

**UNIVERSITÁ DEGLI STUDI DI NAPOLI “FEDERICO II”**

**DIPARTIMENTO DI AGRARIA**



**DOTTORATO DI RICERCA**

**IN**

**SCIENZE AGRARIE E AGROALIMENTARI**

**XXIX CICLO**

**Effetto di diverse intensità di defogliazione e ombreggiamento precoci  
sulla compattezza del grappolo, le componenti della produzione, la  
composizione dell’acino e le caratteristiche sensoriali del vino nel  
vitigno ‘Greco’**

**Relatore:**

Ch.mo Prof. Boris Basile

**Candidato:**

Dott. Pasquale Scognamiglio

Coordinatore:

Ch.mo Prof. Guido D’Urso

*ANNO ACCADEMICO 2015/2016*

## Indice

1. Introduzione .....	5
2. Materiali e metodi .....	10
2.1. Esperimento 1 .....	10
2.1.1. Materiale vegetale .....	10
2.1.2. Trattamenti e disegno sperimentale .....	10
2.1.3. Dati meteorologici.....	11
2.1.4. Germogliamento e fertilità.....	11
2.1.5. Misure di crescita vegetativa.....	11
2.1.6. Misure di scambi gassosi .....	12
2.1.7. Allegagione .....	12
2.1.8. Temperatura dei grappoli .....	13
2.1.9. Crescita e composizione dell'acino.....	13
2.1.10. Campionamento e analisi anatomiche degli acini .....	13
2.1.11. Analisi degli acidi organici.....	15
2.1.12. Raccolta .....	15
2.1.13. Micro-vinificazioni.....	16
2.1.14. Analisi sensoriale dei vini .....	16
2.1.13. Analisi statistica .....	17
2.2. Esperimento 2.....	17
2.2.1. Materiale vegetale .....	17
2.2.2. Trattamenti e disegno sperimentale .....	18
2.2.3. Dati meteorologici.....	18
2.2.4. Germogliamento e fertilità.....	18
2.2.5. Misure di crescita vegetativa.....	18
2.2.6. Misure di scambi gassosi .....	19
2.2.7. Allegagione .....	19
2.2.8. Temperatura dei grappoli.....	19

2.2.9.	Crescita e composizione dell'acino.....	19
2.2.10.	Raccolta .....	20
2.2.11.	Analisi statistica .....	20
3.	Risultati .....	20
3.1.	Esperimento1.....	20
3.1.1.	Andamento climatico .....	20
3.1.2.	Crescita vegetativa .....	21
3.1.3.	Attività fotosintetica.....	21
3.1.4.	Germogliamento e fertilità.....	22
3.1.5.	Percentuale di allegagione, crescita dell'acino e componenti della compattezza.....	22
3.1.6.	Componenti della produzione .....	24
3.1.7.	Composizione degli acini.....	24
3.1.8.	Danni da attacchi di botrite e scottature.....	25
3.1.9.	Caratteristiche sensoriali dei vini.....	26
3.2.	Esperimento 2.....	26
3.2.1.	Andamento climatico .....	26
3.2.2.	Crescita vegetativa .....	26
3.2.3.	Attività fotosintetica.....	27
3.2.4.	Germogliamento e fertilità.....	27
3.2.5.	Crescita dell'acino.....	27
3.2.6.	Percentuale di allegagione e componenti della compattezza .....	27
3.2.7.	Componenti della produzione .....	27
3.2.8.	Composizione degli acini.....	27
3.2.9.	Temperatura degli acini .....	28
3.2.10.	Danni da attacchi di botrite .....	28
4.	Discussione .....	28
5.	Conclusioni .....	40
6.	Bibliografia .....	41

7. Tabelle.....	51
8. Grafici .....	55

## 1. Introduzione

La compattezza del grappolo alla raccolta è un parametro importante in viticoltura (Jackson e Lombard, 1993), in quanto è correlato ad un incremento della sua suscettibilità ad attacchi di marciume grigio, causato dal fungo *Botrytis cinerea* (Ferreira e Marais, 1987; Vail e Marois, 1991, 1998; Gabler et al., 2003; Valdés-Gómez et al., 2008; Hed et al., 2009; Evers et al., 2010). Vail e Marois (1991) hanno esaminato la suscettibilità di diverse cultivar agli attacchi della muffa grigia riportando che il principale fattore che si associa alla suscettibilità a questo patogeno è proprio l'architettura del grappolo. Questa correlazione tra la compattezza del grappolo e la suscettibilità agli attacchi del marciume grigio è riconducibile al maggior contatto tra le bacche che si verifica in un grappolo serrato e ciò riduce gli scambi di aria tra l'interno e l'esterno del grappolo determinando un incremento dell'umidità negli spazi tra gli acini posizionati nella parte interna del grappolo stesso (Vail e Marois, 1991). La presenza di umidità e di essudati vegetali all'interno del grappolo favorisce la germinazione di conidi e la crescita del fungo (Carre, 1984). Una elevata compattezza del grappolo può, inoltre, determinare condizioni favorevoli agli attacchi del lepidottero *Lobesia botrana* (Fermaud, 1998, Ioratti et al., 2011) e di altri patogeni dei generi *Aspergillus* (Leong et al., 2006; Hocking et al., 2007) e *Penicillium* (Smart e Robinson, 1991; La Guerche et al., 2005). Jackson e Lombard (1993) hanno riportato che uve sane e ben mature sono requisiti primari per la produzione di vini di alta qualità. Gli attacchi dei marciumi, oltre a causare perdite di produzione, possono infatti influenzare negativamente la qualità del vino, determinando la comparsa di *off-flavor*, riducendo la stabilità del colore, inducendo danni ossidativi, causando invecchiamento precoce e rendendo più difficoltosa la chiarifica (Ribéreau-Gayon, 1983; Smart e Robinson, 1991). Inoltre, l'infezione da *B. cinerea* può favorire l'infezione secondaria da parte di altri funghi e batteri, che sono responsabili della comparsa di ulteriori difetti del vino, come gli *off-flavor* di terra e muffa (La Guerche et al., 2005; Smart e Robinson, 1991).

La compattezza del grappolo è una caratteristica morfologica con forte controllo genetico, infatti la morfologia del grappolo varia ampiamente tra le cultivar rappresentando una caratteristica distintiva dei singoli vitigni (Vail e Marois, 1991; This et al., 2011; Tello et al., 2015). Le componenti che determinano la compattezza sono il numero di acini per grappolo (Poni et al., 2008; Vartholomaiou et al., 2008; Palliotti et al., 2012), la dimensione dell'acino (Alonso-Villaverde et al., 2008; Schildberger et al., 2011; Palliotti et al., 2012) e l'architettura del rachide (lunghezza del rachide, numero e lunghezza delle sue ramificazioni) (Molitor et al., 2011; Tello et al., 2015).

Il numero di acini per grappolo è determinato durante il processo dell'allegagione (Tello et al., 2015), quindi dipende dal numero di fiori per grappolo e dalla percentuale di allegagione (Collins e Dry, 2009), ossia dal numero di fiori che diventeranno frutti. È noto che il processo di allegagione

dipende dalla quantità di carboidrati resi disponibili dalla fotosintesi e in parte da quelli forniti dagli organi di riserva (Caspari e Lang, 1996). Diversi studi hanno comunque dimostrato che vitigni diversi tendono ad avere percentuali di allegagione differenti, anche se spesso, in alcune varietà, il ridotto numero di acini per grappolo alla raccolta è principalmente dovuto ad un ridotto numero di fiori per infiorescenza (Dry et al., 2010).

Anche la dimensione dell'acino è un'importante componente della compattezza. Il volume ed il peso dell'acino alla raccolta può variare notevolmente tra le cultivar (Houel et al., 2013; Boursiquot et al., 1995). Gran parte dell'incremento diametrico dell'acino si verifica durante due delle fasi della curva a doppia sigmoide che caratterizza la crescita della bacca della vite (Coombe, 1992). La prima (fase I) è caratterizzata da intensa attività di divisione cellulare, mentre la seconda fase di crescita diametrica (fase III) è caratterizzata principalmente da distensione cellulare. La crescita dell'acino è influenzata dalla temperatura (Bergqvist et al., 2001), dalla disponibilità di carboidrati determinata dalle relazioni *source-sink* (Ferree et al., 2001) e dalla disponibilità di acqua (Conde et al., 2007) e nutrienti (Choné et al., 2006). Il deficit idrico in genere determina una minor crescita degli acini e conseguentemente una riduzione della produzione (Matthews et al., 1987; Matthews e Anderson, 1988, 1989; Hamman e Dami, 2000; Salon et al., 2005), in quanto può inibire sia la divisione che la distensione cellulare (Conde et al., 2007).

Alcuni autori hanno messo in evidenza che la lunghezza del rachide è una delle principali componenti della compattezza del grappolo (Shavrukov et al., 2004). Shavrukov et al. (2004) hanno riportato che le differenze in lunghezza del rachide derivano dalla differenza di espansione cellulare. Anche la crescita del rachide è influenzata dalla disponibilità di carboidrati (Basile et al., 2015).

L'insieme di questi fattori determinano la morfologia finale e la forma del grappolo, pertanto, essi possono contribuire alla formazione di grappoli serrati (Tello et al., 2015). In viticoltura oltre agli studi che hanno confrontato cloni della stessa cultivar ma che presentavano grappoli con compattezza differente (Bernard e Leguay, 1988; Vail et al., 1998), altri autori hanno cercato di definire tecniche di sfogliatura (Poni et al., 2006, 2009; Intrieri et al., 2008; Intrigliolo et al., 2014), diradamento dei grappoli (Tardáguila et al., 2012), potature e forme di allevamento (Zabadal e Dittmer, 1998; Archer e Van Schalkwyk, 2007; Molitor et al., 2012) aventi lo scopo di rendere i grappoli più spargoli. Molte di queste strategie puntavano a ridurre il numero finale di acini per grappolo, anche se questo può causare anche una riduzione della produzione (Poni et al., 2006; Sabbatini e Howell, 2010). La rimozione delle foglie presenti nella zona del grappolo, applicata tra l'allegagione e l'invaiaatura, è una pratica agronomica utilizzata in viticoltura, per i vitigni con elevato vigore (Smart, 1985; Bledsoe et al., 1988), per diminuire l'umidità nella zona del grappolo

(Zoecklein et al., 1992) e aumentare la sintesi di composti aromatici nella bacca (Lee e Skinkis, 2013; Bergqvist et al., 2001; Spayd et al., 2002). La defogliazione determina una maggiore esposizione dei grappoli alla luce solare e favorisce la penetrazione di pesticidi nella zona di fruttificazione (Poni et al., 2008). Alcuni autori hanno effettuato studi per identificare quale fosse il periodo ottimale di applicazione delle defogliazioni per ridurre la compattezza del grappolo alla raccolta (Intrigliolo et al., 2014). Poni et al. (2006) hanno dimostrato che rimuovendo, in fase di pre-antesi, sei foglie basali del germoglio si riduce l'allegagione dei frutti con conseguente formazione di grappoli spargoli meno suscettibili a infezioni di *Botrytis cinerea*. La riduzione dell'allegagione è dovuta ad una minore disponibilità di carboidrati durante tale processo (Vasconcelos et al., 2009). La particolare efficacia di questa tecnica è riconducibile al fatto che durante la fioritura le foglie basali hanno il più alto tasso di fotosintesi netta (Petrie et al., 2003). La sfogliatura precoce è una pratica aziendale che può essere effettuata anche meccanicamente (Intrieri et al., 2008). Alcuni studi effettuati sull'applicazione delle sfogliature in pre-fioritura hanno messo in evidenza una minore crescita dell'acino (Staff et al., 1997; Ollat e Gaudillère, 1998; Poni et al., 2006; Intrigliolo et al., 2014), mentre in altri studi, effettuati in ambienti differenti e su altre cultivar, è stata riportata una maggior crescita degli acini dopo l'applicazione delle defogliazioni (Poni et al., 2008, 2009). L'applicazione delle defogliazioni in fase di pre-antesi può determinare anche una minore crescita del rachide principalmente a causa di una minor disponibilità di carboidrati nelle fasi post-allegagione (Basile et al., 2015). Questo effetto è funzione dell'intensità della defogliazione in pre-antesi (Basile et al., 2015). La riduzione della lunghezza del rachide può ridurre l'efficacia dei trattamenti di defogliazione sulla compattezza del grappolo. Questo effetto potrebbe essere dovuto al fatto che la rimozione delle foglie in fase di pre-fioritura può ridurre la disponibilità di carboidrati non solo durante il processo di allegagione, ma anche nelle fasi fenologiche successive quando il rachide è ancora in piena crescita (Matthews et al., 1987). Pertanto altri ricercatori hanno studiato tecniche alternative alla defogliazione in pre-antesi in grado di ridurre l'allegagione e quindi la compattezza del grappolo. Palliotti et al. (2010) hanno studiato l'impiego di antitraspiranti in pre-antesi ed hanno riportato una riduzione della fotosintesi delle foglie, con successiva riduzione di compattezza del grappolo alla raccolta. Tuttavia, l'effetto degli antitraspiranti sulla fotosintesi può persistere per sei-otto settimane dopo l'applicazione (Palliotti et al., 2010), con possibili effetti negativi sulla crescita e composizione dell'uva alla raccolta. Altra possibile strategia alternativa alla defogliazione in pre-antesi è stata valutata da Basile et al. (2015), i quali hanno messo in evidenza che l'ombreggiamento sovrachioma, applicato tra la pre-antesi e l'allegagione, può essere un'alternativa valida per ridurre il numero di acini per grappolo e la compattezza del grappolo alla raccolta, confermando i risultati di studi precedenti (Ferree et al.,

2001). Inoltre, l'ombreggiamento precoce sovrachioma a differenza delle defogliazioni, non sembra limitare la crescita del rachide (Basile et al., 2015). È possibile però ipotizzare che, indipendentemente dal tipo di trattamento applicato (defogliazione, ombreggiamento, antitranspiranti), il loro effetto sulle diverse componenti della compattezza del grappolo sia funzione dell'intensità della limitazione di carboidrati imposta e dalla fase fenologica in cui essa si verifica. Gran parte degli studi effettuati sull'applicazione delle defogliazioni in pre-antesi hanno però preso in considerazione uno o due intensità di defogliazione. Solo recentemente Acimovic et al. (2016) hanno confrontato quattro livelli di defogliazione in pre-antesi sulle caratteristiche quantitativo-qualitative della produzione del Pinot nero.

Diversi autori (Intrigliolo et al., 2014; Risco et al., 2014) hanno messo in evidenza che la defogliazione in fase di pre-antesi determina una riduzione di acidità titolabile delle uve alla raccolta. Altri autori hanno riportato che i frutti esposti alla luce solare, presentano livelli di acidità inferiori rispetto ai frutti non esposti (Crippen e Morrison, 1986; Dokoozlian e Kliever, 1996). Bergqvist et al. (2001) in uno studio effettuato nella regione calda di Central San Joaquin Valley (California) hanno suggerito che gli effetti della luce sulla composizione dell'uva sono fortemente dipendenti dalla temperatura delle bacche. L'acidità delle uve alla raccolta è un parametro importante per la produzione e la qualità dei vini (Fontoin et al., 2008; Oberque-Slier et al., 2012). Il pH del vino svolge un ruolo importante nella fermentazione malolattica (Fornachon, 1957) e nel determinare la suscettibilità a contaminazioni microbiche (Dupuy, 1957). Una riduzione di acidità delle uve non è desiderata per i vitigni già caratterizzati da livelli bassi di acidità, mentre può essere utile per quei vitigni caratterizzati da livelli di acidità troppo elevati. L'ombreggiamento della chioma tra la fase di pre-antesi e l'allegagione sembra essere, in questo senso, una valida alternativa alla defogliazione in pre-antesi per i vigneti localizzati in ambienti caldo-aridi, in quanto determina una riduzione dell'allegagione senza però rimuovere foglie nella zona del grappolo e senza influenzare negativamente l'acidità delle uve alla raccolta (Basile et al., 2015). Inoltre l'esposizione diretta dei grappoli alla luce solare può causare gravi scottature della buccia (Krasnow et al., 2010), che possono essere causate da temperatura elevata, radiazione ultravioletta o una combinazione delle due (Gindaba e Wand, 2005). Le scottature solari determinano gravi alterazioni del colore della buccia con la comparsa di lesioni di colore giallo, bronzo o marrone (Schrader et al., 2003). Danni da scottature riguardano solo le bacche che sono direttamente esposte alla luce solare (Krasnow et al., 2010), mentre gli acini disposti sul lato del grappolo non esposto si presentano sani. Da questo punto di vista, l'adozione di tecniche in grado di ridurre la compattezza del grappolo senza la rimozione di foglie (ombreggiamento, antitranspiranti) può risultare interessante. Inoltre, per cercare di evitare l'eccessiva esposizione dei grappoli alla luce solare causata dalla

defogliazione basale, è possibile, inoltre, ipotizzare l'impiego di defogliazioni asimmetriche che interessano solo uno dei lati della chioma (lato esposto ad est nei vigneti con filari orientati nord-sud oppure lato esposto a nord nel caso di filari orientati est-ovest). Non esistono studi pubblicati che analizzano l'efficacia di questi trattamenti nel ridurre la compattezza dei grappoli e la loro suscettibilità a danni da botrite o scottature solari.

Nonostante l'ombreggiamento sovrachioma, applicato tra la pre-antesi e l'allegagione, sembri essere una strategia interessante per modificare la compattezza del grappolo, il suo impiego può essere di non facile applicazione, a causa degli elevati costi delle strutture di sostegno e di quelli di montaggio e smontaggio delle reti. Per questo motivo Basile et al. (2015) hanno valutato l'efficacia di un ombreggiamento parziale localizzato della chioma, posizionando fasce di reti lateralmente alla parete vegetale. I risultati ottenuti dagli autori sembrano indicare che anche questa strategia possa essere valida, anche se nello studio è stata considerata un'unica intensità di questa tipologia di ombreggiamento.

Gli obiettivi della tesi sono di studiare da un punto quantitativo gli effetti della riduzione della disponibilità di carboidrati nella fase di antesi-allegagione sulle componenti della compattezza del grappolo e sulla suscettibilità agli attacchi di botrite del vitigno 'Greco', analizzandone le ripercussioni sulle caratteristiche quanti-qualitative della produzione e sulle caratteristiche sensoriali dei vini. Per perseguire questo obiettivo sono stati disegnati due esperimenti, che hanno preso in considerazione diverse strategie di gestione del vigneto (la defogliazione basale applicata in modo simmetrico ai due lati della chioma o asimmetrico e l'ombreggiamento) in grado di ridurre, durante la fase fenologica dell'antesi-allegagione, l'attività fotosintetica della pianta. Gli esperimenti hanno analizzato diversi aspetti correlati alle relazioni *source-sink* che regolano la crescita vegeto-produttiva della pianta e hanno valutato aspetti microclimatici della zona del grappolo, che hanno diretta influenza sulla composizione dell'acino. Gli esperimenti di questa tesi sono stati effettuati su piante del vitigno 'Greco', in quanto questa cultivar è caratterizzata da grappolo compatto, presenta uve con elevati livelli di acidità ed è sensibile ad attacchi di marciumi. La scelta di un vitigno a bacca bianca è inoltre stata effettuata in quanto gran parte degli studi precedenti di defogliazione, applicazione di antitraspiranti e ombreggiamento nella fase di antesi-allegagione hanno preso in considerazione vitigni a bacca nera. Il 'Greco' è un vitigno autoctono a bacca bianca, uno dei più importanti vitigni italiani, diffuso in Italia centrale e meridionale. Le uve di questa varietà sono impiegate nella produzione di vini di elevata qualità sia in purezza che in assemblaggio. In Italia è principalmente coltivato in Campania, in particolare nella provincia di

Avellino. In Campania sono coltivati 975 ettari di vitigno ‘Greco’ di cui 917 ettari sono destinati alla produzione di vini DOCG (Istat, 2010).

## **2. Materiali e metodi**

### **2.1. Esperimento 1**

#### *2.1.1. Materiale vegetale*

Lo studio è stato condotto per due anni (2014 e 2015) in un vigneto di proprietà di un’azienda vitivinicola privata e sito a Santa Paolina (Avellino, Italia; lat: 41°00’15.2’’N; long: 14°51’15.2’’E) ad un’altitudine di 400 m s.l.m.. Il suolo è argilloso con una pendenza di circa il 30%. Il vigneto, impiantato nel 1999, era costituito da piante della cultivar ‘Greco’ (*Vitis vinifera* L.) innestate su SO4 ed allevate a Guyot bilaterale. Il sesto d’impianto era di 1,5 x 2,5 m, con file a orientamento Est-Ovest. La struttura portante prevedeva tre coppie di fili di acciaio al di sopra del filo di banchina (posizionato ad un’altezza di 0,7 m dal suolo) per consentire il palizzamento dei germogli durante la stagione di crescita. Su ciascun capo a frutto erano presenti mediamente otto gemme.

#### *2.1.2. Trattamenti e disegno sperimentale*

Il disegno sperimentale ha previsto i seguenti nove trattamenti: (a) quattro trattamenti di defogliazione in pre-antesi, che prevedevano, rispettivamente, la rimozione delle foglie presenti nei primi 15 cm (D15), 30 cm (D30), 45 cm (D45) e 60 cm (D60) alla base dei germogli; (b) quattro trattamenti di ombreggiamento (tra la pre-antesi e l’allegagione) che prevedevano, rispettivamente, l’ombreggiamento delle foglie presenti nei primi 15 cm (R15), 30 cm (R30), 45 cm (R45) e 60 cm (R60) alla base del germoglio; (c) un trattamento Controllo, in cui le piante non sono state né defogliate né ombreggiate. Le defogliazioni sono state effettuate manualmente in pre-antesi in corrispondenza della fase fenologica H (Baggiolini, 1952). Questa si è verificata il 28 e il 25 maggio rispettivamente nel 2014 e nel 2015 (corrispondenti rispettivamente ai giorni dell’anno, DOY, 148 e 145). Gli ombreggiamenti sono stati applicati disponendo verticalmente ai due lati della chioma strisce di rete ombreggiante di altezza variabile a seconda del trattamento (15, 30, 45 e 60 cm rispettivamente nei trattamenti R15, R30, R45 e R60). La rete utilizzata era di colore bianco e presentava un potere ombreggiante nominale pari a 90% (Agriombra extra white, Arrigoni Spa, Uggiate Trevano, Como, Italia). Le reti sono state applicate, come le defogliazioni, in fase fenologica H e sono state rimosse in fase di piena allegagione, corrispondente alla fase fenologica J (Baggiolini, 1952), che si è verificata il 23 e il 19 giugno rispettivamente nel 2014 e nel 2015 (corrispondenti rispettivamente ai DOY 174 e 170).

Il disegno sperimentale era a blocchi completamente randomizzati con nove trattamenti e quattro blocchi. Per il controllo e per i trattamenti di defogliazione i blocchi erano costituiti da 40 piante (160 per trattamento), mentre per gli ombreggiati 20 piante a blocco (80 per trattamento). Il numero di piante incluse in ciascun blocco era maggiore nei trattamenti controllo e di defogliazione in quanto solo le uve di queste tesi sono state sottoposte a microvinificazione.

