pp. 144-146.
- Morrison J.C., Noble A.C., 1990. The effects of leaf and cluster shading on the composition of Cabernet Sauvignon grapes and on fruit and wine sensory properties. *American Journal of Enology and Viticulture*, 41, pp. 193-200.
- Noble A.C., 1994. Bitterness in wine. *Physiology & Behaviour*, 56, pp. 1251-1255
- Oliveira M., Teles J., Barbosa P., Olazabal F., Queiroz J., 2014. Shading of the fruit zone to reduce grape yield and quality losses caused by sunburn. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 48(3), pp. 179-187.
- Pagay V., Reynolds A.G., Fisher K.H., 2013. The influence of bird netting on yield and fruit, juice, and wine composition of *Vitis vinifera* L. *Journal International des sciences de la vigne et du vin*, 47(1), pp. 35-45.
- Palliotti A., Poni S., Silvestroni O., 2015. Strategie di adattamento culturale al mutato contesto climatico. *La nuova viticoltura*. Milano: Edagricole, p. 309.
- Pereira G.E., Gaudillere J.P., Pieri P., Hilbert G., Maucort M., Deborde C., Moing A., Rolin D., 2006. Microclimate influence on mineral and metabolic profiles of grape berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 6765-6775.
- Price S.F., Breen P.J., Valladao M., Watson B.T., 1995. Cluster sun exposure and quercetin in Pinot noir grapes and wine. *American Journal of Enology and Viticulture*, 46, pp. 187-194.
- Reynolds A.G., Pool R., Mattick L.R., 1986. Influence of cluster exposure on fruit composition and wine quality of Seyval blanc grapes. *Vitis*, 25, pp. 85-95.



- Ristic R., Downey M.O., Iland P.G., Bindon K., Francis I.L., Herderich M.J., Robinson S.P., 2007. Exclusion of sunlight from Shiraz grapes alters wine colour, tannin and sensory properties. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 13, pp. 53-65.
- Ristic R., Iland P.G., Ford C.M., 2008. Altered light interception reduces grapeberry weight and modulates organic acid biosynthesis during development. *HortScience*, 43(3), pp. 957-961.
- Rojas-Lara B.A., Morrison J.C., 1989. Differential effects of shading fruit or foliage on the development and composition of grapeberries. *Vitis*, 28, pp. 199-208.
- Scafidi P., Pisciotta A., Patti D., Tamborra P., Di Lorenzo R., Barbagallo M.G., 2013. Effect of artificial shading on the tannin accumulation and aromatic composition of the Grillo cultivar (*Vitis vinifera* L.). *BMC Plant Biology*, 13, 22-29.
- Smart R.E., Robinson J.B., Due G.R., Brien C.J., 1985. Canopy microclimate modification for the cultivar Shiraz. II. Effects on must and wine composition. *Vitis*, 24, pp. 119-128.
- Smart R.E., 1987. Influence of light on composition and quality of grapes. In: *Symposium on Grapevine Canopy and Vigour Management. XXIIInd International Horticultural Congress*. W.M. Kliewer (ed.), *Acta Horticulturae*, 206, pp. 37-47.
- Spayd S.E., Tarara J.M., Mee D.L., Ferguson J.C., 2002. Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot berries. *American Journal of Enology and Viticulture*, 53(3), pp. 171-182.
- Stamps R.H., 2009. Use of colored shade netting in horticulture. *HortScience*, 44(2).
- Tamborra P., 2007. Aromi varietali di alcune uve coltivate nel Sud Italia. *Rivista di Viticoltura e di Enologia*, 60, pp. 17-23.
- Tamborra P., Savino M., Suriano S., Tarricone L., Lanzellotti L., Novello V., Bovio M., Cavalletto S., 2011. Contribution to the aromatic characterization of some autochthonous Italian wine-grapes. In *Proceedings 17th International Symposium GiESCO: August 29th – September 2nd 2011. Asti-Alba, Italy*, pp. 131-134.

## RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare la Professoressa Oriana Silvestroni per la disponibilità come Relatore, per la proposta dell'argomento di tesi, per i consigli e le conoscenze trasmesse durante tutto il percorso di stesura dell'elaborato. Inoltre, vorrei ringraziare anche la Dottoressa Vania Lanari, la Dottoressa Tania Lattanzi, il Dottor Luca Pallotti e il Dottor Edoardo Dottori per l'aiuto alla raccolta dei dati.

Ringrazio di cuore i miei genitori, che mi hanno sempre sostenuto e motivato, fin dalla scelta del mio percorso di studi. Un doveroso ringraziamento va anche al resto della mia famiglia ed ai miei cari amici.