Prima dell'applicazione delle defogliazioni o degli ombreggiamenti in entrambi gli anni sono state selezionate quattro piante omogenee per blocco e su ciascuna di queste sono stati selezionati 2 germogli di dimensione media generalmente localizzati nella parte mediana del capo a frutto, per un totale di 32 germogli per trattamento.

### *2.1.3. Dati meteorologici*

I dati climatici nel 2014 e 2015 (temperatura media giornaliera, temperatura massima giornaliera, temperatura minima giornaliera, piovosità media giornaliera) sono stati misurati presso una stazione meteorologica sita a meno di 1 km dal sito sperimentale. Con i dati di temperatura minima, media e massima giornaliera, sono stati calcolati i seguenti indici bioclimatici: (a) temperatura media stagionale dal 1 aprile alla raccolta (Jones et al., 2010); (b) indice di Huglin dal 1 aprile al 30 settembre (Tonietto e Carbonneau, 2004).

### *2.1.4. Germogliamento e fertilità*

Il 25 maggio nel 2014 e il 19 maggio nel 2015 (corrispondenti rispettivamente ai DOY 145 e 139), su cinque piante per blocco (20 per trattamento), sono stati contati il numero di gemme, il numero di grappoli per germoglio, il numero di germogli e il numero di germogli fertili. Questi parametri sono stati utilizzati per calcolare la percentuale di germogliamento (numero di germogli/numero di gemme  $\times 100$ ), la percentuale di germogli fertili (numero di germogli fertili/numero di germogli  $\times 100$ ) e l'indice di fertilità potenziale (numero di grappoli/numero di germogli fertili). Nel 2016 non è stato possibile misurare questi parametri, in quanto, il 26 aprile 2016 si è verificata una gelata che ha danneggiato i germogli in accrescimento e le infiorescenze già formatesi.

### *2.1.5. Misure di crescita vegetativa*

In sei date nel 2014 (27 e 28 maggio, 4 e 25 giugno, 17 luglio, 6 agosto, corrispondenti rispettivamente ai DOY 147, 148, 155, 176, 198 e 218) e in 6 date nel 2015 (11, 22 e 25 maggio, 5 e 30 giugno, 23 luglio, corrispondenti rispettivamente ai DOY 131, 142, 145, 156, 181 e 204) è stata misurata la larghezza di tutte le foglie dei germogli selezionati (sia di quelli principali che delle femminelle). In ogni data, un campione di 25 foglie è stato inoltre prelevato da piante limitrofe a quelle impiegate nella prova sperimentale e per ciascuna di esse sono state misurate la larghezza

delle foglie ( $x$ ) e l'area fogliare ( $y$ ). Quest'ultima è stata misurata con un fogliarimetro (LI-3100, LI-COR, Inc., Lincoln, NB, USA). Questi dati sono stati utilizzati per calcolare la relazione tra area fogliare e larghezza della foglia ( $y = 0.74x^2 - 1.07x + 3.85$ ;  $r^2 = 0.98$ ). Questa relazione è stata utilizzata per stimare l'area delle singole foglie dei germogli selezionati e quindi per stimare l'area fogliare per germoglio. Nei trattamenti ombreggiati, durante il periodo di permanenza delle reti, le misure delle foglie poste sulla parte dei germogli coperta dalle reti sono state effettuate separatamente da quelle delle foglie più apicali che erano invece esterne alle reti. In questo modo è stato possibile stimare sia l'area fogliare per germoglio realmente ombreggiata che quella ancora esposta alla piena luce solare.

#### 2.1.6. Misure di scambi gassosi

Le misure di scambi gassosi sono state effettuate in sette date sia nel 2014 (27 maggio; 4, 10 e 23 giugno; 18 luglio; 4 e 18 agosto, corrispondenti rispettivamente ai DOY 147, 155, 161, 174, 199, 216 e 230) che nel 2015 (11, 22 e 29 maggio; 05 e 16 giugno; 03 e 17 luglio, corrispondenti rispettivamente ai DOY 131, 142, 149, 156, 167, 184 e 198) utilizzando un analizzatore di scambi gassosi (LCA4, ADC BioScientific Ltd., Hoddesdon, England) equipaggiato con una camera broad-leaf (con area della finestra della cuvetta pari a  $6,25 \text{ cm}^2$ ). Tutte le misure di scambio gassoso sono state effettuate tra le 11:30 e le 14:30 in condizioni di PAR (*photosynthetically active radiation*; 400-700 nm) saturante ( $\text{PAR} > 1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Quando disponibili, le misure sono state effettuate su foglie completamente espanse, situate in posizione mediana del germoglio. Nei trattamenti di defogliazione più intensi (D45 e D60), nella data immediatamente successiva all'applicazione dei trattamenti, non erano disponibili foglie completamente espanse e per questo motivo le misure di fotosintesi sono state effettuate su foglie rappresentative della popolazione di foglie disponibili, utilizzando comunque foglie con dimensioni sufficienti a ricoprire interamente l'area esposta della cuvetta dell'analizzatore di scambi gassosi. Per i trattamenti di ombreggiamento, nelle misure effettuate durante il periodo di permanenza delle reti, le misure sono state effettuate separatamente per le foglie in ombra e quelle esposte. La velocità di fotosintesi per germoglio è stata calcolata moltiplicando la velocità di fotosintesi per unità di area fogliare per l'area fogliare stimata. Durante la permanenza delle reti questo è stato effettuato sommando le stime di fotosintesi delle foglie in ombra a quelli delle foglie in piena luce.

#### 2.1.7. Allegagione

La percentuale di allegagione è stata stimata su 64 grappoli per trattamento utilizzando un approccio allometrico simile a quello descritto in precedenza da Poni et al. (2006). Le infiorescenze, presenti sui germogli selezionati, sono state fotografate con una camera digitale in corrispondenza della fase

fenologica H. Con l'ausilio di un software (Sigma Scan, Systat Software Inc) sono stati contati nelle foto il numero di fiori visibili. Nella stessa data (in fase H), su piante adiacenti a quelle utilizzate nella prova, un campione di 30 infiorescenze è stato prima fotografato in campo e successivamente prelevato e trasportato in laboratorio. Il numero di fiori per infiorescenza è stato sia contato in laboratorio (numero reale di fiori per infiorescenza) che contato nelle foto (numero di fiori visibili in foto). La relazione tra il numero reale di fiori per infiorescenza e il numero di fiori contati in foto (nel 2014:  $y = 1.79x - 9.67$ ,  $r^2 = 0.91$ ; nel 2015:  $y = 1.49x + 2.02$ ,  $r^2 = 0.83$ ) è stata utilizzata per stimare il numero reale di fiori presenti sulle infiorescenze dei germogli selezionati. Alla raccolta i grappoli selezionati sono stati prelevati e portati in laboratorio, dove è stato contato il numero di acini per grappolo. La percentuale di allegazione è stata calcolata come rapporto tra il numero di acini alla raccolta e il numero di fiori per infiorescenza stimato in fase H ( $\times 100$ ).

#### *2.1.8. Temperatura dei grappoli*

La temperatura del grappolo è stata misurata tramite termocamera (Flir A40; FLIR; Wilsonville, Oregon, USA). Le foto termiche sono state effettuate il 4 agosto 2014 e il 17 luglio tra le 11:30 e le 12:30 su 5 grappoli per trattamento. Successivamente con l'ausilio di un software (ThermaCAMResearcher, FLIR; Wilsonville, Oregon, USA) è stata rilevata la temperatura di tutti gli acini del grappolo visibili nella foto termica.

#### *2.1.9. Crescita e composizione dell'acino*

In diverse date tra l'allegazione e la raccolta (nel 2014: 30 giugno, 15 e 28 luglio, 11 e 26 agosto, 2, 8, 18 e 23 settembre, corrispondenti rispettivamente ai DOY 181, 196, 209, 223, 238, 245, 251, 261 e 266; nel 2015: 23 giugno, 9 e 24 luglio, 10 e 24 agosto, 9 e 14 settembre, corrispondenti rispettivamente ai DOY 174, 190, 205, 222, 236, 252 e 257), è stato prelevato un campione di 30 acini per blocco (120 acini per trattamento). Questi campioni sono stati utilizzati per effettuare misure di diametro degli acini utilizzando un calibro digitale, del contenuto in solidi solubili della polpa (CSS) utilizzando un rifrattometro digitale (HI96811, Hanna Instruments, Texas, USA), di pH ed acidità titolabile del succo. L'acidità titolabile è stata misurata aggiungendo al succo una soluzione 1N di idrossido di sodio (NaOH) fino al raggiungimento di un pH di 8,2. Il pH è stato misurato impiegando un pHmetro digitale (CLB22, Crison Instruments, Alella, Barcelona, Spain).

#### *2.1.10. Campionamento e analisi anatomiche degli acini*

In cinque date nel 2015 (29 maggio, 23 giugno, 24 luglio, 10 agosto e 9 settembre corrispondenti rispettivamente ai DOY 149, 174, 205, 222 e 252) sono stati campionati i fiori e i frutti dalle piante dei trattamenti controllo, D30 e D60. Per le analisi al microscopio, una parte dei fiori e dei frutti raccolti è stata immediatamente immersa in un fissativo chimico, formato da 5 ml di formaldeide al

40%, 5 ml di acido acetico glaciale, 90 ml di alcol etilico al 50% in acqua (FAA), e tenuta per almeno una settimana. L'utilizzo di tale fissativo consente di sostituire i succhi cellulari, bloccando l'attività metabolica delle cellule.

Per ciascun trattamento, in ogni data, sono stati sottoposti ad analisi anatomica 5 fiori o 5 acini (a seconda della data di campionamento). I fiori e gli acini sono stati sottoposti alla preparazione dei campioni per l'osservazione al microscopio, che consiste nelle seguenti fasi: prelievo di un sub-campione, disidratazione, infiltrazione ed inclusione in resina, sezionamento, colorazione, osservazione al microscopio, fotografia ed analisi d'immagine digitale. Il prelievo del sub-campione (5×5 mm) è stato effettuato nella zona mediana del frutto, comprendente epicarpo e mesocarpo.

I sub-campioni sono stati disidratati attraverso la seguente serie di passaggi in etanolo a concentrazioni crescenti:

1. 1 h in etanolo al 50%;
2. 1 h in etanolo al 70%;
3. 1 h in etanolo al 95%.

I sub-campioni così disidratati sono stati inclusi nella resina JB4® (Polysciences, Germany), che si compone di un monomero (soluzione A), un attivatore (soluzione B) ed un catalizzatore (componente granulare C). L'inclusione in resina si compone delle seguenti due fasi:

1. Infiltrazione: i sub-campioni sono stati immersi nella resina, la quale è costituita dalla soluzione A (100 ml) ed il catalizzatore C (1,25 g). I sub-campioni immersi in resina sono stati lasciati su un agitatore magnetico per un tempo sufficiente a far avvenire gli scambi dei fluidi nelle cellule (almeno 2 giorni);
2. Polimerizzazione: la reazione di polimerizzazione è stata innescata aggiungendo la soluzione B (1 ml) alla soluzione A catalizzata (25 ml). La polimerizzazione è avvenuta immergendo i sub-campioni nella resina catalizzata ed attivata in capsule di gelatina. A temperatura ambiente, la fase di polimerizzazione richiede alcune ore.

I sub-campioni in resina solidificata sono stati quindi sezionati con un microtomo rotativo per ottenere sezioni trasversali del frutto di 5 µm di spessore. Per ogni sub-campione sono stati preparati diversi vetrini, ciascuno con varie sezioni. Le sezioni prive di difetti tecnici sono state colorate con il blu di toluidina (con concentrazione 0,025% in 0,1M di tampone citrato a pH 4) (Reale et al., 2012), per ottenere una colorazione generalizzata di tutte le strutture cellulari ed

evidenziare le pareti cellulari. Le sezioni sono state montate con olio da immersione per microscopia, osservate al microscopio ottico a luce trasmessa (Olympus, BX60) e fotografate con fotocamera digitale (Olympus, Camedia C4040). Le immagini sono state sottoposte ad analisi d'immagine digitale col software Olympus AnalySIS® 3.2 al fine di contare e misurare l'area delle cellule del mesocarpo (standardizzando una zona di cellule nella parte mediana del mesocarpo). L'analisi d'immagine consente di caratterizzare differenze nella struttura dei tessuti, generando dati liberi dalla soggettività dell'operatore.

#### *2.1.11. Analisi degli acidi organici*

Nel 2015, in quattro date (23 giugno, 9 luglio, 10 agosto e 14 settembre corrispondenti rispettivamente ai giorni dell'anno, DOY, 174, 190, 222, 257) sono stati campionati 20 acini, per blocco, dei trattamenti controllo e defogliati. La prima fase dell'analisi degli acidi organici è consistita nell'estrazione, per ogni blocco, di 1 g di succo dagli acini freschi, successivamente diluito in una beuta con acqua ultrapura (Milli-Q, Merck Millipore, Darmstadt, Germany) fino al raggiungimento di 20 ml di volume totale. Una volta preparata la soluzione è stata posta in una provetta in attesa delle analisi. La soluzione è stata quindi iniettata in un cromatografo a scambio ionico (ICS-3000, Dionex, Sunnyvale, CA, USA) con rilevazione conduttimetrica, per la determinazione degli anioni organici. Per l'analisi sono state utilizzate una trappola IonPac ATC-HC, una pre-colonna IonPac AG11-HC 4mm, una colonna IonPac AS11-HC 4mm e un soppressore auto-rigenerante AERS500. La metodica ha previsto la rivelazione a gradiente di NaOH (1mM – 50mM) a 30°C, applicando un flusso di 1,5 mL/min con soppressione in modalità di riciclo.

#### *2.1.12. Raccolta*

Il contenuto in solidi solubili è stato utilizzato come indice per stabilire il momento della raccolta. In particolare la raccolta è stata effettuata quando le piante avevano raggiunto almeno 21 °Brix. Avendo i diversi trattamenti raggiunto questo obiettivo quasi contemporaneamente, la raccolta è stata eseguita in un'unica data per tutti i trattamenti (24 settembre nel 2014 e 18 settembre nel 2015, corrispondenti rispettivamente ai DOY 267 e 261). Alla raccolta, su 80 piante per trattamento (20 per blocco) è stato contato il numero di grappoli e pesata la produzione con una bilancia da campo. Il rapporto tra peso della produzione per pianta ed il numero di grappoli per pianta è stato utilizzato per stimare il peso medio del grappolo. I grappoli presenti sui 32 germogli selezionati in fase di pre-fioritura, alla raccolta sono stati prelevati e portati in laboratorio dove è stata effettuata la conta degli acini per grappolo e misurata la lunghezza totale del rachide (asse primario più ramificazioni). La compattezza del grappolo è stata valutata calcolando il rapporto tra il volume totale degli acini per grappolo (volume medio dell'acino × il numero di acini per grappolo) e la lunghezza totale del

rachide. Alla raccolta inoltre è stato stimato, tramite osservazione visiva, l'intensità del danno da botrite ai grappoli, indicando per ogni grappolo valutato (tutti i grappoli di 20 piante per trattamento) la percentuale di acini attaccati all'interno del grappolo. Inoltre alla raccolta è stato stimato tramite osservazione visiva anche l'intensità del danno da scottature solari ai grappoli, indicando per ogni grappolo (tutti i grappoli di 20 piante per trattamento) la percentuale di acini scottati dal sole.

#### 2.1.13. *Micro-vinificazioni*

Alla raccolta (24 settembre nel 2014 e 18 settembre nel 2015), l'uva dei trattamenti controllo e defogliati è stata sottoposta a micro-vinificazione. Il protocollo di vinificazione utilizzato era di tipo standard, pianificato in modo da limitare al massimo gli interventi tecnologici e correttivi. Le uve, una volta arrivate in cantina, sono state diraspate e torchiate e il mosto ottenuto è stato addizionato di metabisolfito di potassio (0,1 g/L) e chiarificato per mezzo di enzimi pectolitici (0,2 g/L di preparato enzimatico LAFAZYM CL) al fine di avviare la fase di illimpidimento per defecazione statica. Dopo 24 ore la parte limpida è stata separata mediante travaso da quella torbida/fecciosa. Si è proceduto così all'avvio della fermentazione con l'ausilio di lieviti secchi attivi (LSA) (0,2 g/L). Il ceppo usato per condurre la fermentazione delle uve bianche è stato il LVCB (DSM). La fermentazione è stata effettuata in micro-fermentatori termoregolati (settati a 18-20 °C) della capacità di 100 L. A fine fermentazione dopo un travaso il vino ottenuto è stato solfitato (0,1 g/L) e posto in bottiglie da 0,75 L.

#### 2.1.14. *Analisi sensoriale dei vini*

Sui vini ottenuti dalle micro-vinificazioni, sia nel 2014 che nel 2015, è stata eseguita un'analisi quantitativa descrittiva per valutare l'esistenza di differenze sensoriali tra i diversi campioni. Un *panel* composto da 9 giudici selezionati e addestrati hanno valutato le caratteristiche olfattive (odore e aroma) dei cinque vini. I campioni di vino (40 mL) sono stati serviti in calici di vetro nero, codificati con codici numerici casuali a tre cifre, secondo un ordine randomizzato. Per quanto concerne l'odore, sono stati valutati i seguenti descrittori, generati dal *panel* secondo il metodo del consenso: fruttato e floreale. Per quanto concerne l'aroma sono stati valutati i descrittori fruttato e floreale, generati secondo lo stesso metodo. Per la valutazione quantitativa sono state impiegate le schede ufficiali proposte dall'UIV (Unione Italiana Vini), i giudici hanno valutato l'intensità dei descrittori d'odore e d'aroma utilizzando scale non strutturate di 10 cm, ancorate ai valori 0 e 10 (0 = assente, 10 = massima percezione).

Infine, ai giudici è stato chiesto di esprimere un punteggio edonistico di gradimento globale sui vini esaminati, utilizzando una scala non strutturata di 10 cm, ancorata ai valori 0 (= lo trovo estremamente sgradevole) e 10 (= lo trovo estremamente gradevole).

### 2.1.13. *Analisi statistica*

La significatività dell'effetto dei trattamenti di defogliazione e ombreggiamento sui diversi parametri misurati è stata valutata tramite ANOVA univariata, utilizzando il test di Duncan ( $P \leq 0,05$ ) come test *post-hoc* per la separazione delle medie. La relazione tra il numero di fiori per germoglio nel 2015 e la fotosintesi stimata per germoglio all'applicazione dei trattamenti nel 2014 è stata studiata tramite regressione lineare. La relazione tra la percentuale di allegagione nel 2014 e la fotosintesi stimata per germoglio all'applicazione dei trattamenti nel 2014, quella tra acidità titolabile misurata sul succo degli acini in fase I e la fotosintesi teoricamente disponibile per ciascun acino (nel 2014 e nel 2015), quella tra l'acidità titolabile del succo degli acini misurata alla raccolta e la temperatura degli acini misurata durante la fase di maturazione (nel 2014 e 2015), quella tra l'intensità del danno da scottatura agli acini e la PAR (*photosynthetically active radiation*) misurata a mezzogiorno durante la fase di maturazione dell'uva nel 2015 sono state studiate tramite analisi di regressione utilizzando un modello polinomiale di secondo ordine. La relazione tra l'intensità del danno da botrite e l'indice di compattezza del grappolo (nel 2014) è stata studiata tramite analisi di regressione utilizzando un modello potenza. Il coefficiente di correlazione di Pearson ( $P \leq 0,05$ ;  $P \leq 0,01$ ) è stato utilizzato per studiare la relazione tra il punteggio edonistico e l'intensità dei descrittori sensoriali valutati per i vini ottenuti nel 2014. Tutte le analisi statistiche sono state eseguite tramite il software SPSS 18.0 (SPSS, Chicago, IL).

## 2.2. **Esperimento 2**

### 2.2.1. *Materiale vegetale*

Lo studio è stato condotto nel 2016 in un vigneto di proprietà di un'azienda vitivinicola privata e sito a Montefusco (Avellino, Italia; lat: 41°01'36.8"N; long: 14°52'32.0"E) ad un'altitudine di 600 m s.l.m.. Il suolo è argilloso con una pendenza di circa il 15%. Il vigneto, impiantato nel 1999, era costituito da piante della cultivar 'Greco' (*Vitis vinifera* L.) innestate su SO4 ed allevate a Guyot bilaterale. Il sesto d'impianto era di 1,5 x 2,5 m, con file a orientamento Sud-Est/Nord-Ovest (25° a sud di est). La struttura portante prevedeva tre coppie di fili di acciaio al di sopra del filo di banchina (posizionato ad un'altezza di 0,7 m dal suolo) per consentire il palizzamento dei germogli durante la stagione di crescita. Su ciascun capo a frutto erano presenti mediamente otto gemme.

### 2.2.2. *Trattamenti e disegno sperimentale*

Il disegno sperimentale ha previsto i seguenti cinque trattamenti: (a) quattro trattamenti di defogliazione in pre-antesi, che prevedevano, rispettivamente, la rimozione delle foglie presenti solo sul lato nord nei primi 15 cm (DA15), 30 cm (DA30), 45 cm (DA45) e 60 cm (DA60) alla base dei germogli; (b) un trattamento Controllo, in cui le piante non sono state defogliate. Le defogliazioni sono state effettuate manualmente in pre-antesi in corrispondenza della fase fenologica H (Baggiolini, 1952). Questa si è verificata il 30 maggio 2016 (DOY 151).

Il disegno sperimentale era a blocchi completamente randomizzati con cinque trattamenti e quattro blocchi. Ciascun trattamento è stato applicato ad un totale di 120 piante (30 per blocco). Prima dell'applicazione delle defogliazioni sono state selezionate tre piante omogenee per blocco e su ciascuna di queste sono stati selezionati 2 germogli per un totale di 24 germogli per trattamento.

### 2.2.3. *Dati meteorologici*

I dati climatici (temperatura media giornaliera, temperatura massima giornaliera, temperatura minima giornaliera, piovosità media giornaliera) sono stati misurati presso una stazione meteorologica sita a meno di 1 km dal sito sperimentale. Con i dati di temperatura minima, media e massima giornaliera, sono stati calcolati i seguenti indici bioclimatici: (a) temperatura media stagionale dal 1 aprile alla raccolta (Jones et al., 2010); (b) indice di Huglin dal 1 aprile al 30 settembre (Tonietto e Carbonneau, 2004).

### 2.2.4. *Germogliamento e fertilità*

Il 24 maggio 2016, su cinque piante per blocco, sono stati contati il numero di gemme, il numero di grappoli per germoglio, il numero di germogli e il numero di germogli fertili. Questi parametri sono stati utilizzati per calcolare la percentuale di germogliamento (numero di germogli/numero di gemme  $\times 100$ ), la percentuale di germogli fertili (numero di germogli fertili/numero di germogli  $\times 100$ ) e l'indice di fertilità potenziale (numero di grappoli/numero di germogli fertili).

### 2.2.5. *Misure di crescita vegetativa*

In cinque date (27 e 30 maggio, 6 e 24 giugno, 14 luglio e 9 agosto, corrispondenti rispettivamente ai DOY 148, 151, 176, 196 e 222) è stata misurata la larghezza di tutte le foglie dei germogli selezionati (sia di quelli principali che delle femminelle). In ogni data, un campione di 25 foglie è stato inoltre prelevato da piante limitrofe a quelle impiegate nella prova sperimentale e per ciascuna di esse sono state misurate la larghezza delle foglie (x) e l'area fogliare (y). Quest'ultima è stata misurata con un fogliarimetro (LI-3100, LI-COR, Inc., Lincoln, NB, USA). Questi dati sono stati utilizzati per calcolare la relazione tra area fogliare e larghezza della foglia ( $y = 0,64x^2 + 0,91x -$

1,42  $r^2 = 0,98$ ). Questa relazione è stata utilizzata per stimare l'area delle singole foglie dei germogli selezionati e quindi per stimare l'area fogliare per germoglio.

#### 2.2.6. *Misure di scambi gassosi*

Le misure di scambi gassosi sono state effettuate in sei date (27 maggio; 6 e 29 giugno; 18 luglio; 10 e 25 agosto, corrispondenti rispettivamente ai DOY 148, 158, 181, 200, 223 e 238) utilizzando un analizzatore di scambi gassosi (LCA4, ADC BioScientific Ltd., Hoddesdon, England) equipaggiato con una camera broad-leaf (con area della finestra della cuvetta pari a 6,25 cm<sup>2</sup>). Tutte le misure di scambio gassoso sono state effettuate tra le 11:30 e le 14:30 in condizioni di PAR (*photosynthetically active radiation*; 400-700 nm) saturante (PAR > 1500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). Le misure sono state effettuate su foglie completamente espanse, situate in posizione mediana del lato esposto a sud del germoglio.

#### 2.2.7. *Allegagione*

La percentuale di allegagione è stata stimata su 48 grappoli per trattamento utilizzando un approccio allometrico come quello descritto per l'esperimento 1, ricalcolando con un nuovo campione di foglie la relazione tra numero di fiori per infiorescenza e il numero di fiori contati in foto:  $y = 1,59x - 12,76$   $r^2 = 0,94$ .

#### 2.2.8. *Temperatura dei grappoli*

La temperatura del grappolo è stata misurata tramite termocamera (Flir E8; FLIR; Wilsonville, Oregon, USA). Le foto termiche sono state effettuate il 24 agosto 2016 (DOY 237) alle ore 10, 12 e 16 su 5 grappoli per trattamento. Successivamente con l'ausilio di un software (ThermaCAMResearcher, FLIR; Wilsonville, Oregon, USA) è stata rilevata la temperatura di tutti gli acini del grappolo visibili nella foto termica.

#### 2.2.9. *Crescita e composizione dell'acino*

In diverse date tra l'allegagione e la raccolta (07 e 18 Luglio, 2 e 17 Agosto, 2, 21 e 28 Settembre e 5 ottobre, corrispondenti rispettivamente ai DOY 189, 200, 215, 230, 246, 265, 272 e 279) è stato prelevato un campione di 30 acini per blocco (120 acini per trattamento). Questi campioni sono stati utilizzati per effettuare misure di diametro degli acini utilizzando un calibro digitale, del contenuto in solidi solubili della polpa (CSS) utilizzando un rifrattometro digitale (HI96811, Hanna Instruments, Texas, USA), di pH ed acidità titolabile del succo. L'acidità titolabile è stata misurata aggiungendo al succo una soluzione 1N di idrossido di sodio (NaOH) fino al raggiungimento di un pH di 8,2. Il pH è stato misurato impiegando un pHmetro digitale (CLB22, Crison Instruments, Alella, Barcelona, Spain).

### 2.2.10. Raccolta

Il contenuto in solidi solubili è stato utilizzato come indice per stabilire il momento della raccolta. In particolare la raccolta è stata effettuata quando le piante avevano raggiunto almeno 21 °Brix. Avendo i diversi trattamenti raggiunto questo obiettivo quasi contemporaneamente, la raccolta è stata eseguita in un'unica data in tutti i trattamenti (05 ottobre, DOY 279). Alla raccolta, per ciascuna pianta (120 per trattamento) è stato contato il numero di grappoli e pesata la produzione con una bilancia da campo. Il rapporto tra peso del raccolto per pianta ed il numero di grappoli per pianta è stato utilizzato per stimare il peso medio del grappolo. I grappoli presenti sui 24 germogli selezionati in fase di pre-fioritura, alla raccolta sono stati prelevati e portati in laboratorio dove è stata effettuata la conta degli acini per grappolo e misurata la lunghezza totale del rachide (asse primario più ramificazioni). La compattezza del grappolo è stata valutata calcolando il rapporto tra il volume totale degli acini per grappolo (volume medio dell'acino × il numero di acini per grappolo) e la lunghezza totale del rachide. Alla raccolta inoltre è stato stimato tramite osservazione visiva l'intensità del danno ai grappoli da botrite, indicando per ogni grappolo valutato (tutti i grappoli di 20 piante per trattamento) la percentuale di acini attaccati all'interno del grappolo.

### 2.2.11. Analisi statistica

La significatività dell'effetto dei trattamenti di defogliazione asimmetrica sui diversi parametri misurati è stata valutata tramite ANOVA univariata, utilizzando il test di Duncan ( $P \leq 0,05$ ) come test *post-hoc* per la separazione delle medie.

La relazione tra l'acidità titolabile misurata sul succo degli acini alla fine della fase I e la fotosintesi teoricamente disponibile per ciascun acino è stata studiata tramite regressione lineare.

Tutte le analisi statistiche sono state eseguite tramite il software SPSS 18.0 (SPSS, Chicago, IL).

## 3. Risultati

### 3.1. Esperimento1

#### 3.1.1. Andamento climatico

La temperatura media giornaliera dell'aria in pre-invaitura è risultata di 17,3 e 19,0 °C rispettivamente nel 2014 e 2015, mentre nello stesso periodo si sono registrati 326 e 146 mm di pioggia rispettivamente nel 2014 e 2015. In post-invaitura (fino alla raccolta) la temperatura media giornaliera dell'aria è risultata pari a 21,1 e 22,7 °C rispettivamente nel 2014 e 2015, mentre nello stesso periodo si sono registrati 126 e 118 mm di pioggia rispettivamente nel 2014 e 2015. La temperatura media stagionale è risultata pari a 18,5 e 19,9 °C, rispettivamente nel 2014 e 2015.

Pertanto, il clima della zona dove è stato condotto lo studio, può essere classificato tra 'warm' e 'hot' (Jones et al., 2010). L'indice Huglin è risultato pari a 2244 e 2599 °C, rispettivamente nel 2014 e 2015. In base a questo indice, il clima della zona può essere classificato tra 'temperate warm' e 'warm' (Tonietto e Carbonneau 2004).

### 3.1.2. Crescita vegetativa

In entrambi gli anni, le defogliazioni hanno indotto una riduzione significativa dell'area fogliare per germoglio (delle foglie principali) rispetto alle piante dei trattamenti controllo e di ombreggiamento (Fig. 1 e 2). Questo effetto è risultato essere una funzione dell'intensità della defogliazione e le differenze si sono mantenute significative fino alla fine della crescita vegetativa, nonostante queste differenze si siano ridotte alla fine della crescita. Le piante sottoposte a trattamenti di ombreggiamento, invece, a partire dalla data di misurazione successiva alla rimozione delle reti (DOY 176) e fino a fine crescita vegetativa hanno presentato un'area fogliare per germoglio (foglie principali) significativamente maggiori rispetto al controllo e alle piante defogliate in entrambi gli anni (Fig. 1C e 2C). L'analisi dell'area fogliare totale per germoglio conferma, per entrambi gli anni, un incremento della crescita vegetativa nei trattamenti ombreggiati e una riduzione della stessa nei trattamenti di defogliazione rispetto al controllo (Fig. 1I e 2I). Questi effetti sono correlati all'intensità del trattamento, raggiungendo spesso livelli di significatività, rispetto al controllo, solo nei trattamenti di intensità medio alta. In generale la crescita vegetativa delle piante per il 2014 è risultata essere tendenzialmente superiore al 2015 per tutti i trattamenti (Fig. 1 e 2).

### 3.1.3. Attività fotosintetica

In entrambi gli anni la defogliazione ha causato una riduzione significativa della velocità di fotosintesi in due date (in una data nel 2015) successive all'applicazione dei trattamenti rispetto al controllo (Fig. 3C, D, E e F). Anche questo effetto è risultato funzione dell'intensità del trattamento, raggiungendo livelli di significatività per i trattamenti di intensità medio-alta (D30, D45 e D60). Nessuna differenza tra i defogliati e il controllo è stata evidenziata invece tra l'allegazione e la fine della crescita vegetativa con valori medi di  $11,8 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Fig. 3G e H). Per quanto riguarda i trattamenti di ombreggiamento, la velocità di fotosintesi delle foglie sotto rete, è risultata significativamente minore rispetto a tutti gli altri trattamenti (incluse le foglie delle piante ombreggiate situate fuori rete) per tutto il periodo di presenza delle reti. Anche questo effetto è risultato funzione dell'intensità dell'ombreggiamento. Durante il periodo di applicazione delle reti, le foglie situate fuori rete dei trattamenti R15 e R30, presentavano fotosintesi simile al controllo, mentre nello stesso periodo la velocità di fotosintesi dei trattamenti più intensi (R45 e R60) è risultata minore rispetto al controllo. A partire dall'allegazione fino al completamento della crescita

vegetativa, anche per le tesi ombreggiate, le foglie in piena luce (esterne alle reti) hanno presentato attività fotosintetica simile a quella del controllo.

L'analisi della fotosintesi stimata per germoglio ha evidenziato, in entrambi gli anni, ampi effetti significativi dei trattamenti di defogliazione e ombreggiamento (Fig. 4). In particolare tra l'applicazione dei trattamenti e l'allegagione, la fotosintesi per germoglio è risultata significativamente minore in tutte le piante defogliate e ombreggiate rispetto al testimone (Fig. 4). Questo effetto è risultato funzione dell'intensità del trattamento. Dall'allegagione fino alla fine della crescita vegetativa le tesi ombreggiate hanno presentato una fotosintesi per germoglio superiore al controllo (nel 2015 nell'ultima data di misurazione le differenze tra le piante del trattamento controllo e di quelli ombreggiati non sono risultate significative) mentre, al contrario, le tesi defogliate presentavano livelli di fotosintesi per germoglio tendenzialmente minori al controllo (Fig. 4).

#### *3.1.4. Germogliamento e fertilità*

In entrambi gli anni la percentuale di germogliamento è risultata simile in tutti i trattamenti (mediamente pari a 88% e 86% rispettivamente nel 2014 e 2015). Nel 2014 non si sono registrate differenze, tra i trattamenti, nella percentuale di germogli fertili e nell'indice di fertilità potenziale (con valori medi rispettivamente di 92% e 1,6 grappoli per germoglio fertile), mentre nel 2015 sono state riscontrate differenze significative in entrambi i parametri (Fig. 5). Infatti nel secondo anno, le piante del trattamento D60 presentavano la percentuale di germogli fertili e un indice di fertilità potenziale, significativamente inferiori al controllo (Fig. 5). Nel primo anno non sono state riscontrate differenze significative nel numero di fiori per germoglio (in media circa 600 fiori per germoglio), mentre nel 2015 questo parametro è aumentato linearmente con la fotosintesi stimata per germoglio nell'anno precedente subito dopo l'applicazione dei trattamenti (Fig. 6). In generale la fertilità nel secondo anno è risultata significativamente maggiore rispetto al primo. Nel secondo anno infatti il testimone presentava circa 1000 fiori per germoglio contro i circa 600 fiori per germoglio del primo anno.

#### *3.1.5. Percentuale di allegagione, crescita dell'acino e componenti della compattezza*

Nel 2014 la percentuale di allegagione è aumentata in modo quadratico con la fotosintesi stimata per germoglio subito dopo l'applicazione dei trattamenti, passando dal 38,7% per il D60 al 52,6% per il controllo (Fig. 7A), mentre nel secondo anno questa relazione non è risultata significativa (Fig. 7B). In entrambi gli anni il numero di acini per grappolo alla raccolta è risultato significativamente ridotto da tutti i trattamenti rispetto al testimone (ad eccezione del D15 nel 2014; Fig. 8A e 8B). Nel 2014 le piante dei trattamenti D45 e D60 presentavano il numero di acini per

grappolo più basso (rispettivamente 148 e 156 acini per grappolo), mentre i trattamenti di ombreggiamento e il D30 presentavano valori intermedi (187 acini per grappolo) di questo parametro (Fig. 8A). Nel 2015 invece il numero di acini per grappolo più basso è stato misurato nei trattamenti D60 e in quelli di ombreggiamento (in media 179 acini), mentre i valori intermedi sono stati riscontrati nei trattamenti D15, D30 e D45 (rispettivamente 226, 209 e 222 acini per grappolo; Fig. 8B).

In entrambi gli anni, i trattamenti di defogliazione e ombreggiamento hanno influenzato significativamente questo parametro durante l'intero periodo di crescita. In particolare nel 2014, tutti i trattamenti di defogliazione e i trattamenti R45 e R60 hanno determinato una riduzione della dimensione dell'acino già durante la fase I della doppia sigmoide (Fig. 9C e D). Alla raccolta del primo anno, il diametro degli acini nei trattamenti D30, D45, D60, R30, R45 e R60 risultava significativamente minore rispetto a C e R15 (Fig. 9G). In modo simile nel 2015, i trattamenti di defogliazione più intensi hanno determinato una riduzione della crescita diametrale degli acini rispetto al testimone (Fig. 9H).

L'analisi anatomica della struttura del parenchima della parete dell'ovario e del mesocarpo dell'acino, ha messo in evidenza che nel parenchima della parete dell'ovario non esistevano differenze nel numero di cellule tra il controllo e i trattamenti D30 e D60 (Tab. 2). All'allegagione e alla raccolta il mesocarpo dei frutti D60 presentavano un numero di cellule significativamente inferiore rispetto al controllo e D30. All'allegagione non si sono registrate differenze significative tra i tre trattamenti nella dimensione cellulare, mentre nelle fasi successive della crescita dell'acino questo parametro tendeva a decrescere passando dal trattamento D60 agli altri trattamenti (Tab. 2). Alla raccolta l'area delle cellule del mesocarpo è risultato maggiore nelle piante D60 rispetto a C e D30 (Tab. 2).

Il volume dell'acino è risultato influenzato in entrambi gli anni dai trattamenti (Fig. 8C e 8D), in particolare nel primo anno il volume dell'acino è risultato significativamente minore in tutti i trattamenti di defogliazione e nei trattamenti R30, R45 e R60 rispetto al testimone (Fig. 8C). Nel 2014 inoltre sia nel caso della defogliazione che dell'ombreggiamento, quest'effetto è stato proporzionale all'intensità del trattamento. Nel 2015 il volume dell'acino dei trattamenti D30, D45 e D60 è risultato significativamente minore del testimone, mentre questo parametro è risultato maggiore nei trattamenti R15 e R30 rispetto al controllo (Fig. 8D). Nel 2015 non si sono invece riscontrate differenze nel volume dell'acino tra i trattamenti C, D15, R45 e R60 (Fig. 8D).

Nel 2014 la lunghezza del rachide è stata ridotta dal trattamento D60 di circa 9 cm rispetto al controllo (Fig. 8E), mentre nel 2015 questo parametro è risultato significativamente minore nei trattamenti D30, D60 e R60 (rispettivamente 42, 42 e 44 cm) rispetto al testimone che presentava valori medi di 55 cm (Fig. 8F).

In entrambi gli anni l'indice di compattezza è stato ridotto significativamente dai trattamenti di defogliazione e ombreggiamento rispetto al controllo, tranne che nel caso del D15 nel 2014 (Fig. 8G e 8H). Nel 2014 l'effetto delle defogliazioni su questo parametro è risultato essere funzione dell'intensità del trattamento, passando da valori di  $4,9 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-1}$  per il controllo a  $3,9 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-1}$  per il D60 (Fig. 8G). Invece nel 2015 i valori più bassi dell'indice di compattezza sono stati misurati nei trattamenti di ombreggiamento (Fig. 8H).

### *3.1.6. Componenti della produzione*

Nel 2014 il peso medio del grappolo dei trattamenti D45, D60, R45 e R60 è risultato significativamente inferiore rispetto al controllo e agli altri trattamenti (Fig. 10A). Nel secondo anno il peso medio del grappolo delle piante D60 è risultato significativamente minore rispetto al testimone, ai trattamenti di ombreggiamento e ai trattamenti D15 e D30, mentre le piante R15 e R30 presentavano un peso medio del grappolo superiore rispetto al testimone (Fig. 10B).

Nel 2014, il numero di grappoli per pianta è risultato simile in tutti i trattamenti (circa 19) (Fig. 10C), mentre nel secondo anno tutti i trattamenti di ombreggiamento e defogliazione, presentavano un numero di grappoli per pianta significativamente inferiore rispetto al testimone (Fig. 10D). Nel caso dei trattamenti di defogliazione l'effetto di riduzione della fertilità è risultato funzione dell'intensità del trattamento (Fig. 10D). Il numero di grappoli per pianta del testimone è risultato lievemente superiore nel 2015 (circa 20 grappoli per pianta) rispetto al primo anno (Fig. 10C e 10D).

Nel 2014 la produzione per pianta dei trattamenti D45, D60 e R60 è risultata minore rispetto al testimone (Fig. 10E). Nel 2015, invece, tutti i trattamenti di defogliazione presentavano una produzione per pianta minore del testimone, con effetto proporzionale all'intensità del trattamento, mentre i trattamenti di ombreggiamento presentavano valori di produzione simile al controllo (Fig. 10F). In generale nel secondo anno il peso medio del grappolo e la produzione per pianta sono risultati, per gran parte dei trattamenti, minori rispetto al 2014 (Fig. 10).

### *3.1.7. Composizione degli acini*

In entrambi gli anni l'andamento stagionale del contenuto in solidi solubili e dell'acidità titolabile del succo dell'acino è risultato influenzato significativamente dai trattamenti (Fig. 11 e 12),

determinando differenze significative in questi parametri. Nel primo anno il contenuto in solidi solubili dei trattamenti R15 e R60 è risultato di circa 1 °Brix superiore rispetto al testimone, mentre nel secondo anno i trattamenti D30, D45 e D60 presentavano circa 1-2 °Brix in più rispetto al controllo a seconda dell'intensità del trattamento (Fig. 11). Nel 2015 i trattamenti R15, R30 e R60 presentavano un contenuto in solidi solubili minore rispetto al testimone (Fig. 11).

In entrambi gli anni l'acidità titolabile misurata ad inizi invaiatura è aumentata in modo curvilineo all'aumentare della fotosintesi per acino misurata dopo l'applicazione dei trattamenti seguendo una funzione quadratica, tale funzione era differente per i trattamenti di defogliazione (e il controllo) e gli ombreggiamenti (e il controllo) con valori di acidità titolabile, a parità di fotosintesi per acino, minori per i trattamenti di ombreggiamento rispetto ai trattamenti di defogliazione (Fig. 13). Alla raccolta, escludendo i trattamenti R45 e R60 nel 2014 e il trattamento R60 nel 2015, l'acidità titolabile è diminuita in modo quadratico all'aumentare della temperatura degli acini misurata in pieno campo (Fig. 14).

Nel 2015 all'allegagione la concentrazione di acido malico nel succo degli acini è risultato significativamente inferiore nel trattamento D60 rispetto ai trattamenti C, D15, D30 e D45, mentre l'acido tartarico non è stato influenzato dai trattamenti di defogliazione (Tab. 1). Contemporaneamente nella stessa data il rapporto malato/tartrato è stato ridotto significativamente dai trattamenti di defogliazione, in modo proporzionale all'intensità di defogliazione (Tab. 1). Dati simili sono stati riscontrati nella misura effettuata durante la fase I della crescita dell'acino, con la differenza che anche il trattamento D45 presentava una riduzione significativa di acido malico rispetto ai trattamenti C e D15. Alla raccolta non sono state riscontrate differenze significative nella concentrazione dell'acido malico e tartarico e nel rapporto malato/tartrato, anche se si è verificata una tendenza dei defogliati a presentare valori di tale rapporto minori rispetto al controllo (Tab. 1).

### 3.1.8. *Danni da attacchi di botrite e scottature*

Nel 2014 l'intensità del danno da botrite è aumentato all'aumentare dell'indice di compattezza secondo una funzione potenza, passando dal 7,4% per il controllo al 2,2% per il D60 (Fig. 15A), mentre nel 2015 non si sono registrati attacchi di questo patogeno. Nel 2015 l'intensità del danno da scottature solari è aumentato in modo quadratico con la PAR misurata nella zona del grappolo, in particolare, incrementi di questo danno rispetto al testimone si sono registrati nelle piante defogliate per esposizioni superiori a circa  $1250 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Fig. 15B). Nel 2014 invece non si erano registrati danni da scottature.

### 3.1.9. *Caratteristiche sensoriali dei vini*

Nel 2014 il punteggio edonistico dei vini ottenuti dai trattamenti D15, D30 e D45 è risultato significativamente maggiore rispetto ai trattamenti C e D60 (Fig. 16). Nel 2015 i punteggi edonistici ottenuti dai vini risultavano più bassi di quelli del primo anno di sperimentazione e non si sono registrate differenze significative tra i trattamenti (Fig.16). Nel 2015 il punteggio edonistico è risultato positivamente correlato all'odore floreale e fruttato e all'aroma floreale e fruttato (Tab. 3), inoltre, il punteggio assegnato all'odore fruttato dei vini nei trattamenti C e D60 è risultato significativamente minore rispetto ai trattamenti D15, D30 e D45 (Fig. 16). Inoltre i vini dei trattamenti C e D60 presentavano un odore floreale minore rispetto ai trattamenti D30 e D45, mentre il vino D15 presentava un odore floreale intermedio. Non si sono invece riscontrate differenze tra i trattamenti nei punteggi assegnati dal *panel* per gli aromi fruttato e floreale e per i gusti acido e salato (dati non mostrati).

## 3.2. **Esperimento 2**

### 3.2.1. *Andamento climatico*

La temperatura media giornaliera dell'aria in pre-invaiaura è risultata di 18,5 °C, mentre nello stesso periodo si sono registrati 272 mm di pioggia. In post-invaiaura (fino alla raccolta) la temperatura media giornaliera dell'aria è risultata pari a 19,6 °C, mentre nello stesso periodo si sono registrati 300 mm di pioggia. La temperatura media stagionale è risultata pari a 19,0 °C, pertanto, il clima della zona dove è stato condotto lo studio, può essere classificato come 'hot' (Jones et al., 2010). L'indice Huglin è risultato pari a 2382 °C. In base a questo indice, il clima della zona può essere classificato come '*temperate warm*' (Tonietto e Carbonneau 2004).

### 3.2.2. *Crescita vegetativa*

I trattamenti di defogliazione asimmetrica hanno ridotto significativamente l'area fogliare del germoglio principale subito dopo l'applicazione dei trattamenti in modo proporzionale all'intensità delle defogliazioni. Queste differenze si sono successivamente ridotte fino a scomparire nelle ultime fasi della crescita vegetativa (Fig. 17). Le defogliazioni più spinte (DA30, DA45 e DA60), nonostante abbiano inizialmente stimolato la crescita delle femminelle, anche per questo parametro non si sono registrate differenze significative nella crescita finale (Fig. 17). Pertanto anche l'analisi dell'andamento stagionale dell'area fogliare totale per germoglio (principali più femminelle) ha fatto registrare differenze significative solo subito dopo l'applicazione dei trattamenti (Fig. 17). Anche in questo caso le differenze sono risultate proporzionali all'intensità del trattamento.

### 3.2.3. *Attività fotosintetica*

In tutte le date di misurazione non sono state riscontrate differenze significative nella velocità di fotosintesi tra i trattamenti, che è risultata in media oscillare tra 11,4 e 13,7  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  a seconda della data di misurazione (Fig. 18).

### 3.2.4. *Germogliamento e fertilità*

La percentuale di germogliamento è risultata simile in tutti i trattamenti (94,7 %). La percentuale di germogli fertili e l'indice di fertilità potenziale sono risultati simili in tutti i trattamenti con valori medi rispettivamente di 93 % e 1,7.

### 3.2.5. *Crescita dell'acino*

Nonostante in alcune date durante la fase II della crescita del frutto il diametro dell'acino del trattamento DA60 sia risultato significativamente minore del testimone, nella fase finale della crescita del frutto e fino alla raccolta queste differenze non sono risultate più significative (Fig. 19).

### 3.2.6. *Percentuale di allegagione e componenti della compattezza*

La percentuale di allegagione e il numero di acini per grappolo alla raccolta sono risultati significativamente minori nelle piante del trattamento DA60 rispetto alle piante controllo e DA15, mentre i trattamenti DA30 e DA45 hanno presentato valori intermedi per questi parametri (Fig. 20 e 21). Le altre componenti della compattezza (volume dell'acino e lunghezza del rachide) non sono risultate influenzate significativamente dai trattamenti (Fig. 21B e 21C). L'indice di compattezza del grappolo è risultato significativamente minore nei trattamenti di defogliazione asimmetrica DA30, DA45 e DA60 (in media  $3,5 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-1}$ ) rispetto ai trattamenti C e DA15 (in media  $4 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-1}$ ; Fig. 21D).

### 3.2.7. *Componenti della produzione*

Il peso medio del grappolo e la produzione per pianta è risultata significativamente minore nei trattamenti DA45 e DA60 rispetto al testimone e ai trattamenti DA15 e DA30 (Fig. 22). Nessuna differenza è stata riscontrata tra i trattamenti nel numero di grappoli per pianta, che è risultato essere pari a circa 25 (Fig. 22B).

### 3.2.8. *Composizione degli acini*

Il contenuto in solidi solubili alla raccolta è risultato lievemente ma significativamente influenzato dai trattamenti di defogliazione asimmetrica (Fig. 23 e Tab. 4), in particolare il trattamento DA15 presentava un contenuto in solidi solubili alla raccolta di circa 0,8 °Brix più alto del controllo, mentre i trattamenti DA45 e DA60 hanno indotto una riduzione di rispettivamente 0,7 e 0,5 °Brix rispetto al testimone (Tab. 4). Non si sono registrate invece differenze tra i trattamenti nel pH e

nell'acidità titolabile del succo dell'acino alla raccolta. Alla raccolta non si sono riscontrate differenze tra i trattamenti neanche nell'acido malico (in media 4,1 g/L), acido tartarico (in media 8,9 g/L) e nel rapporto malato/tartrato (in media 0,5). L'acidità titolabile misurata ad inizio invaiatura è risultata incrementare linearmente con la fotosintesi per acino, misurata dopo l'applicazione dei trattamenti (Fig. 25).

### 3.2.9. *Temperatura degli acini*

Le misure di temperatura degli acini dei grappoli esposti a sud hanno messo in evidenza che i trattamenti di defogliazione asimmetrica di media ed elevata intensità (D30, D45 e D60) inducono un incremento significativo della temperatura degli acini in tre momenti della giornata (mattina, mezzogiorno e pomeriggio) (Fig. 26A). Per quanto riguarda i grappoli esposti a nord, questo effetto di incremento della temperatura dell'acino indotto dalle defogliazioni di media ed elevata intensità è risultato significativo solo nelle misure della mattina e di mezzogiorno, mentre nel pomeriggio le differenze in questo parametro non risultavano significative tra i trattamenti (Fig. 26B).

### 3.2.10. *Danni da attacchi di botrite*

L'intensità del danno da botrite è risultato ridotto per i trattamenti DA30, DA45 e DA60 rispetto ai trattamenti controllo e DA15 (Fig. 27), con una riduzione media di circa il 4,5%.

## **4. Discussione**

Le defogliazioni in pre-antesi (sia applicate in modo simmetrico su entrambi i lati della chioma, che in modo asimmetrico) e gli ombreggiamenti parziali sono strategie che si sono dimostrate efficaci per regolare il processo di allegagione, la compattezza del grappolo e la suscettibilità agli attacchi di botrite del vitigno 'Greco'. Questo conferma quanto riportato, per altri vitigni, da precedenti studi sulla defogliazione (Poni et al., 2006, 2009; Intrieri et al. 2008; Intrigliolo et al., 2014) e ombreggiamento (Basile et al., 2015; Ferree et al., 2001). Gli effetti di queste tipologie di trattamenti sono risultati molto complessi, in quanto, diversi aspetti (relazioni *source-sink*, fattori microclimatici, ecc.) in grado di modificare la fisiologia della pianta, le componenti della produzione e la maturazione dell'uva, possono essere influenzati in diversa misura e contemporaneamente. La sensibilità all'intensità ed alla tipologia dei trattamenti dei singoli parametri determinanti le caratteristiche quanti-qualitative della produzione è risultata variare da parametro a parametro. Il disegno sperimentale impiegato nei due esperimenti svolti in questa tesi ha consentito di analizzare quantitativamente questi effetti.

Nel primo anno di sperimentazione l'effetto delle defogliazioni sulla percentuale di allegagione (Fig. 7), sull'indice di compattezza del grappolo e sulle sue componenti, è risultato una funzione dell'intensità di applicazione del trattamento (Fig. 8). La riduzione della percentuale di allegagione è risultata correlata con la riduzione di disponibilità di carboidrati (Fig. 7A), indotta durante questa fase fenologica, non solo dalla rimozione di area fogliare (Fig. 1H), ma, specialmente nei trattamenti più intensi, anche dalla minore attività fotosintetica delle foglie lasciate dopo l'applicazione dei trattamenti (Fig. 3). Durante la fase fenologica compresa tra l'antesi e l'allegagione, le chiome delle piante di vite sono ancora molto giovani e sono caratterizzate da un numero ridotto di foglie mature, posizionate nella parte basale del germoglio e da foglie ancora in espansione poste nella zona apicale. In questa fase vegetativa studi precedenti hanno messo in evidenza che le foglie apicali, ancora non completamente espanse, presentano un'attività fotosintetica minore rispetto alle foglie mature basali (Poni et al., 2006). Le foglie di vite raggiungono la massima attività fotosintetica quando raggiungono circa la loro massima dimensione finale (Kriedemann et al., 1970). Questo rende particolarmente efficaci, le defogliazioni basali, nel ridurre drasticamente l'attività fotosintetica della pianta. All'aumentare dell'intensità delle defogliazioni, la riduzione progressiva della percentuale di allegagione causa conseguentemente una riduzione del numero di acini per grappolo (Fig. 8A). Questo effetto è risultato particolarmente significativo per i trattamenti più intensi di defogliazione (D45 e D60). Nel 2014 l'effetto degli ombreggiamenti sulla percentuale di allegagione e sul numero di acini per grappolo non è risultato correlato con l'intensità del trattamento (Fig. 8A). Questo sembra spiegato dalla ridotta differenza misurata tra le piante esposte ai diversi ombreggiamenti nella fotosintesi stimata per germoglio, nonostante le significative differenze tra i trattamenti nella velocità di fotosintesi sia delle foglie ombreggiate che di quelle poste sotto rete (Fig. 3). I trattamenti di ombreggiamento hanno infatti stimolato la crescita vegetativa sia del germoglio principale che delle femminelle (Fig. 1). L'incremento di area fogliare può aver parzialmente compensato la riduzione in velocità di fotosintesi, riducendo le differenze tra i diversi livelli di ombreggiamento nella fotosintesi totale per germoglio (Fig. 4). È noto per diverse specie da frutto che l'ombreggiamento può indurre risposte fotomorfogeniche di stimolazione della crescita, fenomeno spesso definito come *shade avoidance syndrome* (Smith e Whitelam, 1997). Queste risposte sono mediate dai fitocromi (Borthwick e Hendricks, 1960). Nel secondo anno, invece, l'effetto dei trattamenti di defogliazione e ombreggiamento sulla percentuale di allegagione e sul numero di acini per grappolo è risultato molto differente rispetto al 2014. A differenza del primo anno, infatti, la percentuale di allegagione non è risultata correlata all'effetto dei trattamenti sulla fotosintesi totale stimata per germoglio (Fig. 7B). Inoltre, per diversi trattamenti la percentuale di allegagione non è risultata differente rispetto al

testimone (Fig. 7B). Nonostante ciò, tutti i trattamenti di ombreggiamento e defogliazione hanno determinato una riduzione significativa nel numero di acini per grappolo alla raccolta rispetto al testimone (Fig. 8B). Questo apparente disaccordo tra questi risultati è spiegabile tramite l'effetto negativo dei trattamenti di defogliazione e ombreggiamento applicati il primo anno sul numero di fiori per germoglio (Fig. 6). Un simile effetto *carry-over* delle defogliazioni in pre-antesi e dell'ombreggiamento applicato durante la fase pre-antesi allegagione sulla fertilità era stato già riportato per l'Aglianico (Basile et al., 2015). Diversi autori hanno riportato che i processi di induzione e differenziazione a fiore hanno inizio nelle gemme ascellari durante la fase di fioritura nell'anno precedente (Vasconcelos et al. 2009) e per questo motivo la disponibilità di carboidrati durante l'antesi può avere effetti sul processo di fioritura sia nell'anno in corso (incremento della colatura) che nel successivo (riduzione dell'induzione e differenziazione a fiore). Diversi studi hanno riportato che le limitazioni di carboidrati indotte da defogliazione (Bennet et al., 2005) o da ombreggiamento (Ferree et al., 2001) possono causare avere effetti di riduzione della fertilità nell'anno successivo. Pertanto, i risultati del nostro studio indicano che l'applicazione di trattamenti che riducono la disponibilità di carboidrati durante le prime fasi dell'induzione e differenziazione a fiore possono contribuire a ridurre la compattezza del grappolo anche nell'anno successivo.

Diversi autori hanno riportato che nella vite il processo di allegagione è fortemente dipendente dalla disponibilità di carboidrati messa a disposizione non solo dall'attività fotosintetica della chioma, che, seppur relativamente giovane, è già caratterizzata da foglie che si comportano come attivi *source*, ma in parte anche dai carboidrati messi a disposizione dagli organi di riserva (Caspari e Lang 1996). Nel nostro esperimento svoltosi nel 2014 e 2015, i trattamenti più intensi, quali le defogliazioni D45 e D60, hanno annullato quasi completamente la disponibilità di carboidrati di origine fotosintetica, durante la fase di allegagione. Nonostante ciò questi trattamenti hanno presentato percentuali di allegagione pari circa al 40 % nel primo anno e tra il 45 e 52 % nel secondo anno (Fig. 7). Questo fornisce una chiara indicazione sul potenziale contributo che le riserve di carboidrati possono fornire al processo di allegagione.

Nel primo anno, i trattamenti di defogliazione e ombreggiamento (e solo le defogliazioni 2015) hanno determinato una riduzione del volume dell'acino, che è un altro importante componente della compattezza con effetti proporzionali all'intensità dei trattamenti (Fig. 8C). Le defogliazioni applicate in fase di pre-antesi possono determinare una minor crescita dell'acino (Staff et al., 1997; Ollat e Gaudillère, 1998; Poni et al., 2006; Intrigliolo et al., 2014). L'analisi della curva di crescita diametrica ha messo in evidenza che questi effetti erano già significativi durante la fase I della curva di crescita a doppia sigmoide della vite (Fig. 9) e queste differenze pur se di minore entità, si

sono mantenute significative fino alla raccolta. La crescita dell'acino durante la fase I è determinata prevalentemente da incremento del numero di cellule in seguito a divisione mitotica, mentre, la crescita in fase III è il risultato principalmente di distensione cellulare (Dokoozlian, 2000). Studi precedenti avevano messo in evidenza, che la riduzione della disponibilità di carboidrati durante la parte iniziale di questa fase indotta da stress idrico (Girona et al., 2009; Basile et al., 2012), defogliazione precoce (Poni et al. 2006), alti livelli di ombreggiamento (Ferree et al. 2001) o l'applicazione di anti traspiranti (Palliotti et al. 2010) può causare una riduzione della dimensione dell'acino alla raccolta. I diversi autori hanno ipotizzato che la carenza di carboidrati potesse aver ostacolato il processo mitotico determinando una riduzione del numero di cellule. Questo potrebbe ridurre il potenziale di crescita dei frutti. Le analisi anatomiche effettuate in questo studio confermano questa ipotesi (Tab. 2). Inoltre la riduzione delle differenze nella dimensione dell'acino riscontrata confrontando le misure a fine fase I e quelle alla raccolta sembrano parzialmente spiegate da un incremento della dimensione delle cellule nel trattamento di defogliazione più intenso (Tab. 2). È noto che la crescita dell'acino, durante la fase III, essendo caratterizzata principalmente da distensione cellulare, è estremamente dipendente dallo stato idrico della pianta (Dokoozlian, 2000). Il nostro esperimento è stato effettuato in un vigneto non irriguo, ma è noto in letteratura che in condizioni di stress idrico una riduzione dell'area fogliare totale per pianta può migliorare lo stato idrico della piante (Lopez et al., 2006). Inoltre è noto che la rimozione di parte della produzione può migliorare lo stato idrico delle piante (Marsal et al., 2008). Considerando che il trattamento D60 ha presentato, durante l'intera stagione vegetativa, la minore area fogliare (Fig. 2) e la minore produzione per pianta (Fig. 10F), è possibile ipotizzare che le defogliazioni spinte possano aver migliorato lo stato d'idratazione dell'acino. Questa ipotesi sembra confermata dai nostri risultati che suggeriscono infatti che il mesocarpo dei frutti delle piante D60 era costituito da un numero minore di cellule ma di dimensione maggiore.

Interessante è inoltre risultato l'effetto di stimolazione della crescita degli acini indotto dagli ombreggiamenti nel secondo anno rispetto al testimone. Nel 2015, le differenze nella carica di frutti tra il testimone e le piante ombreggiate sono risultate notevolmente superiori rispetto a quanto verificatosi nel 2014 (Fig. 8A e 8B). Questa differenza è stata causata dalla maggiore carica dei frutti registratasi nel testimone nel 2015 rispetto al primo anno, come diretta conseguenza della maggiore fertilità che ha caratterizzato queste piante nel secondo anno. Inoltre, gli ombreggiamenti di media ed elevata intensità hanno causato un incremento significativo dell'area fogliare totale per pianta rispetto al testimone (Fig. 2). Pertanto, è possibile ipotizzare che le piante sottoposte a ombreggiamento, presentando area fogliare totale maggiore e una carica di frutti notevolmente minore rispetto al testimone, siano state caratterizzate da condizioni *source-sink* più favorevoli per

la crescita dell'acino. Un elevato rapporto area fogliare/carica di frutti può influenzare positivamente la crescita dei frutti in diverse specie coltivate (Kaps e Cahoon 1992). Diversi studi hanno riportato che piante di vite sottoposte a diradamento dei grappoli o degli acini presentano acini di dimensioni maggiori come conseguenza di una minore competizione frutto-frutto per i carboidrati (Kaps e Cahoon 1989). Nonostante questo effetto di stimolazione dell'elevato rapporto area fogliare/carica di frutti sulla crescita degli acini possa teoricamente aver diminuito l'efficienza dei trattamenti di ombreggiamento nel ridurre la compattezza del grappolo, in entrambi gli anni sono stati riscontrati effetti significativi di riduzione dell'indice di compattezza di questi trattamenti rispetto al testimone (Fig. 8G e 8H). In uno studio precedente, l'ombreggiamento o la defogliazione in pre-antesi hanno ridotto il numero di acini per grappolo senza influenzare la crescita dell'acino (Basile et al., 2015). Poni et al. (2009) hanno riportato che la defogliazione in pre-fioritura hanno determinato un incremento del peso dell'acino nel vitigno Barbera, ma non nel Lambrusco. In altri studi su Sangiovese (Intrieri et al. 2008, Poni et al. 2008), non è stato riportato nessun effetto della defogliazione in pre-antesi sul peso fresco dell'acino. Questa variabilità riportata in letteratura negli effetti di questi trattamenti sulla dimensione degli acini alla raccolta suggerisce che la risposta della crescita dei frutti alla limitazione della disponibilità di carboidrati durante le fasi precoci della crescita dipende dall'intensità dei trattamenti (che determina la reale disponibilità di carboidrati) e dalla capacità dei singoli vitigni nel regolare la carica di frutti (che determina la reale domanda di carboidrati). Altri possibili fattori che possono contribuire a determinare variabilità nella risposta della crescita degli acini alla defogliazione e agli ombreggiamenti possono essere correlati ad altre condizioni viticole in grado di influenzare il vigore della pianta (disponibilità di acqua e nutrienti, vigore del vitigno e del portainnesto, risposte fotomorfogeniche indotte dall'ombreggiamento, ecc.). In generale la crescita dell'acino è risultata in tutti i trattamenti minore nel 2015 rispetto al primo anno di sperimentazione (Fig. 8C e 8D). Questa differenza è probabilmente stata causata dalle differenze delle condizioni climatiche che hanno caratterizzato i due anni della prova (vedi risultati). Il 2015 è risultato infatti complessivamente più caldo e meno piovoso rispetto al 2014 (vedi risultati). È noto che la crescita degli acini è estremamente sensibile allo stress idrico (Dokoozlian, 2000; Basile et al., 2012).

In entrambi gli anni, anche la terza componente della compattezza del grappolo, la lunghezza del rachide, è risultata ridotta significativamente dai trattamenti di defogliazione (Fig. 8E e 8F). In particolare le defogliazioni di media ed elevata intensità hanno determinato una riduzione della lunghezza del rachide così come precedentemente riportato per il vitigno Aglianico (Basile et al., 2015) e per il vitigno Pinot nero (Acimovic et al., 2016). Gli ombreggiamenti, invece, non hanno influenzato la lunghezza del rachide alla raccolta (solo nel 2015 il trattamento R60 ha causato un

riduzione della lunghezza del rachide rispetto al testimone) (Fig. 8E e 8F). Anche questo risultato è in accordo con quanto riportato per l'Aglianico (Basile et al., 2015). L'allungamento degli assi del rachide si verifica durante la fioritura e le fasi precoci della crescita dei frutti (Matthews et al. 1987). Quindi la riduzione della disponibilità di carboidrati indotta dalle defogliazioni di media-elevata intensità possono causare una minore crescita del rachide (Fig. 8E e 8F). Infatti, Basile et al. (2015) hanno riportato che l'effetto delle defogliazioni sulla crescita del rachide erano principalmente correlate alla limitazione della disponibilità dei carboidrati tra la fase J (allegagione) e la fase L (chiusura del grappolo). Nel nostro studio i trattamenti di defogliazione di media-elevata intensità (D30, D45, e D60) hanno indotto livelli di fotosintesi per germoglio simili a quelli dei trattamenti di ombreggiamento di simile intensità (R30, R45, e R60), ma gli ombreggiamenti non hanno causato riduzioni della lunghezza del rachide rispetto al testimone (tranne che nel caso di R60 nel 2015). La principale differenza tra i trattamenti di defogliazione e di ombreggiamento è che le limitazioni nella disponibilità di carboidrati indotte dalle defogliazioni possono interessare anche le fasi fenologiche successive all'allegagione potendo così influenzare negativamente la crescita del rachide, mentre l'applicazione dei trattamenti di ombreggiamento causano una limitazione di disponibilità di carboidrati solo nel periodo tra la fase H (pre-antesi) e la fase J (allegagione). Infatti, l'attività fotosintetica delle foglie delle piante ombreggiate risulta simile a quella delle piante controllo già a partire da pochi giorni dopo la rimozione delle reti (Basile et al., 2015). I risultati del nostro studio confermano che la crescita del rachide è molto sensibile alla disponibilità dei carboidrati nelle fasi fenologiche immediatamente successive all'allegagione. Questo può essere dovuto alla competizione tra il rachide e i frutti in piena crescita, che, come è noto, sono forti *sink* per i carboidrati (Farrar, 1993). L'effetto di riduzione della lunghezza del rachide indotta dal trattamento R60 che abbiamo riscontrato nel secondo anno di sperimentazione indica però che anche forti limitazioni dei carboidrati tra la fase H (pre-antesi) e la fase J (allegagione) possono creare in specifiche annate condizioni *source-sink* sfavorevoli all'allungamento del rachide. Nonostante una diminuzione della lunghezza del rachide possa ridurre l'efficienza dei trattamenti nel ridurre la compattezza dei grappoli, in questo studio anche i livelli di ombreggiamento e defogliazione più intensi hanno indotto significative riduzioni dell'indice di compattezza rispetto al testimone (Fig. 8G e 8H).

In entrambi gli anni, l'indice di compattezza del grappolo è stato influenzato significativamente da gran parte dei trattamenti di defogliazione e ombreggiamento (tranne il D15 nel 2014; Fig. 8G e 8H). Quest'effetto è risultato correlato all'intensità del trattamento principalmente per le defogliazioni applicate nel 2014 (Fig. 8G). Per i trattamenti di defogliazione, le principali componenti che hanno contribuito a quest'effetto sono state la riduzione del numero di acini per

grappolo (tranne che per il D15 nel 2014; Fig. 8A e 8B) e la riduzione della dimensione dell'acino (tranne che per il D15 nel 2015; Fig. 8C e 8D), mentre per i trattamenti di ombreggiamento la principale componente che ha determinato la compattezza del grappolo è risultata essere il numero di acini per grappolo (Fig. 8). La riduzione dell'indice di compattezza rispetto al testimone ha determinato una significativa riduzione della suscettibilità agli attacchi di botrite, che sono risultati particolarmente bassi per il D60 e intermedi per tutti gli altri trattamenti (Fig. 15A). La significativa riduzione dell'intensità del danno da botrite riscontrato nel trattamento D15 indica l'importanza della componente volume dell'acino nel determinare la suscettibilità del grappolo all'attacco di questo patogeno indipendentemente dall'effetto della defogliazione sul numero di acini per grappolo. Le piante C e D15 presentavano infatti un numero di acini per grappolo alla raccolta molto simile tra loro (Fig. 8A). Studi precedenti che hanno confrontato vitigni caratterizzati da grappoli con compattezza diversi, avevano già messo in evidenza una relazione tra la suscettibilità agli attacchi di botrite e l'indice di compattezza del grappolo (Hed et al., 2009). Nel 2015 l'andamento climatico che ha caratterizzato le fasi finali della maturazione dell'uva (ridotta piovosità a settembre; dati non mostrati) ha determinato condizioni di umidità non favorevoli allo sviluppo della botrite, determinando frequenze di attacco zero quasi nulle. Ciò non ha permesso di confermare la relazione tra intensità del danno e l'indice di compattezza ottenuta nel primo anno di sperimentazione. Comunque, i risultati ottenuti nel 2014 indicano l'elevata sensibilità della suscettibilità del grappolo agli attacchi di botrite anche a piccole variazioni dell'indice di compattezza utilizzato in questo studio. Infatti una minima (statisticamente non significativa) riduzione dell'indice di compattezza, indotta dal trattamento D15 rispetto al testimone (Fig. 8G) si è tradotta in una significativa riduzione dell'intensità del danno da botrite (Fig. 15A).

Nel 2015, invece, le condizioni meteorologiche caratterizzate da maggiori temperature dell'aria, minore nuvolosità (come suggerito dalla minore piovosità) hanno causato la comparsa alla raccolta di danni alle bucce da scottature solare. Tali danni non si erano verificati nel 2014, in quanto probabilmente in questo anno la maggiore disponibilità di acqua piovana fino a fine crescita vegetativa (luglio) aveva determinato una maggiore crescita vegetativa (sia delle foglie principali, che delle femminelle) rispetto al 2015. Pertanto la maggiore crescita vegetativa il primo anno può aver fornito maggiore protezione dei grappoli dall'azione della luce solare. L'intensità del danno è stato significativamente incrementato dai trattamenti di defogliazione con effetti progressivamente crescenti all'aumentare dell'intensità del trattamento (Fig. 15B). Questo è stato causato dall'aumento progressivo della quantità di luce che raggiunge la zona del grappolo causato (a) dalla rimozione delle foglie, (b) dalla ridotta crescita vegetativa verificatasi nelle piante nel 2015 e (c) dalla ridotta stimolazione della crescita delle femminelle indotta dalle defogliazioni. Questo

rappresenta un limite all'applicazione delle defogliazioni di intensità medio-elevata in climi caldo-aridi come quelli del meridione d'Italia. Dall'altra parte, le piante sottoposte ai trattamenti di ombreggiamento hanno presentato intensità del danno da scottature simili o leggermente inferiori al testimone, probabilmente come conseguenza della stimolazione della crescita vegetativa indotta da questi trattamenti, che hanno determinato minore esposizione dei grappoli alla luce solare (Fig. 15B). Non esistono in letteratura informazioni relative all'effetto degli ombreggiamenti tra pre-fioritura e allegagione su questi aspetti.

Gli effetti dei trattamenti di defogliazione e ombreggiamento sulla percentuale di allegagione, sulla crescita dell'acino e sulla fertilità della pianta (quest'ultima nel secondo anno), si sono tradotti in variazioni significative nella produzione per pianta e nelle sue componenti. Nel primo anno la produzione per pianta è stata ridotta sia dalle defogliazioni che dagli ombreggiamenti in modo proporzionale all'intensità dei trattamenti, risultando significativamente minore rispetto al controllo nei trattamenti più intensi D60 e R60 (Fig. 10E). L'unica componente della produzione ad aver determinato la riduzione della produzione è risultata il peso medio del grappolo (che include gli effetti dei trattamenti sul numero di acini per grappolo e sul peso dell'acino). Studi precedenti su altri vitigni hanno messo in evidenza effetti simili delle defogliazioni in pre-antesi (Poni et al., 2006) e dell'ombreggiamento precoce (Basile et al., 2015; Ferree et al., 2001). Più complessi sono risultati gli effetti nel 2015 a causa della stimolazione della crescita dell'acino indotta dagli ombreggiamenti e a causa dell'influenza negativa di entrambe le tipologie del trattamento (defogliazione e ombreggiamento) sul numero di grappoli per pianta (Fig. 10D). Quest'ultimo effetto era la conseguenza della riduzione della percentuale di germogli fertili e del numero di grappoli per germoglio fertile (Fig. 5). Come il numero di fiori per grappolo, anche il numero di grappoli per germoglio è determinato nel processo di induzione e differenziazione a fiore che inizia presto nella stagione vegetativa precedente (May 2000). Pertanto, i risultati del nostro studio indicano che per il 'Greco' l'applicazione di trattamenti che riducono la disponibilità di carboidrati tra la fioritura e l'allegagione possono influenzare la fertilità delle gemme sia riducendo il numero di grappoli che il numero di fiori portati da questi. Studi precedenti su diversi vitigni avevano riportato effetti non significativi della defogliazione e dell'ombreggiamento sul numero di grappoli per pianta (Intrigliolo et al., 2014; Basile et al., 2015; Acimovic et al., 2016). Questa differenza nella risposta del 'Greco' potrebbe indicare una particolare sensibilità del processo di induzione e differenziazione a fiore di questo vitigno rispetto ad altre varietà. Nel nostro studio, pertanto, la riduzione della produzione indotta nel secondo anno dalle defogliazioni (Fig. 10F) è il risultato di un effetto dei trattamenti su entrambe le principali componenti (peso medio del grappolo e numero di grappoli per pianta; Fig. 10B e 10D). Non è stato possibile però confermare questo effetto anche

nel terzo anno in quanto la gelata verificatasi nell'aprile del 2016 ha causato danni ai germogli e alle infiorescenze già formatesi. Nel secondo anno, invece, i trattamenti di ombreggiamento presentavano produzione per pianta simile al controllo (Fig. 10F), in quanto la riduzione del numero di grappoli per pianta è stato compensato da un incremento del peso medio del grappolo (Fig. 10B e 10D) che si è verificato come conseguenza dell'incremento della dimensione dell'acino alla raccolta (Fig. 8D).

La composizione dell'acino alla raccolta è stata significativamente influenzata dai trattamenti di defogliazione e ombreggiamento (Fig. 11 e 12). Studi precedenti avevano messo in evidenza che le defogliazioni in pre antesi possono determinare un incremento significativo del contenuto in solidi solubili (Poni et al., 2006, 2008, 2009; Acimovic et al., 2016). Questo effetto potrebbe essere la conseguenza della ridotta competizione frutto-frutto per i carboidrati durante la maturazione causata dall'effetto diradante dei trattamenti. Nel nostro studio questo effetto si è verificato solo nel secondo anno di studi per le tesi di defogliazione di intensità medio-elevata (D30, D45 e D60; Fig. 11). In diversi vitigni a bacca nera la maggiore disponibilità di carboidrati per singolo acino può rappresentare un vantaggio in termini di sintesi di antociani e polifenoli (Poni et al., 2008, 2009; Intrigliolo et al., 2014; Acimovic et al., 2016). Sorprendentemente nel secondo anno del nostro studio, il contenuto in solidi solubili alla raccolta in quasi tutte le tesi ombreggiate è risultato significativamente inferiore al testimone (Fig. 11). Questo risultato sembra correlarsi con la maggiore dimensione dell'acino riscontrata in questi trattamenti, facendo ipotizzare un effetto di diluizione. Sfortunatamente non sono state effettuate analisi anatomiche in questi trattamenti e non è possibile pertanto confermare questa ipotesi. Nel 2014 l'effetto dei trattamenti sul contenuto in solidi solubili non sembra invece essere correlato né alla tipologia di trattamento né all'intensità della loro applicazione (Fig. 11). La complessità degli effetti delle defogliazioni e degli ombreggiamenti in fase di fioritura-allegagione sull'accumulo di solidi solubili dell'acino sembra confermata dai risultati di Basile et al. (2015), i quali hanno riportato, per l'Aglianico, l'assenza di effetti di tali trattamenti su questo parametro. I trattamenti di defogliazione e ombreggiamento hanno influenzato anche l'acidità titolabile alla raccolta (Fig. 12). In particolare nel 2014 i trattamenti di defogliazione e ombreggiamento di intensità medio-elevata (D30, D45, D60, R45 e R60) hanno determinato una riduzione significativa dell'acidità titolabile rispetto agli altri trattamenti (Fig. 12 G e H). Questo risultato è concorde con studi precedenti che hanno riportato che le defogliazioni possono causare riduzioni di acidità nel succo dell'acino alla raccolta (Poni et al. 2008; Intrigliolo et al., 2014; Risco et al. 2014 Basile et al., 2015). Questi effetti sono generalmente spiegati considerando che le defogliazioni determinano, durante la maturazione dell'uva, un incremento dell'esposizione dei grappoli alla luce solare, che può determinare un incremento della

temperatura degli acini. Un aumento della temperatura della bacca a sua volta induce un incremento della respirazione cellulare, che causa una degradazione degli acidi organici (Conde et al., 2007). La relazione tra acidità titolabile e la temperatura degli acini ottenuta nel nostro studio sembra confermare questa ipotesi (Fig. 14A e 14B). Inoltre nel 2015, anno caratterizzato da temperature all'aria e del grappolo maggiori rispetto al 2014, si sono riscontrati in tutti i trattamenti valori di acidità titolabile alla raccolta significativamente più bassi rispetto al primo anno. In queste condizioni non si sono registrate differenze significative nell'acidità tra il testimone e i trattamenti di defogliazione, mentre nei trattamenti R30 e R45 sono stati misurati valori di acidità titolabile maggiori rispetto agli altri trattamenti. Anche questo risultato sembra correlato alla minore temperatura degli acini delle piante R30 e R45 rispetto al testimone, R15 e le piante defogliate (Fig. 14A e 14B). La minore temperatura degli acini misurata per le piante R30 e R45 è concorde con le misure di luce effettuate nella zona del grappolo (Fig. 15B) Per questi trattamenti i grappoli risultavano meno esposti alla luce probabilmente grazie all'effetto di stimolazione della crescita dei germogli indotta da queste intensità di ombreggiamento (Fig. 2). Interessanti sono inoltre gli effetti dei trattamenti R45 e R60 nel 2014 e del trattamento R60 nel 2015 (Fig. 14). Per questi trattamenti, infatti, nonostante si siano misurate temperature degli acini e valori di PAR nella zona del grappolo minori rispetto agli altri trattamenti (Fig. 14 e 15B), alla raccolta gli acini di queste tesi presentavano valori di acidità titolabile simili alle tesi defogliate. Questo non ci ha consentito di includere questi trattamenti nelle relazioni tra acidità e temperatura degli acini. La concentrazione degli acidi organici alla raccolta non è solo influenzata dall'intensità del processo di degradazione che interessa questi composti durante la maturazione, ma anche dalla quantità totale di acidi organici che viene sintetizzata durante la fase di pre-invaiaura (a partire dall'allegagione). Infatti, le fasi I e II della crescita degli acini sono caratterizzate da attiva sintesi di acidi organici, che porta ad un incremento della concentrazione degli acidi organici fino all'invaiaura (Terrier et al. 2001). Questo è confermato nel nostro studio (Fig.9). La sintesi degli acidi organici dipende dalla disponibilità dei carboidrati in queste fasi (Volschenk et al. 2006, Conde et al. 2007). Nel nostro studio l'acidità titolabile misurata alla fine della fase I è risultata in entrambi gli anni significativamente influenzata dai diversi trattamenti (Fig. 12). In particolare questo effetto è risultato correlato alla quantità di fotosintesi teoricamente disponibile per ogni acino (Fig. 13). Queste differenze in acidità titolabile sembrano dovute principalmente a minore sintesi di acido malico e non del tartarico (Tab. 2). Studi precedenti su Cabernet Sauvignon (Dokoozlian e Kliewer, 1996) hanno riportato che ombreggiamenti intensi applicati tra l'allegagione e l'invaiaura hanno determinato una riduzione della concentrazione dell'acido malico nell'acino. Inoltre, nel nostro studio, è stato riscontrato che la relazione tra acidità titolabile e quantità di fotosintesi teoricamente

disponibile per ogni acino variava a seconda della tipologia di trattamento (Fig. 13). In particolare le piante sottoposte ad ombreggiamento più intenso presentavano acidità titolabile minore di quelle defogliate a parità di quantità di carboidrati teoricamente disponibile per ciascun acino. Questo suggerisce che nei trattamenti di ombreggiamento più intensi la reale disponibilità di carboidrati a disposizione dei frutti durante la fase I era minore rispetto a quella teorica calcolata. Questo probabilmente è stato causato da una maggiore competizione *sink-sink* nelle piante ombreggiate rispetto a quelle defogliate. Una possibile ipotesi per poter spiegare questo risultato è la stimolazione della crescita dei germogli indotta dagli ombreggiamenti. Questa risposta fotomorfofenica all'ombreggiamento potrebbe aver sbilanciato la ripartizione dei carboidrati a favore dei germogli sfavorendo la sintesi degli acidi organici.

Per quanto riguarda l'analisi sensoriale dei vini del 2014, i vini dei trattamenti D15, D30 e D45 presentavano un punteggio edonistico significativamente maggiore rispetto a quelli dei trattamenti testimone e D60 (Fig. 16), mentre questi ultimi vini sono stati valutati con punteggi edonistici simili tra loro. Il maggiore punteggio edonistico ottenuto dai vini D15, D30 e D45 era correlato principalmente a più intensi odori fruttato e floreale (Fig. 16). I principali composti responsabili degli odori floreali sono i terpeni (Jackson, 2014), che sono composti aromatici primari sintetizzati principalmente nell'acino (Strauss et al., 1986; Hardie et al., 1996). La sintesi dei terpeni è positivamente influenzata dalla luce solare anche se eccessi termici possono influenzarla negativamente (Failla et al., 2013). Diversi studi hanno riportato che i mosti provenienti da grappoli esposti alla luce solare dopo l'applicazione di defogliazioni presentavano un contenuto maggiore di terpeni rispetto a quelli delle piante non defogliate (Smith et al., 1988, Reynolds et al., 1996, 2007). Pertanto è possibile ipotizzare che la maggiore intensità dell'odore floreale dei vini D30, D45 sia stato causato da una migliore esposizione dei grappoli alla luce come conseguenza di defogliazioni di bassa fino a medio-alta intensità. Questo risultato è in accordo con quanto riportato per Tempranillo (Vilanova et al., 2012), Nero d'Avola (Verzera et al., 2016) e Sauvignon Blanc (Suklje et al., 2015). Defogliazioni di elevata intensità invece causano probabilmente un eccessivo riscaldamento dell'uva (Fig. 13) che può aver avuto ripercussioni negative sulla sintesi di questi composti aromatici primari. Effetti negativi simili si sono probabilmente verificati nel 2015 negli acini di tutti i trattamenti come conseguenza delle elevate temperature che hanno caratterizzato il secondo anno dell'esperimento. Belancic et al. (1997) hanno riportato che eccessivi incrementi della temperatura dell'acino sono considerati negativi per l'accumulo dei monoterpeni nell'acino.

Anche la defogliazione applicata in modo asimmetrico alla chioma, se applicata ad intensità medio-elevate DA30, DA45 e DA60, sembra essere una strategia in grado di ridurre la compattezza del

grappolo alla raccolta e la sua suscettibilità agli attacchi di botrite (Fig. 21D e 27). Inefficace invece è risultato in questo senso il trattamento DA15. L'effetto dei trattamenti DA30, DA45 e DA60 sull'indice di compattezza è stato determinato principalmente dall'effetto dei trattamenti sul numero di acini per grappolo (Fig. 21A), mentre le altre due componenti della compattezza sembrano svolgere un ruolo minore quando si applica questo tipo di defogliazione. Infatti, nonostante il trattamento di defogliazione più intenso DA60 abbia determinato una riduzione della dimensione dell'acino a fine fase I e fase II, le differenze tra i trattamenti sono risultate non significative alla raccolta (Fig. 19A e 21B). Questo probabilmente è stato determinato dall'assenza in differenze tra i trattamenti nella velocità di fotosintesi durante l'intera stagione vegetativa (Fig. 18) e nell'area fogliare in tutte le date successive all'applicazione dei trattamenti (Fig. 17). La defogliazione asimmetrica infatti, a differenza di quella applicata ad entrambi i lati della chioma, consente il mantenimento di foglie mature e fotosinteticamente attive anche all'applicazione dei trattamenti. D'altra parte nonostante la riduzione di area fogliare causata dai trattamenti di defogliazione di intensità medio-elevata sia stata sufficiente a determinare riduzioni di allegagione, nelle date successive le piante delle tesi defogliate hanno raggiunto il testimone in termini di area fogliare totale per germoglio. Questo può essere stato favorito sia dalla presenza durante le prime fasi post-antesi di foglie mature fotosinteticamente attive e ben esposte a sud e dalle condizioni climatiche che nel sito sperimentale del 2016 si sono dimostrate favorevoli alla crescita vegetativa. Il 2016 è stato, infatti, un anno relativamente piovoso nelle fasi importanti della crescita dei germogli (aprile, maggio e giugno) e questo ha determinato una crescita dei germogli notevolmente superiore a quella registratasi nei due anni dell'altro esperimento. Gli effetti sulla riduzione del numero di acini per grappolo ha determinato riduzioni significative della produzione nei trattamenti più intensi DA45 e DA60, principalmente a causa della riduzione del peso medio del grappolo (Fig. 22).

Nonostante anche nel caso della defogliazione asimmetrica la carenza in disponibilità di carboidrati indotta dai trattamenti abbia causato una riduzione significativa dell'acidità titolabile degli acini misurata alla fine della fase I della doppia sigmoide (Fig. 24) e nonostante i trattamenti abbiano determinato differenze nella temperatura del grappolo specialmente per quelli esposti a sud (Fig. 26), non si sono riscontrate differenze significative dell'acidità titolabile alla raccolta (Fig. 24 e Tab. 4). Probabilmente questo risultato è stato causato dal fatto che il campionamento degli acini è stato effettuato su grappoli posti su entrambi i lati della chioma. Questo suggerisce che gli effetti dell'incremento dell'esposizione dei grappoli alla luce solare sulla composizione acidica degli acini venga mitigato quando il mosto viene ottenuto utilizzando anche i grappoli sul lato meno esposto. Questa strategia di defogliazione potrebbe essere interessante quando è richiesto il mantenimento di

una buona acidità dell'uva alla raccolta (nel caso di vitigni caratterizzati da scarsa acidità specialmente se coltivati in climi caldo-aridi o nel caso di specifici obiettivi enologici, ecc.).

## 5. Conclusioni

Le defogliazioni (sia applicate in modo simmetrico che asimmetrico alla parete vegetale) e gli ombreggiamenti sono strumenti efficaci per ridurre la compattezza del grappolo e la sua suscettibilità agli attacchi di botrite. A questi effetti si associano significative variazioni della crescita vegeto-produttiva della pianta in grado di indurre modifiche delle relazioni *source-sink* e del microclima del grappolo con notevoli ripercussioni sulle caratteristiche quanti-qualitative della produzione e della qualità del vino. Tutti questi aspetti sono stati influenzati, spesso in modo differenziale, in funzione dell'intensità del trattamento applicato. Nel primo anno di applicazione dei trattamenti, all'aumentare dell'intensità della defogliazione si ha una progressiva riduzione della compattezza del grappolo dovuta sia ad una riduzione della percentuale di allegagione che ad una riduzione della dimensione dell'acino con effetti negativi progressivamente crescenti sulla quantità di uva prodotta per pianta. La riduzione della crescita dell'acino indotta dalle defogliazioni sembra correlata ad una riduzione del numero di cellule del mesocarpo. Anche minime riduzioni della compattezza del grappolo (indotte dai trattamenti di defogliazione meno intensi) si traducono in significative riduzioni nella suscettibilità alla botrite. Contemporaneamente, all'aumentare dell'intensità della defogliazione si registra un incremento progressivo dell'esposizione dei grappoli alla luce solare e della temperatura degli acini con effetti di riduzione dell'acidità titolabile alla raccolta. Questo effetto può essere considerato negativo per vitigni già caratterizzati da basse acidità o nel caso si vogliano perseguire specifici obiettivi enologici, ma interessante per vitigni come il 'Greco' che presentano livelli di acidità spesso considerati troppo elevati. Gli effetti sul microclima del grappolo indotti dalle defogliazioni D15, D30 e D45 possono tradursi in determinate annate in un miglioramento delle caratteristiche sensoriali del vino. In annate però particolarmente siccitose già la defogliazione di intensità D30 può indurre significativi incrementi dei danni da scottature. Da questo punto di vista l'ombreggiamento di medio-bassa intensità e la defogliazione asimmetrica sembrano valide alternative nei casi si vogliano limitare i rischi di riduzione di acidità e di danni da scottature solari. Gli ombreggiamenti di elevata intensità possono invece determinare riduzioni dell'acidità titolabile alla raccolta a causa di elevate limitazioni della disponibilità di carboidrati durante la sintesi degli acidi organici nell'acino durante la fase I della crescita della bacca. Sia le defogliazioni che gli ombreggiamenti hanno effetti significativi sulla fertilità delle piante l'anno successivo all'applicazione dei trattamenti e questo effetto diradante potrebbe essere sfruttato per ridurre l'intensità di applicazione dei trattamenti nel secondo ottenendo comunque livelli di

compattezza in grado di diminuire la suscettibilità agli eventuali attacchi di botrite, ma contemporaneamente riducendo i rischi di eccessivi danni da scottature solari nel caso si verificano annate molto calde e siccitose.

## 6. Bibliografia

Acimovic, D., Tozzini, L., Green, A., Sivilotti, P., & Sabbatini, P. (2016). Identification of a defoliation severity threshold for changing fruitset, bunch morphology and fruit composition in Pinot Noir. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 22(3), 399-408.

Alonso-Villaverde, V., Boso, S., Luis Santiago, J., Gago, P., & Martínez, M. C. (2008). Relationship between susceptibility to Botrytis bunch rot and grape cluster morphology in the *Vitis vinifera* L. cultivar Albariño. *International Journal of Fruit Science*, 8(4), 251-265.

Archer, E., & Van Schalkwyk, D. (2007). The effect of alternative pruning methods on the viticultural and oenological performance of some wine grape varieties. *South African Journal for Enology and Viticulture*, 28(2), 107.

Baggiolini, M. (1952). Les stades repères dans le développement annuel de la vigne et leur utilisation pratique. *Revue romande d'Agriculture et d'Arboriculture* 8, 4-6.

Basile, B., Caccavello, G., Giaccone, M., & Forlani, M. (2015). Effects of early shading and defoliation on bunch compactness, yield components, and berry composition of Aglianico grapevines under warm climate conditions. *American Journal of Enology and Viticulture*, ajev-2014.

Basile, B., Girona, J., Behboudian, M. H., Mata, M., Rosello, J., Ferré, M., & Marsal, J. (2012). Responses of “Chardonnay” to deficit irrigation applied at different phenological stages: vine growth, must composition, and wine quality. *Irrigation Science*, 30(5), 397-406.

Belancic, A., Agosin, E., Ibacache, 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(2), 181-186.

Bennett, J., Jarvis, P., Creasy, G. L., & Trought, M. C. (2005). Influence of defoliation on overwintering carbohydrate reserves, return bloom, and yield of mature Chardonnay grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 56(4), 386-393.

- Bergqvist, J., Dokoozlian, N., & Ebisuda, N. (2001). Sunlight exposure and temperature effects on berry growth and composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the Central San Joaquin Valley of California. *American Journal of Enology and Viticulture*, 52(1), 1-7.
- Bernard, R., & Leguay, M. (1984). Clonal variability of Pinot noir in Burgundy and its potential adaptation under other cooler climates. In *Proceedings of the International Symposium on Cool Climate Viticulture and Enology*. DA Heatherbell et al.(Eds.) (pp. 63-74).
- Bledsoe, A. M., Kliewer, W. M., & Marois, J. J. (1988). Effects of timing and severity of leaf removal on yield and fruit composition of Sauvignon blanc grapevines. *American journal of enology and viticulture*, 39(1), 49-54.
- Borthwick, H. A., & Hendricks, S. B. (1960). Photoperiodism in plants. *Science (Washington, DC);(United States)*, 132(3435).
- Boursiquot, J., Dessup, M., & Rennes, C. (1995). Distribution des principaux caractères phénologiques, agronomiques et technologiques chez *Vitis vinifera* L. *Vitis*, 34(1), 31-35.
- Carre, D. D. (1984). *Influence of Atmospheric Humidity and Free Water on Germination and Germ Tube Growth of Botrytis Cinerea Pers.* M.S. Thesis, Oregon State University, Corvallis.
- Caspari, H. W., & Lang, A. (1996, July). Carbohydrate supply limits fruitset in commercial Sauvignon blanc grapevines. In *Proceedings for the Fourth International Symposium on Cool Climate Enology and Viticulture*. T. Henick-Kling et al.(eds.), pp. II (pp. 9-13).
- Choné, X., Lavigne-Cruège, V., Tominaga, T., van Leeuwen, C., Castagnède, C., Saucier, C., & Dubourdieu, D. (2006). Effect of vine nitrogen status on grape aromatic potential: flavor precursors (S-cysteine conjugates), glutathione and phenolic content in *Vitis vinifera* L. Cv Sauvignon blanc grape juice. *OENO One*, 40(1), 1-6.
- Collins, C., & Dry, P. R. (2009). Response of fruitset and other yield components to shoot topping and 2-chlorethyltrimethyl-ammonium chloride application. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 15(3), 256-267.
- Conde, C., Silva, P., Fontes, N., Dias, A. C. P., Tavares, R. M., Sousa, M. J., Agasse, A., Delrot, S., & Gerós, H. (2007). Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality.

- Coombe, B. G. (1992). Research on development and ripening of the grape berry. *American Journal of Enology and Viticulture*, 43(1), 101-110.
- Crippen, D. D., & Morrison, J. C. (1986). The effects of sun exposure on the compositional development of Cabernet Sauvignon berries. *American journal of enology and viticulture*, 37(4), 235-242.
- Dokoozlian, N. K., & 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(5), 869-874.
- Dokoozlian, N.K. 2000. Grape Berry Growth and Development (PDF). Pages 30-37 in: Raisin Production Manual. University of California, Agricultural and Natural Resources Publication 3393, Oakland, CA. pp:30-37.
- Dry, P. R., Longbottom, M. L., McLoughlin, S., Johnson, T. E., & Collins, C. (2010). Classification of reproductive performance of ten winegrape varieties. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16(s1), 47-55.
- Dupuy, P. (1957). Les facteurs du developpement de l'acesence dans le vin. *Ann. Technol*, 6, 391-407.
- Evers, D., Molitor, D., Rothmeier, M., Behr, M., Fischer, S. and Hoffmann, L. (2010) Efficiency of different strategies for the control of grey mold on grapes including gibberellic acid (GIBB3), leaf removal and/or botrycide treatments. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 44, 151–159.
- Failla, O., Rustioni, L., & Scalabrelli, G. (2013). Management of the Vineyard. *Sweet, Reinforced and Fortified Wines: Grape Biochemistry, Technology and Vinification*, 27-49.
- Farrar, J. F. (1993). Sink strength: what is it and how do we measure it? Introduction. *Plant, Cell & Environment*, 16(9), 1015-1016.
- Ferroud, M. (1998). Cultivar susceptibility of grape berry clusters to larvae of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Economic Entomology*, 91(4), 974-980.
- Ferree, D. C., McCartney, S. J., & Scurlock, D. M. (2001). Influence of irradiance and period of exposure on fruit set of French-American hybrid grapes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 126(3), 283-290.

- Ferreira, J.H.S. & Marais, P.G. (1987) Effect of rootstock cultivar, pruning method and crop load on *Botrytis cinerea* rot of *Vitis vinifera* cv. Chenin blanc grapes. *South African Journal of Enology and Viticulture* 8, 41–44.
- Fontoin, H., Saucier, C., Teissedre, P. L., & Glories, Y. (2008). Effect of pH, ethanol and acidity on astringency and bitterness of grape seed tannin oligomers in model wine solution. *Food Quality and Preference*, 19(3), 286-291.
- Fornachon, J. C. M. (1957). The occurrence of malo-lactic fermentation in Australian wines. *Aust. J. Appl. Sci*, 8, 120-129.
- Gabler, F. M., Smilanick, J. L., Mansour, M., Ramming, D. W., & Mackey, B. E. (2003). Correlations of morphological, anatomical, and chemical features of grape berries with resistance to *Botrytis cinerea*. *Phytopathology*, 93(10), 1263-1273.
- Gindaba, J., & Wand, S. J. (2005). Comparative effects of evaporative cooling, kaolin particle film, and shade net on sunburn and fruit quality in apples. *HortScience*, 40(3), 592-596.
- Girona, J., Marsal, J., Mata, M., Del Campo, J., & Basile, B. (2009). Phenological sensitivity of berry growth and composition of Tempranillo grapevines (*Vitis vinifera* L.) to water stress. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 15(3), 268-277.
- Hamman, R. A., & Dami, I. E. (2000). Effects of irrigation on wine grape growth and fruit quality. *HortTechnology*, 10(1), 162-168.
- Hardie, W. J., O'Brien, T. P., & Jaudzems, V. G. (1996). Morphology, anatomy and development of the pericarp after anthesis in grape, *Vitis vinifera* L. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 2(2), 97-142.
- Hed, B., Ngugi, H. K., & Travis, J. W. (2009). Relationship between cluster compactness and bunch rot in Vignoles grapes. *Plant Disease*, 93(11), 1195-1201.
- Hocking, A. D., Su-lin, L. L., Kazi, B. A., Emmett, R. W., and Scott, E. S. (2007). Fungi and mycotoxins in vineyards and grape products. *International journal of food microbiology*, 119(1), 84-88.
- Houel, C., Martin-Magniette, M.L., Nicolas, S.D., Lacombe, T., Le Cunff, L., Franck, D., Torregrosa, L., Conejero, G., Lalet, S., This, P. & Adam-Blondon, A.F. (2013) (2013). Genetic

variability of berry size in the grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 19(2), 208-220.

Intrieri, C., Filippetti, I., Allegro, G., Centinari, M., & Poni, S. (2008). Early defoliation (hand vs mechanical) for improved crop control and grape composition in Sangiovese (*Vitis vinifera* L.). *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 14(1), 25-32.

Intrigliolo, D. S., Llacer, E., Revert, J., Esteve, M. D., Climent, M. D., Palau, D., & Gómez, I. (2014). Early defoliation reduces cluster compactness and improves grape composition in Mandó, an autochthonous cultivar of *Vitis vinifera* from southeastern Spain. *Scientia Horticulturae*, 167, 71-75.

Ioratti, C., Anfora, G., Tasin, M., De Cristofaro, A., Witzgall, P. & Lucchi, A. (2011) Chemical ecology and management of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of economic entomology*, 104(4), 1125-1137.

Istat, (2010). <http://www.istat.it/it/censimento-agricoltura/agricoltura-2010>. Accesso il 15 dicembre 2017.

Jackson R. (2014). *Wine Science – Principles and Applications* (4th Edition). Academic Press, p.984.

Jackson, D. I., & Lombard, P. B. (1993). Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality-a review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 44(4), 409-430.

Jones, G. V., Duff, A. A., Hall, A., & Myers, J. W. (2010). Spatial analysis of climate in winegrape growing regions in the western United States. *American Journal of Enology and Viticulture*, 61(3), 313-326.

Kaps, M. L., & Cahoon, G. A. (1989). Berry thinning and cluster thinning influence vegetative growth, yield, fruit composition, and net photosynthesis of Seyval blanc grapes. *Journal of the American Society for Horticultural Science (USA)*, 114:20-24.

Kaps, M. L., & Cahoon, G. A. (1992). Growth and fruiting of container-grown Seyval blanc grapevines modified by changes in crop level, leaf number and position, and light exposure. *American journal of enology and viticulture*, 43(2), 191-199.

- Krasnow, M., Matthews, M., Smith, R., Benz, J., Weber, E., & Shackel, K. (2010). Distinctive symptoms differentiate four common types of berry shrivel disorder in grape. *California Agriculture*, 64(3), 155-159.
- Kriedemann, P. E., Kliewer, W. M., & Harris, J. M. (1970). Leaf age and photosynthesis in *Vitis vinifera* L. *Vitis*, 9(2), 97-104.
- La Guerche, S., Chamont, S., Blancard, D., Dubourdieu, D., & Darriet, P. (2005). Origin of (-)-geosmin on grapes: on the complementary action of two fungi, *Botrytis cinerea* and *Penicillium expansum*. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 88(2), 131-139.
- Lee, J., & Skinkis, P. A. (2013). Oregon 'Pinot noir' grape anthocyanin enhancement by early leaf removal. *Food chemistry*, 139(1), 893-901.
- Leong, S. L. L., Hocking, A. D., Pitt, J. I., Kazi, B. A., Emmett, R. W., & Scott, E. S. (2006). Australian research on ochratoxigenic fungi and ochratoxin A. *International Journal of Food Microbiology*, 111, S10-S17.
- Lopez, G., Mata, M., Arbones, A., Solans, J. R., Girona, J., & Marsal, J. (2006). Mitigation of effects of extreme drought during stage III of peach fruit development by summer pruning and fruit thinning. *Tree Physiology-Victoria-*, 26(4), 469.
- Marsal, J., Mata, M., Arbones, A., Del Campo, J., Girona, J., & Lopez, G. (2008). Factors involved in alleviating water stress by partial crop removal in pear trees. *Tree physiology*, 28(9), 1375-1382.
- Matthews, M. A., & Anderson, M. M. (1988). Fruit ripening in *Vitis vinifera* L.: responses to seasonal water deficits. *American Journal of enology and Viticulture*, 39(4), 313-320.
- Matthews, M. A., & Anderson, M. M. (1989). Reproductive development in grape (*Vitis vinifera* L.): responses to seasonal water deficits. *American Journal of Enology and Viticulture*, 40(1), 52-60.
- Matthews, M. A., Anderson, M. M., & Schult, H. (1987). Phenologic and growth responses to early and late season. *Vitis*, 26, 147-160.
- May, P. (2000). From bud to berry, with special reference to inflorescence and bunch morphology in *Vitis vinifera* L. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 6(2), 82-98.

- Molitor, D., Behr, M., Fischer, S., Hoffmann, L., & Evers, D. (2011). Timing of cluster-zone leaf removal and its impact on canopy morphology, cluster structure and bunch rot susceptibility of grapes. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 45, 149-159.
- Molitor, D., Behr, M., Hoffmann, L., & Evers, D. (2012). Impact of grape cluster division on cluster morphology and bunch rot epidemic. *American journal of enology and viticulture*, ajev-2012.
- Obreque-Slier, E., Peña-Neira, Á., & López-Solís, R. (2012). Interactions of enological tannins with the protein fraction of saliva and astringency perception are affected by pH. *LWT-Food Science and Technology*, 45(1), 88-93.
- Ollat, N., & Gaudillere, J. P. (1998). The effect of limiting leaf area during stage I of berry growth on development and composition of berries of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon. *American Journal of Enology and Viticulture*, 49(3), 251-258.
- Palliotti, A., Gardi, T., Berrios, J. G., Civardi, S., & Poni, S. (2012). Early source limitation as a tool for yield control and wine quality improvement in a high-yielding red *Vitis vinifera* L. cultivar. *Scientia Horticulturae*, 145, 10-16.
- Palliotti, A., Poni, S., Berrios, J. G., & Bernizzoni, F. (2010). Vine performance and grape composition as affected by early-season source limitation induced with anti-transpirants in two red *Vitis vinifera* L. cultivars. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16(3), 426-433.
- Petrie, P. R., Trought, M. C., Howell, G. S., & Buchan, G. D. (2003). The effect of leaf removal and canopy height on whole-vine gas exchange and fruit development of *Vitis vinifera* L. Sauvignon Blanc. *Functional Plant Biology*, 30(6), 711-717.
- Poni, S., Bernizzoni, F., & Civardi, S. (2008). The effect of early leaf removal on whole-canopy gas exchange and vine performance of *Vitis vinifera* L. 'Sangiovese'. *Vitis* 47:1-6.
- Poni, S., Bernizzoni, F., Civardi, S., & Libelli, N. (2009). Effects of pre-bloom leaf removal on growth of berry tissues and must composition in two red *Vitis vinifera* L. cultivars. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 15(2), 185-193.
- Poni, S., Casalini, L., Bernizzoni, F., Civardi, S., & Intrieri, C. (2006). Effects of early defoliation on shoot photosynthesis, yield components, and grape composition. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(4), 397-407.

- Reale, L., Gigante, D., Landucci, F., Ferranti, F., & Venanzoni, R. (2012). Morphological and histo-anatomical traits reflect die-back in *Phragmites australis* (Cav.) Steud. *Aquatic botany*, *103*, 122-128.
- Reynolds, A. G., Schlosser, J., Power, R., Roberts, R., Willwerth, J., & de Savigny, C. (2007). Magnitude and interaction of viticultural and enological effects. I. Impact of canopy management and yeast strain on sensory and chemical composition of Chardonnay Musqué. *American Journal of Enology and Viticulture*, *58*(1), 12-24.
- Reynolds, A. G., Wardle, D. A., & Dever, M. (1996). Vine performance, fruit composition, and wine sensory attributes of Gewürztraminer in response to vineyard location and canopy manipulation. *American Journal of Enology and Viticulture*, *47*(1), 77-92.
- Ribéreau-Gayon, P. (1983). Alterations of wine quality caused by *Botrytis* damages. *Vignevin*, *10*, 48-52.
- Risco, D., Pérez, D., Yeves, A., Castel, J. R., & Intrigliolo, D. S. (2014). Early defoliation in a temperate warm and semi-arid Tempranillo vineyard: vine performance and grape composition. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, *20*(1), 111-122.
- Sabbatini, P., & Howell, G. S. (2010). Effects of early defoliation on yield, fruit composition, and harvest season cluster rot complex of grapevines. *HortScience*, *45*(12), 1804-1808.
- Salón, J. L., Chirivella, C., & Castel, J. R. (2005). Response of cv. Bobal to timing of deficit irrigation in Requena, Spain: water relations, yield, and wine quality. *American journal of enology and viticulture*, *56*(1), 1-8.
- Schildberger, B., Faltis, C., Arnold, M., & Eder, R. (2011). Effects of prohexadione-calcium on grape cluster structure and susceptibility to bunch rot (*Botrytis cinerea*) in cv. Grüner Veltliner. *Journal of Plant Pathology*, *93*, 33-37.
- Schrader, L., Zhang, J., & Sun, J. (2003). Environmental stresses that cause sunburn of apple. *Acta Hort*, *618*, 397-405.
- Shavrukov, Y. N., Dry, I. B., & Thomas, M. R. (2004). Inflorescence and bunch architecture development in *Vitis vinifera* L. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, *10*(2), 116-124.
- Smart, R. E. (1985). Principles of grapevine canopy microclimate manipulation with implications for yield and quality. A review. *American Journal of Enology and Viticulture*, *36*(3), 230-239.

- Smart, R., & Robinson, M. (1991). *Sunlight into wine: a handbook for winegrape canopy management*. Winetitles.
- Smith, H., and Whitelam, G. C. (1997). The shade avoidance syndrome: multiple responses mediated by multiple phytochromes. *Plant, Cell & Environment*, 20(6), 840-844.
- Smith, S., Codrington, I. C., Robertson, M., & Smart, R. E. (1988, January). Viticultural and oenological implications of leaf removal for New Zealand vineyards. In *Proceedings of the Second International Symposium for Cool Climate Viticulture and Oenology* (pp. 127-133).
- 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), 171-182.
- Staff, S. L., Percival, D. C., Sullivan, J. A., & Fisher, K. H. (1997). Fruit zone leaf removal influences vegetative, yield, disease, fruit composition, and wine sensory attributes of *Vitis vinifera* L.'Optima'and'Cabernet franc'. *Canadian journal of plant science*, 77(1), 149-153.
- Strauss, C. R., Wilson, B., Gooley, P. R., & Williams, P. J. (1986). Role of monoterpenes in grape and wine flavor. In: *Biogenesis of Aromas*. Eds T.H. Parliament and R. Croteau (American Chemical Society: Washington, USA) pp. 223–242.
- Šuklje, K., Antalick, G., Coetzee, Z., Schmidtke, L. M., Baša Česnik, H., Brandt, J., ... & Deloire, A. (2014). Effect of leaf removal and ultraviolet radiation on the composition and sensory perception of *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon Blanc wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 20(2), 223-233.
- Tardaguila, J., Blanco, J. A., Poni, S., & Diago, M. P. (2012). Mechanical yield regulation in winegrapes: Comparison of early defoliation and crop thinning. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 18(3), 344-352.
- Tello, J., Aguirrezábal, R., Hernaiz, S., Larreina, B., Montemayor, M. I., Vaquero, E., & Ibáñez, J. (2015). Multicultivar and multivariate study of the natural variation for grapevine bunch compactness. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 21(2), 277-289.
- Terrier, N., Sauvage, F. X., Ageorges, A., & Romieu, C. (2001). Changes in acidity and in proton transport at the tonoplast of grape berries during development. *Planta*, 213(1), 20-28.

- This, P., Martínez-Zapater, J.M., Péros, J.P. & Lacombe, T. (2011) Natural variation in *Vitis*. Adam-Blondon, A.F., Martínez-Zapater, J.M. and Kole, C., eds. *Genetics, genomics and breeding of grapes* (Science Publishers: Clemson, SC, USA) pp. 30–67.
- Tonietto, J., & Carbonneau, A. (2004). A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agricultural and Forest Meteorology*, 124(1), 81-97.
- Vail, M. E., & Marois, J. J. (1991). Grape cluster architecture and the susceptibility of berries to *Botrytis cinerea*. *Phytopathology*, 81(2), 188-191.
- Vail, M. E., Wolpert, J. A., Gubler, W. D., & Rademacher, M. R. (1998). Effect of cluster tightness on *Botrytis* bunch rot in six Chardonnay clones. *Plant disease*, 82(1), 107-109.
- Valdés-Gómez, H., Fermaud, M., Roudet, J., Calonnet, A., & Gary, C. (2008). Grey mould incidence is reduced on grapevines with lower vegetative and reproductive growth. *Crop Protection*, 27(8), 1174-1186.
- Vartholomaiou, A. N., Navrozidis, E. I., Payne, C. C., & Salpiggidis, G. A. (2008). Agronomic techniques to control *Lobesia botrana*. *Phytoparasitica*, 36(3), 264-271.
- Vasconcelos, M. C., Greven, M., Winefield, C. S., Trought, M. C., & Raw, V. (2009). The flowering process of *Vitis vinifera*: a review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 60(4), 411-434.
- Vilanova, M., Genisheva, Z. A., Graña, M., & Oliveira, J. M. (2013). Determination of odorants in varietal wines from international grape cultivars (*Vitis vinifera*) grown in NW Spain. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 34(2), 212-222.
- Volschenk1a, H., Van Vuuren, H., & Viljoen-Bloom, M. (2006). Malic acid in wine: origin, function and metabolism during vinification. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 27(2), 123-136.
- Zabadal, T. J., & Dittmer, T. W. (1998). Vine management systems affect yield, fruit quality, cluster compactness, and fruit rot of ‘Chardonnay’ grape. *HortScience*, 33(5), 806-809.
- Zoecklein, B. W., Wolf, T. K., Duncan, N. W., Judge, J. M., & Cook, M. K. (1992). Effects of fruit zone leaf removal on yield, fruit composition, and fruit rot incidence of Chardonnay and White Riesling (*Vitis vinifera* L.) grapes. *American Journal of Enology and Viticulture*, 43(2), 139-148.

## 7. Tabelle

**Tabella 1.** Concentrazione di acido malico e acido tartarico e rapporto tra malato e tartrato misurati nel 2015 sul succo delle uve delle piante controllo (C) e di quelle sottoposte a quattro intensità di defogliazione (D15, D30, D45 e D60). Nella stessa colonna lettere diverse indicano medie significativamente differenti secondo il test di Duncan ( $P < 0,05$ ).

Trattamento	23 giugno 2015			09 luglio 2015			14 settembre 2015		
	Acido malico (g/L)	Acido tartarico (g/L)	Malato/tartrato	Acido malico (g/L)	Acido tartarico (g/L)	Malato/tartrato	Acido malico (g/L)	Acido tartarico (g/L)	Malato/tartrato
C	6,6 a	15,2	0,43 a	14,9 a	17,3	0,86 a	1,2	4,3	0,35
D15	6,5 a	16,7	0,39 b	15,2 a	17,7	0,86 a	1,0	3,4	0,29
D30	6,4 a	17,6	0,36 bc	13,9 ab	18,3	0,76 ab	1,0	4,4	0,24
D45	5,7 A	17,4	0,33 cd	12,5 b	17,5	0,71 b	1,2	4,7	0,25
D60	4,3 B	14,9	0,29 d	13,2 b	18,8	0,70 b	1,2	4,3	0,27

**Tabella 2.** Numero di cellule del parenchima della parete dell'ovario misurato in fioritura e numero e area delle cellule del mesocarpo misurati all'allegagione e alla raccolta nel 2016 per le piante controllo (C) e per quelle sottoposte a due intensità di defogliazione (D30 e D60). Nella stessa riga lettere diverse indicano medie significativamente differenti secondo il test di Duncan ( $P < 0,05$ ).

Tempo	Parametro	C	D30	D60
Fioritura	N° cellule del parenchima della parete dell'ovario	10,7	10,9	10,2
Allegagione	N° cellule del mesocarpo	22,6 a	19,6 a	16,4 b
	Area delle cellule del mesocarpo (mm)	5603,9	5234,8	5109,0
Raccolta	N° cellule del mesocarpo	23,90 a	24,10 a	21,05 b
	Area delle cellule del mesocarpo (mm)	20605,4 a	21579,6 b	27362,5 b

**Tabella 3.** Coefficienti di correlazione di Pearson tra il punteggio edonistico e l'intensità dei descrittori sensoriali calcolati per i vini ottenuti nel 2014. Vengono riportate solo le correlazioni significative.

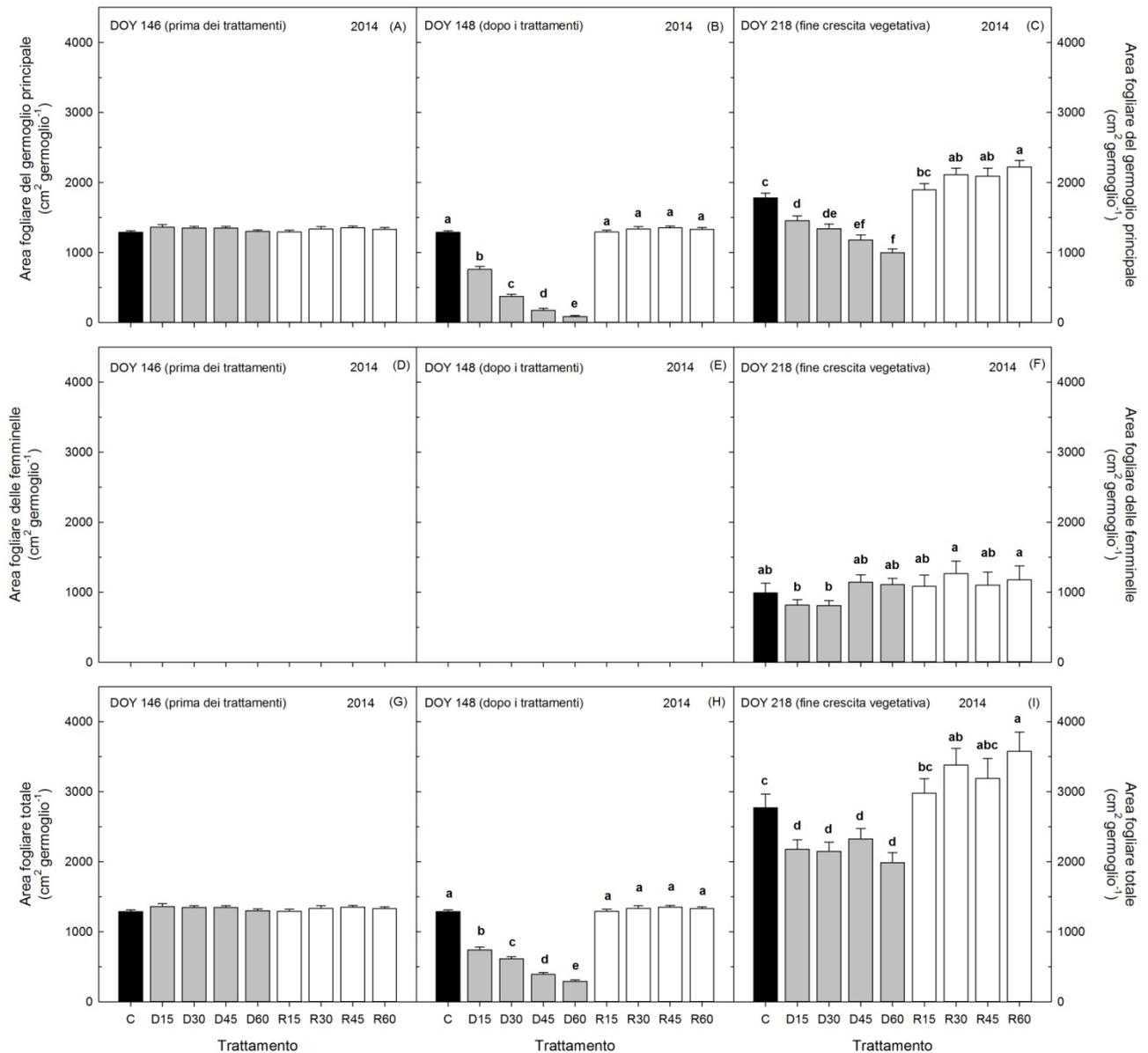
<b>Descrittore sensoriale</b>	<b>Punteggio edonistico</b>
Odore floreale	0,847**
Odore fruttato	0,848**
Aroma floreale	0,694*
Aroma fruttato	0,875**

\*P<0,05; \*\*P<0,01

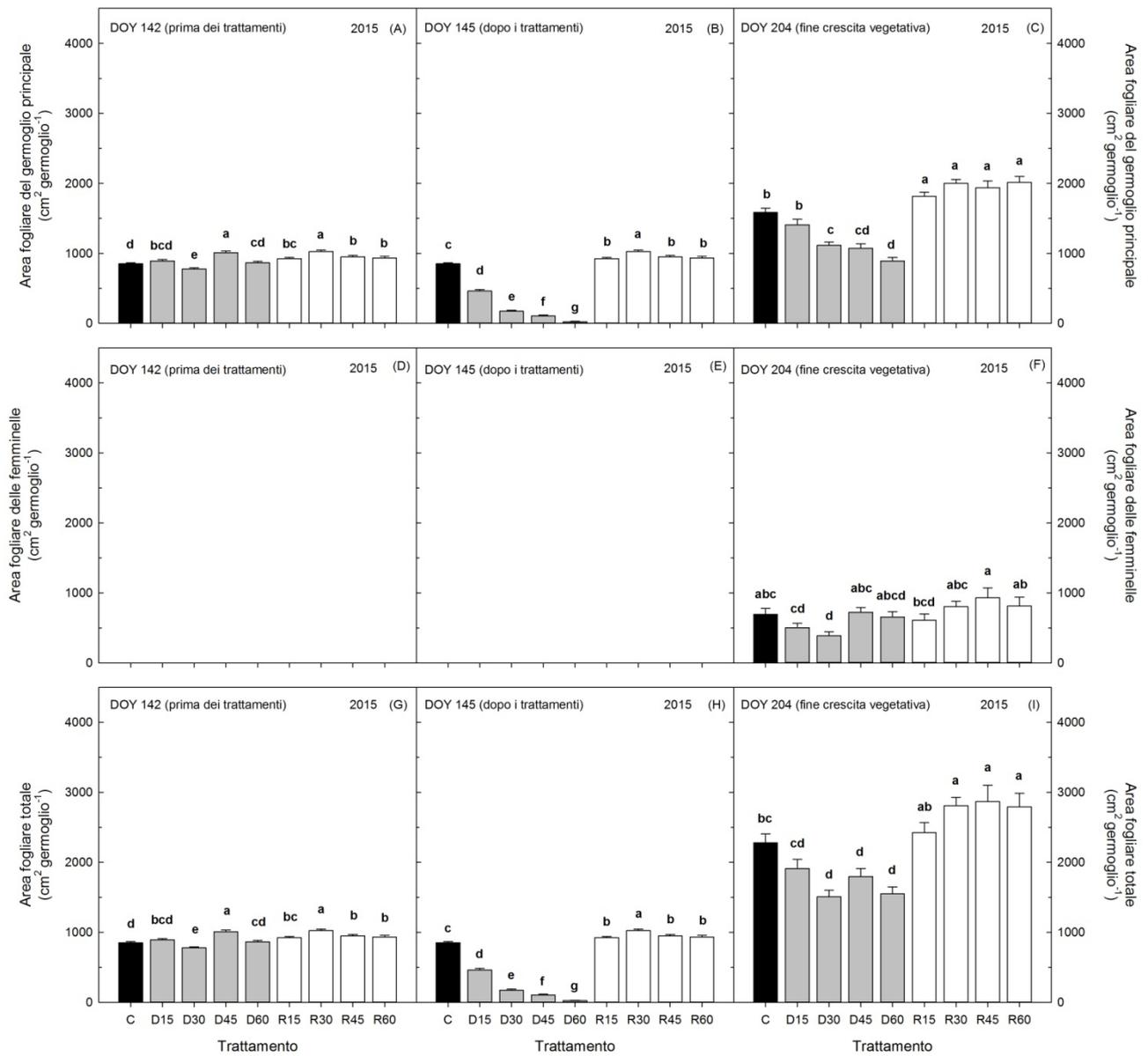
**Tabella 4.** Contenuto in solidi solubili, pH e acidità titolabile del succo delle uve misurato alla raccolta nel 2016 per le piante controllo (C) e per quelle sottoposte a quattro intensità di defogliazione asimmetrica (DA15, DA30, DA45 e DA60). Nella stessa colonna lettere diverse indicano medie significativamente differenti secondo il test di Duncan ( $P < 0,05$ ).

<b>Trattamento</b>	<b>CSS (°Brix)</b>	<b>pH</b>	<b>AT (g/L)</b>
C	22,3 bc	3,13	4,40
DA15	23,1 a	3,15	4,55
DA30	22,9 ab	3,21	4,20
DA45	21,6 d	3,23	4,13
DA60	21,8 cd	3,21	4,13

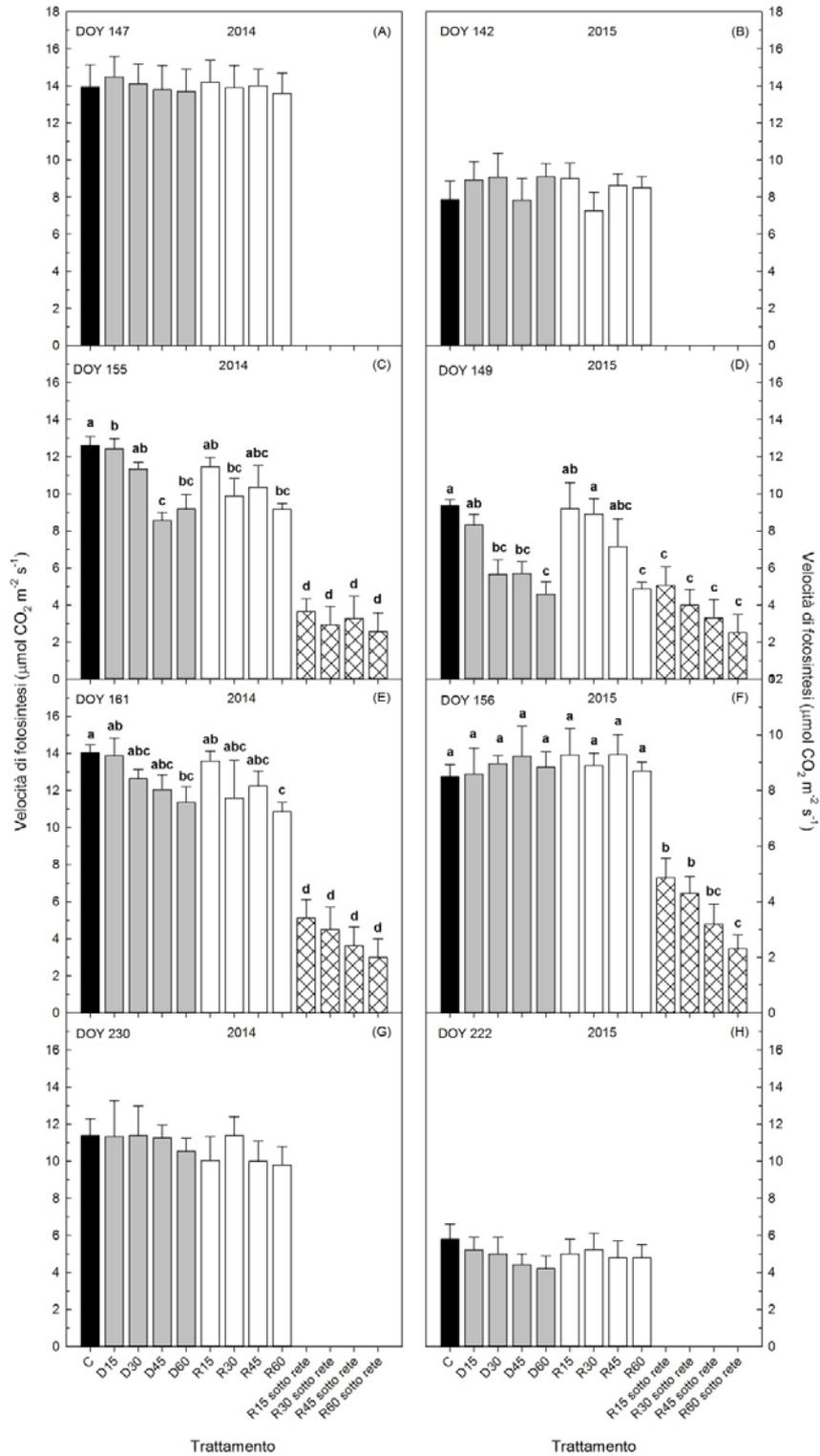
## 8. Grafici



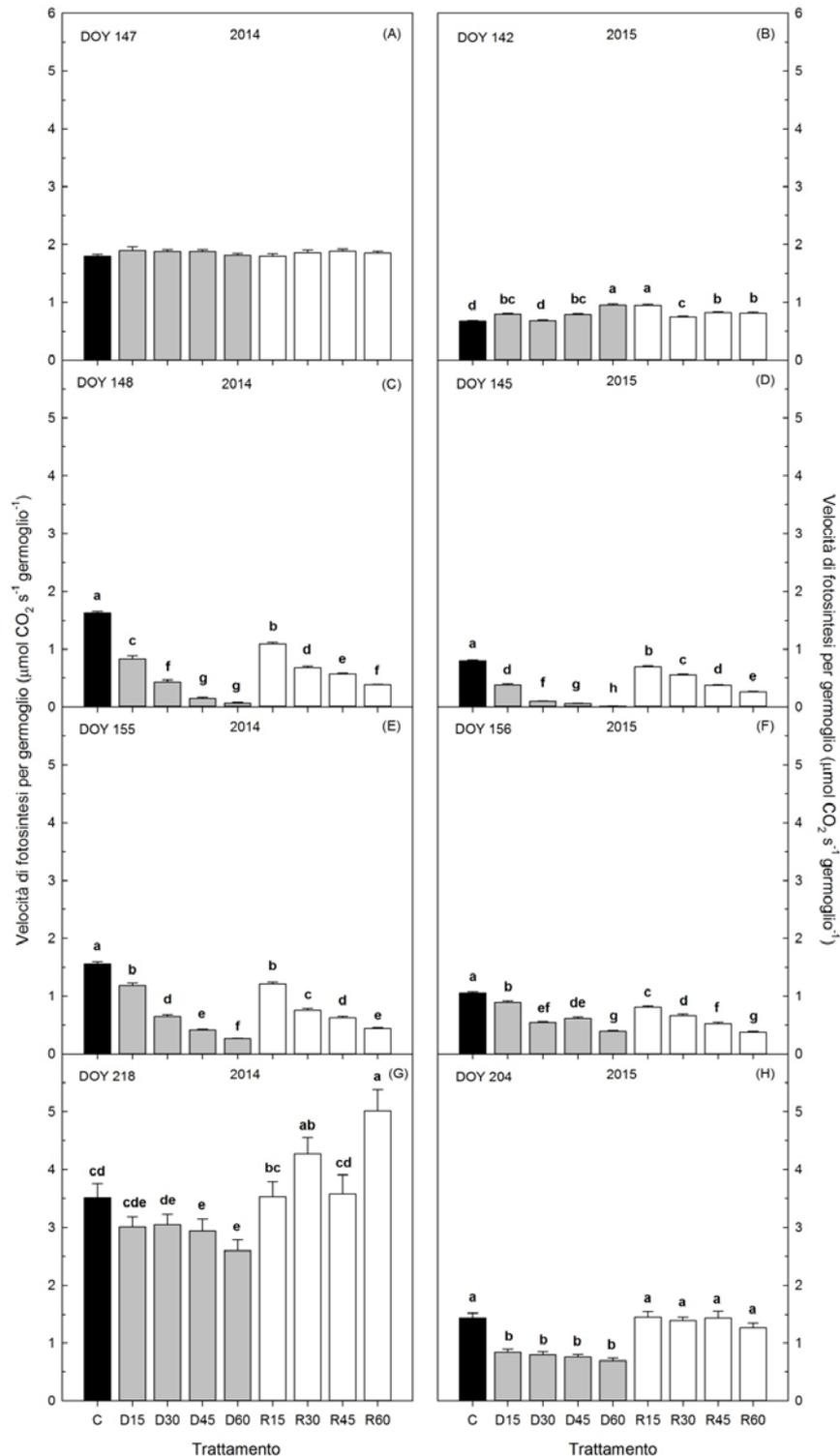
**Figura 1.** Andamento dell'area fogliare dei germogli principali (A, B e C), dell'area fogliare delle femminelle (D, E e F) e dell'area fogliare totale (G, H e I) misurate nel 2014, nelle piante controllo (C) e in quelle sottoposte a quattro intensità di defogliazione (D15, D30, D45 e D60) e ombreggiamento (R15, R30, R45 e R60).



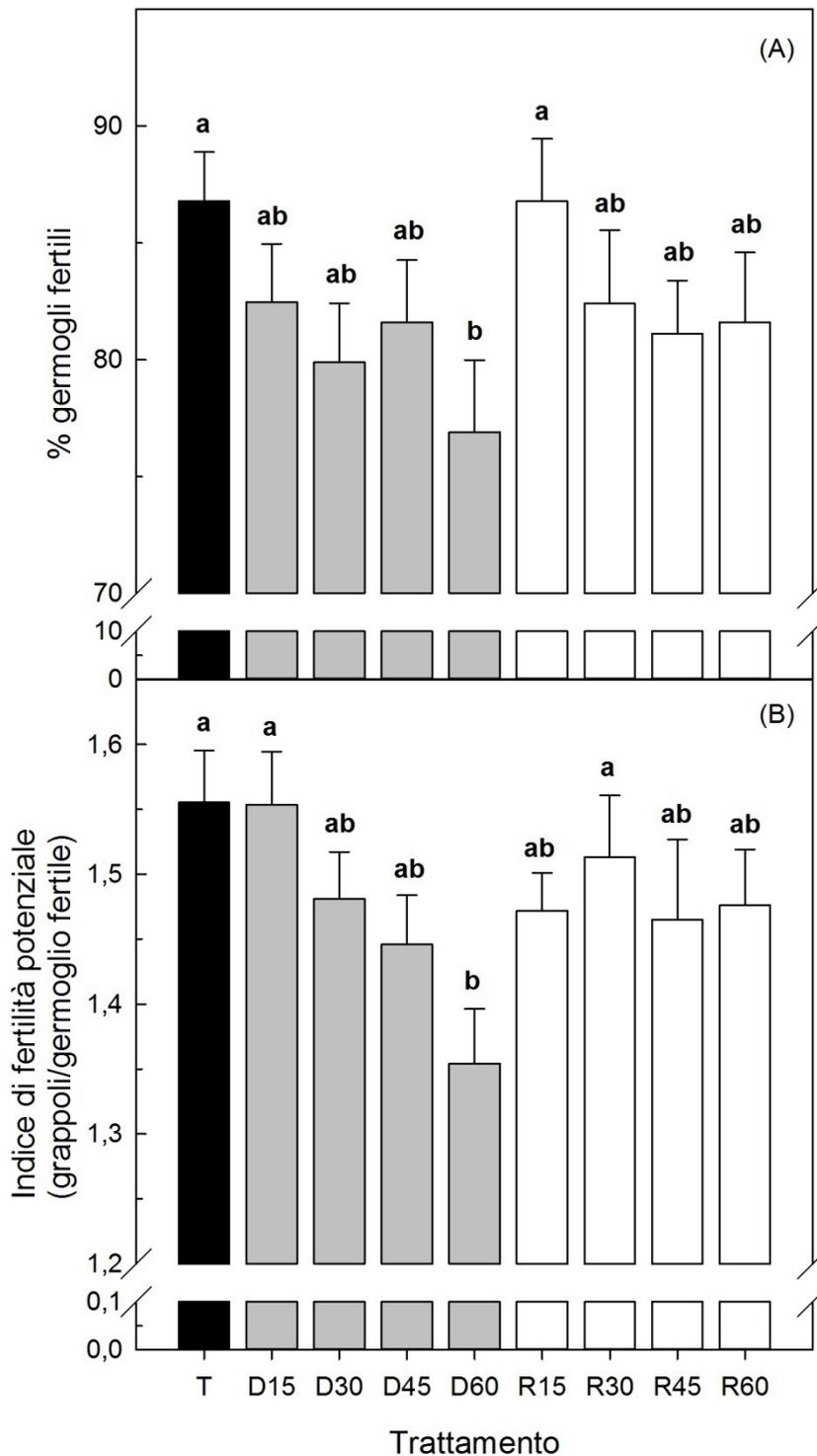
**Figura 2.** Andamento dell'area fogliare dei germogli principali (A, B e C), dell'area fogliare delle femminelle (D, E e F) e dell'area fogliare totale (G, H e I) misurate nel 2015, nelle piante controllo (C) e in quelle sottoposte a quattro intensità di defogliazione (D15, D30, D45 e D60) e ombreggiamento (R15, R30, R45 e R60).



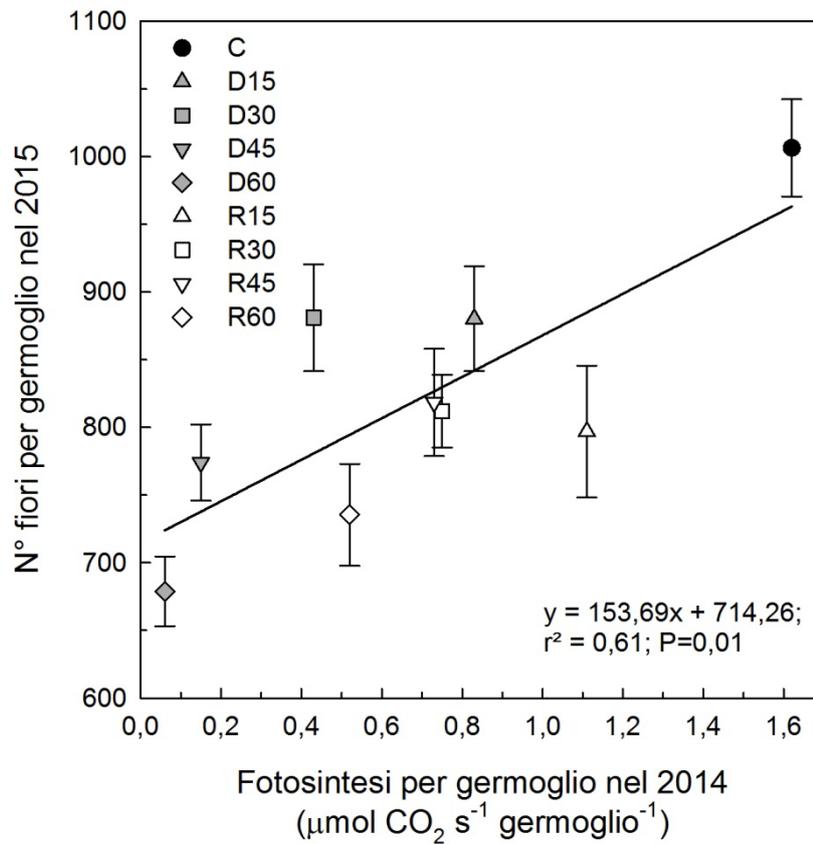
**Figura 3.** Velocità di fotosintesi nell'anno 2014 (A, C, E e G) e nell'anno 2015 (B, D, F e H) misurata in pre-fioritura prima (A e B) e dopo l'applicazione dei trattamenti (C e D), in pre-allegagione (E e F) e alla fine della crescita vegetativa (G e H) nelle piante controllo (C) e su quelle sottoposte a quattro intensità di defogliazione (D15, D30, D45 e D60) e ombreggiamento (R15, R30, R45 e R60).



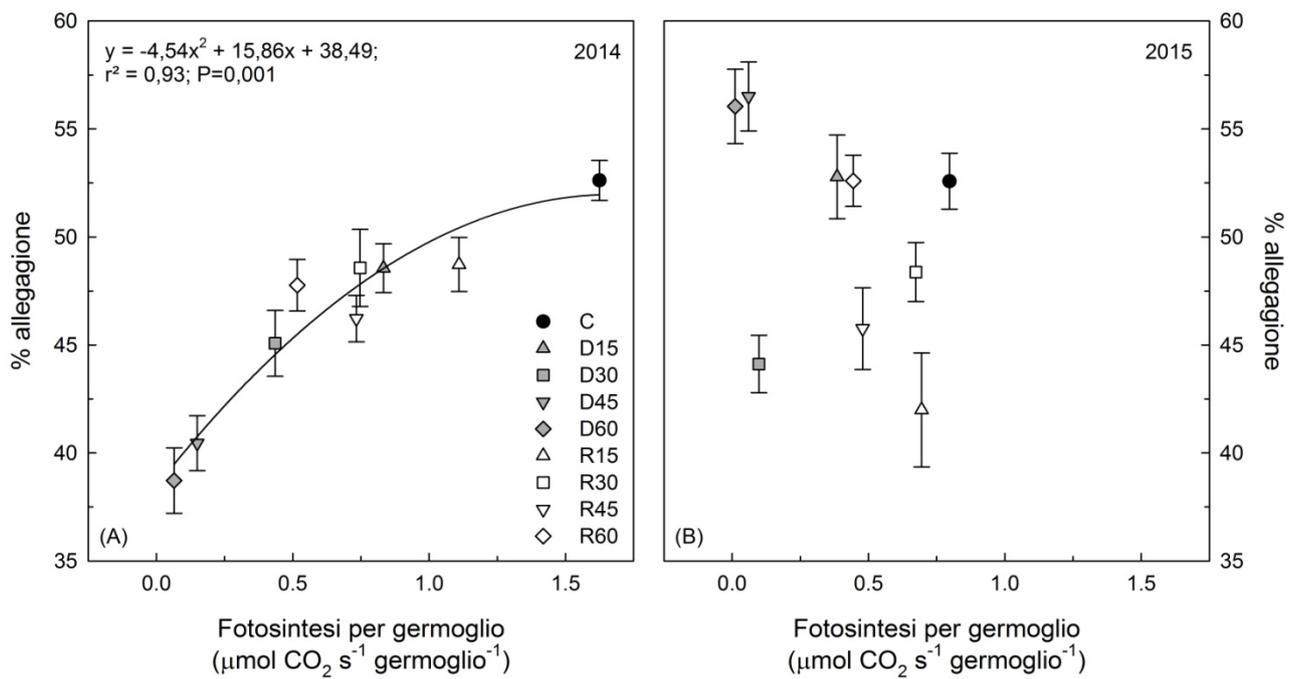
**Figura 4.** Velocità di fotosintesi stimata per germoglio nell'anno 2014 (A, C, E e G) e nell'anno 2015 (B, D, F e H) misurata in pre-fioritura prima (A e B) e dopo l'applicazione dei trattamenti (C e D), in pre-allegagione (E e F) e alla fine della crescita vegetativa (G e H) nelle piante controllo (C) e su quelle sottoposte a quattro intensità di defogliazione (D15, D30, D45 e D60) e ombreggiamento (R15, R30, R45 e R60).



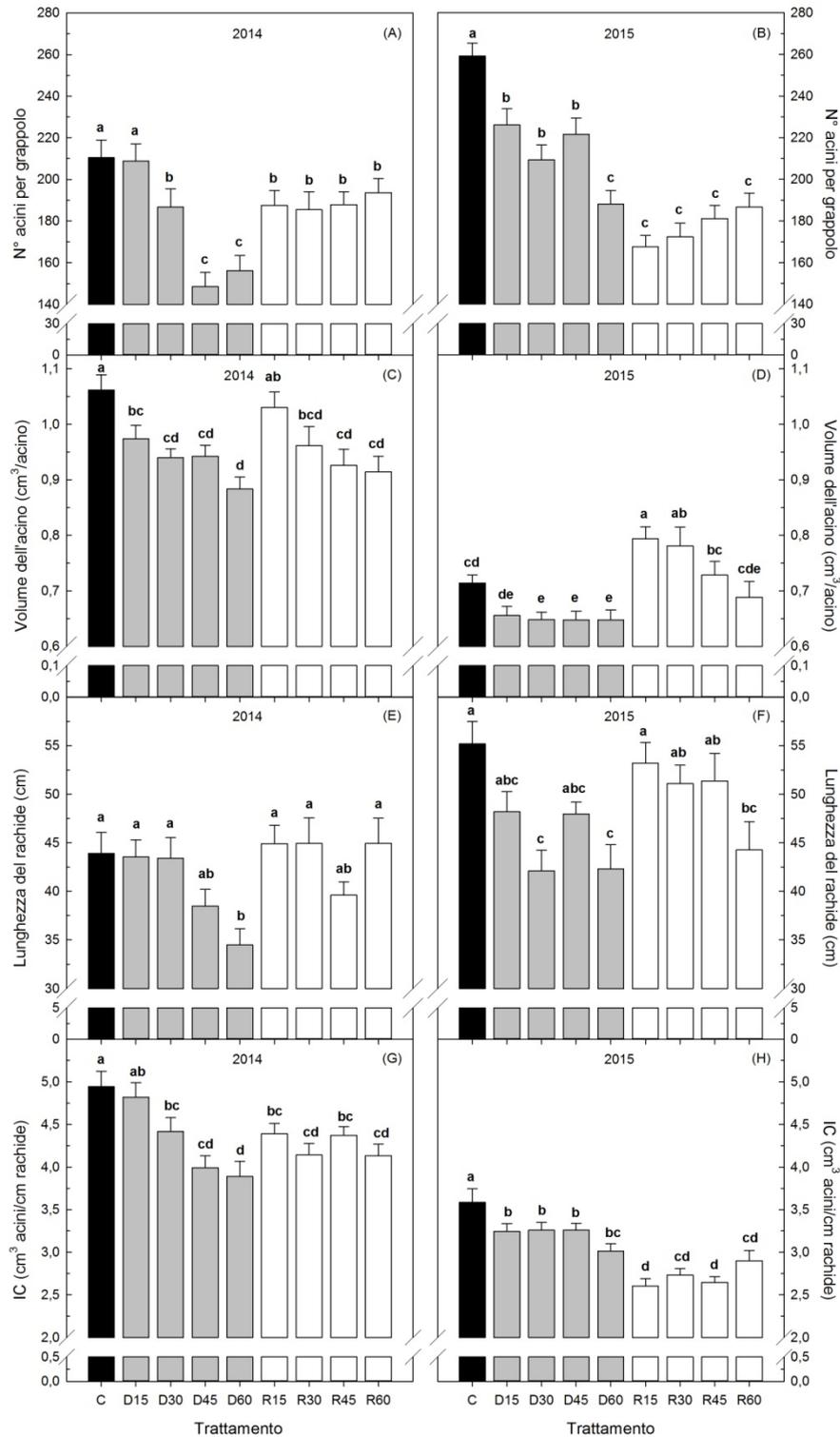
**Figura 5.** Percentuale di germogli fertili (A) e indice di fertilità potenziale (B) misurati nel 2015 nelle piante controllo (C) e in quelle sottoposte a quattro intensità di defogliazione (D15, D30, D45 e D60) e ombreggiamento (R15, R30, R45 e R60).



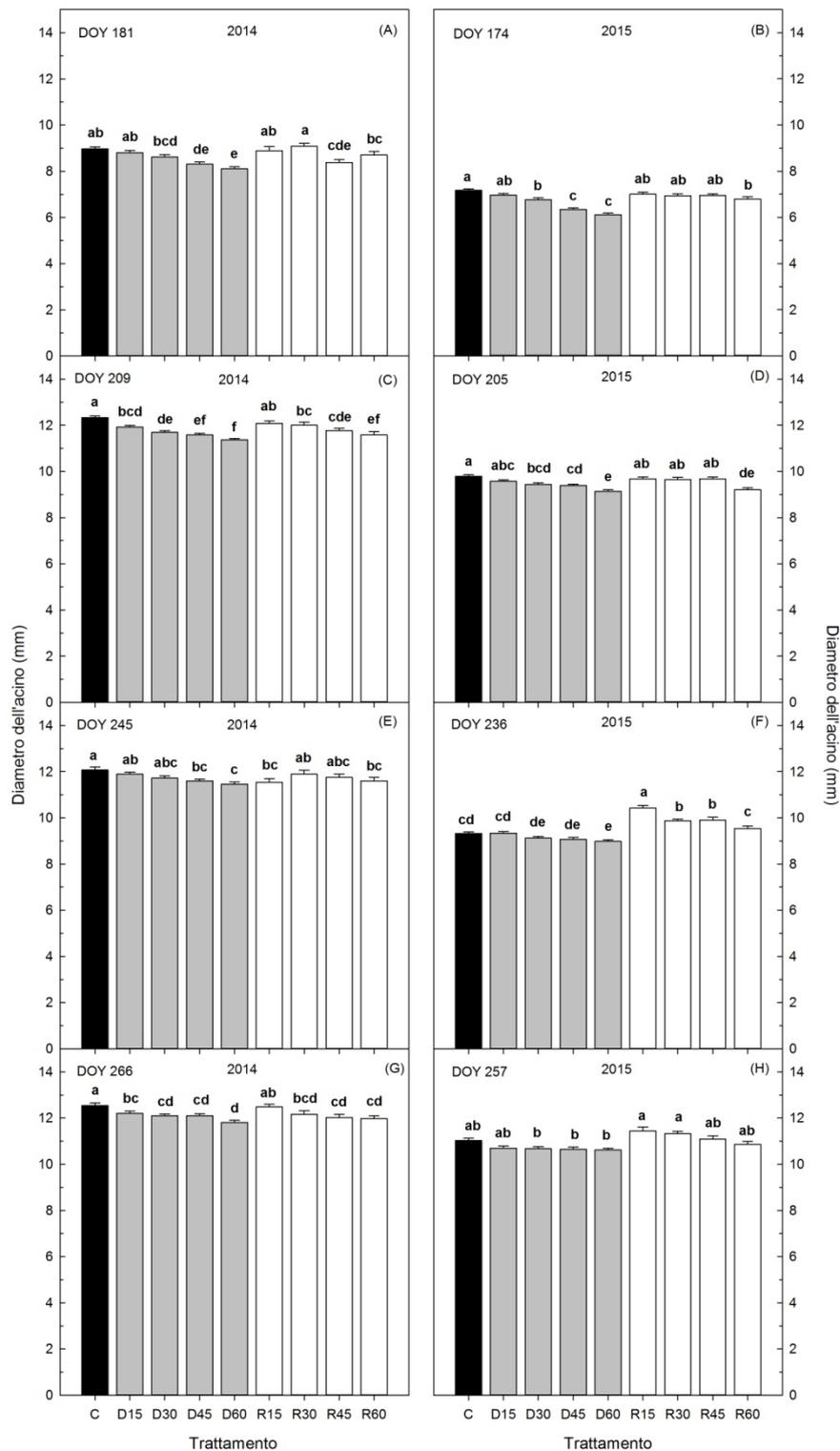
**Figura 6.** Relazione tra il numero di fiori per germoglio misurati nel 2015 e la fotosintesi stimata per germoglio nel 2014 dopo l'applicazione dei trattamenti. Simboli differenti indicano le piante controllo (C) e quelle sottoposte a quattro intensità di defogliazione (D15, D30, D45 e D60) e ombreggiamento (R15, R30, R45 e R60).



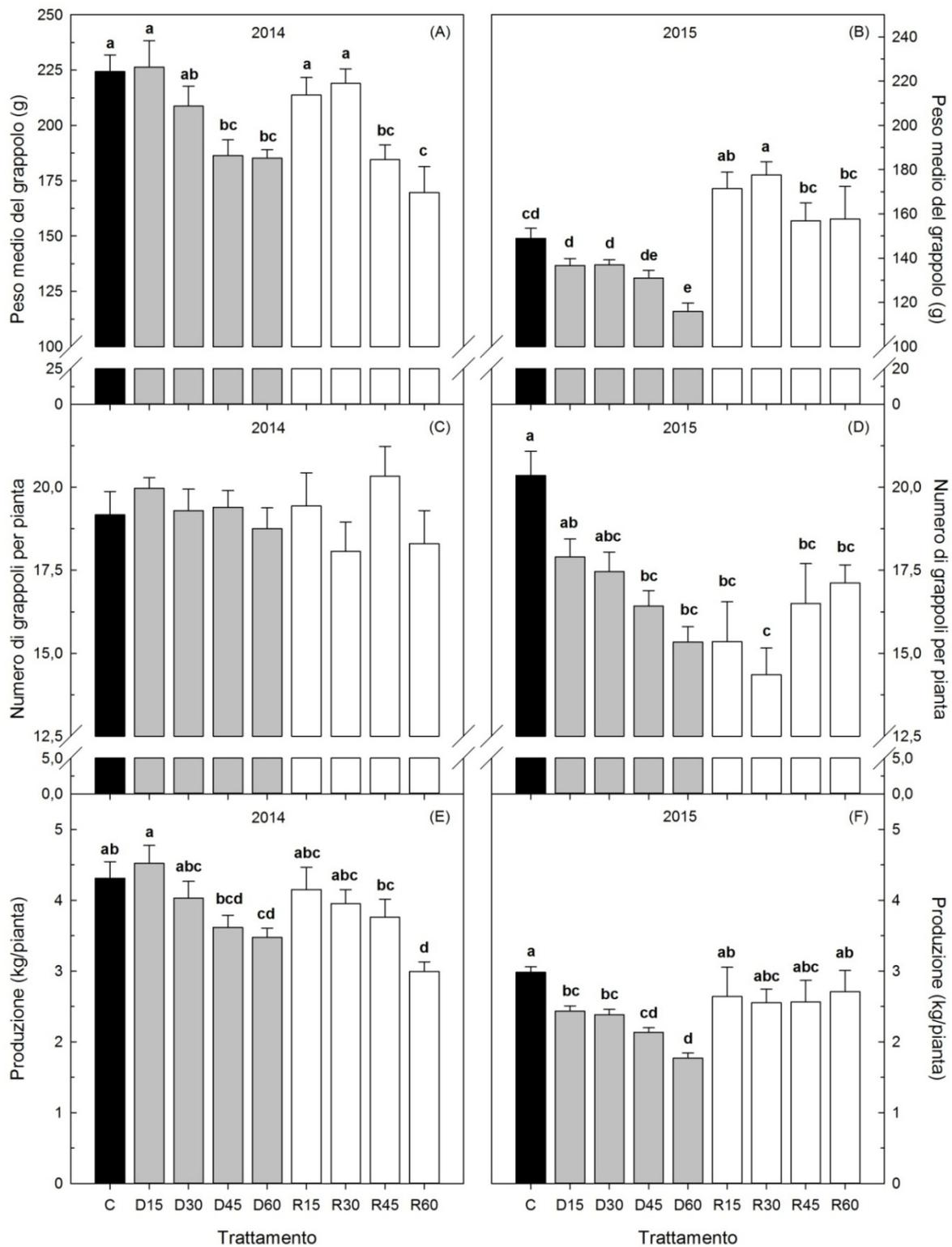
**Figura 7.** Relazione tra la percentuale di allegagione e la fotosintesi stimata per germoglio dopo l'applicazione dei trattamenti nel 2014 (A) e 2015 (B).



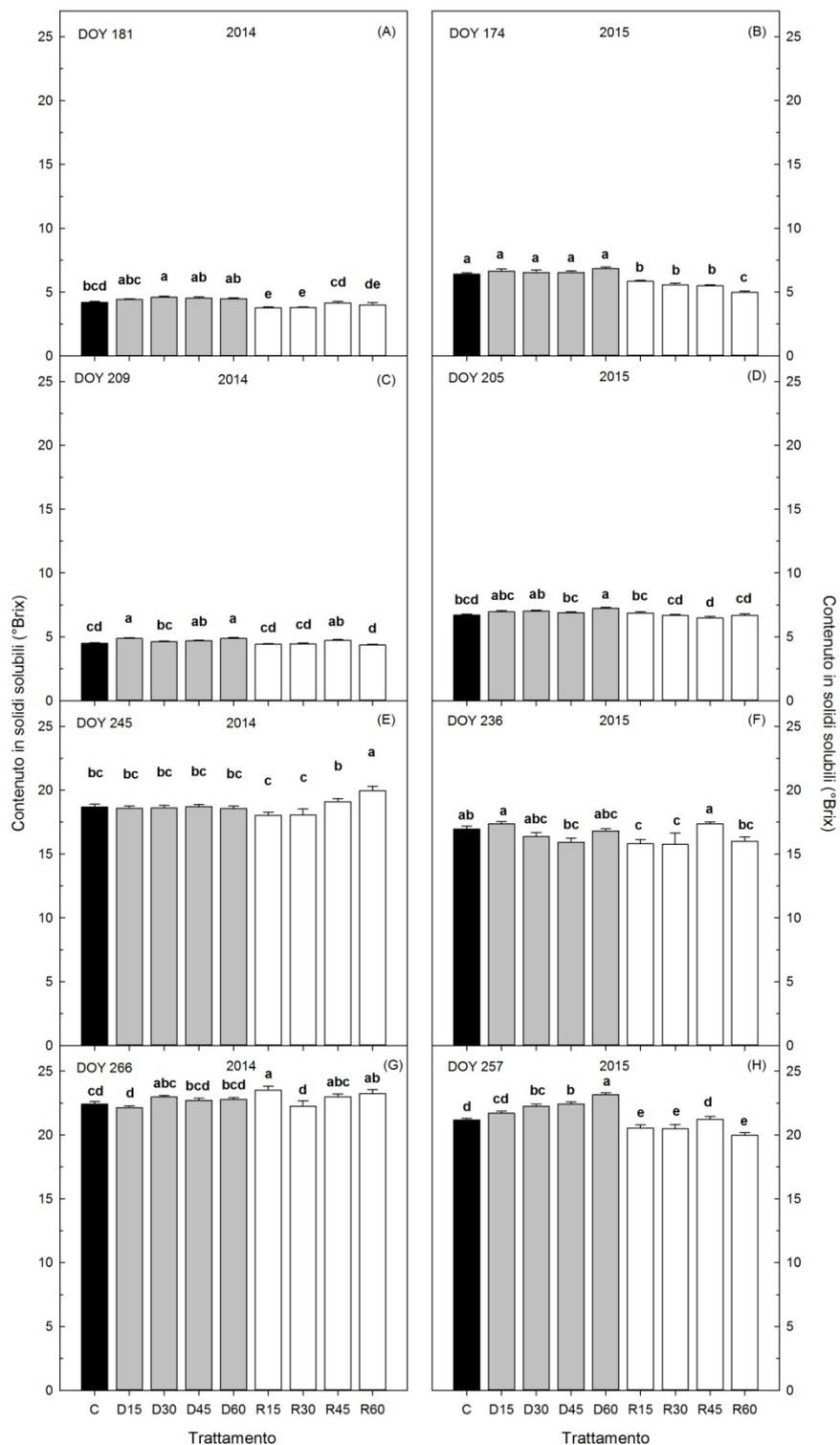
**Figura 8.** Numero di acini per grappolo (A e B), volume dell'acino(C e D), lunghezza del rachide (E e F) e indice di compattezza (G e H) nel 2014 (A, C, E e G) e nel 2015 (B, D, F e H), misurati alla raccolta per i grappoli delle piante controllo (C) e di quelle sottoposte a quattro intensità di defogliazione (D15, D30, D45 e D60) e ombreggiamento (R15, R30, R45 e R60).



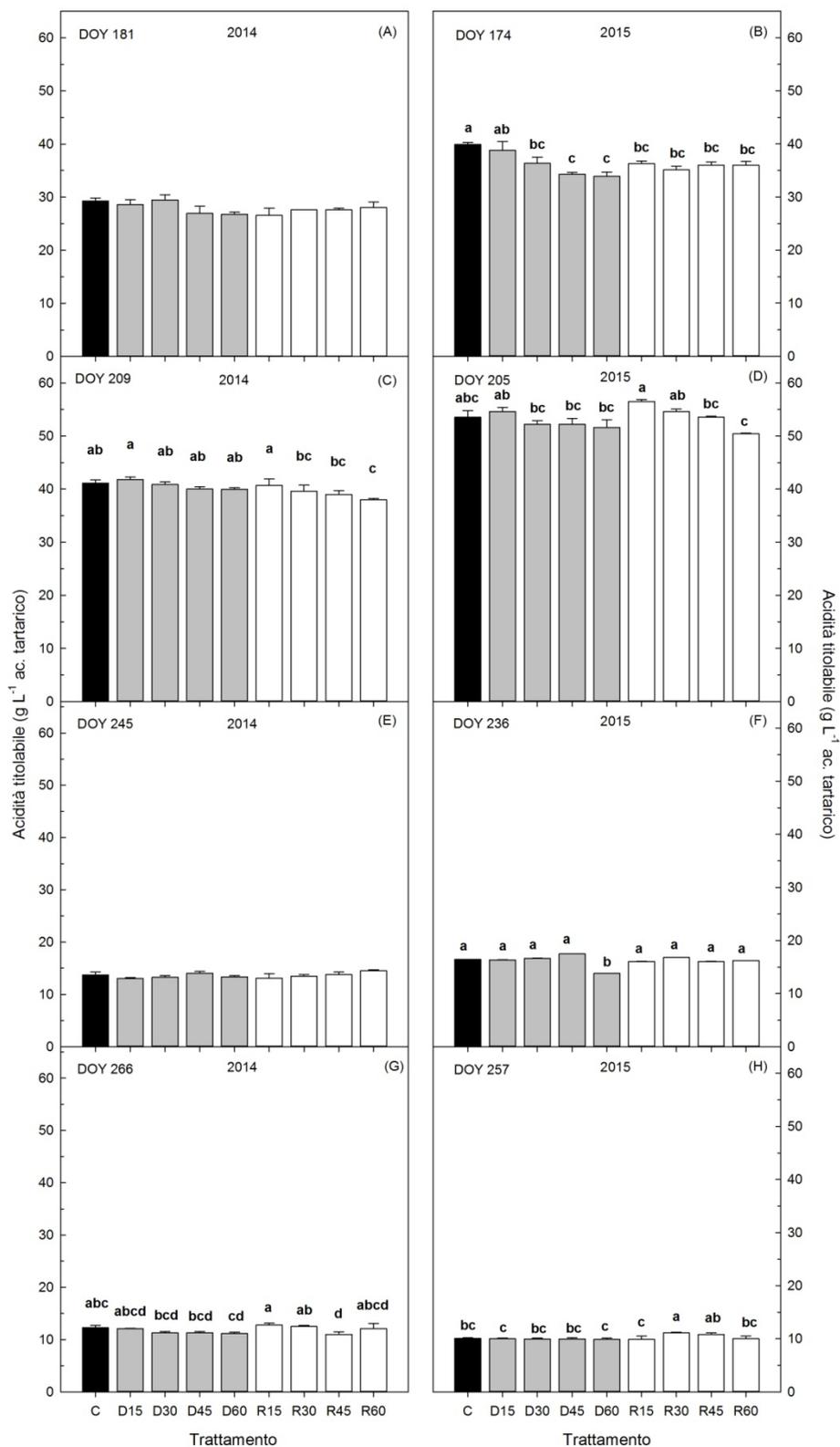
**Figura 9.** Andamento della crescita diametrica dell'acino nell'anno 2014 (A, C, E e G) dall'allegagione alla raccolta e nell'anno 2015 (B, D, F e H), misurata sulle piante controllo (C) e su quelle sottoposte a quattro intensità di defogliazione (D15, D30, D45 e D60) e ombreggiamento (R15, R30, R45 e R60).



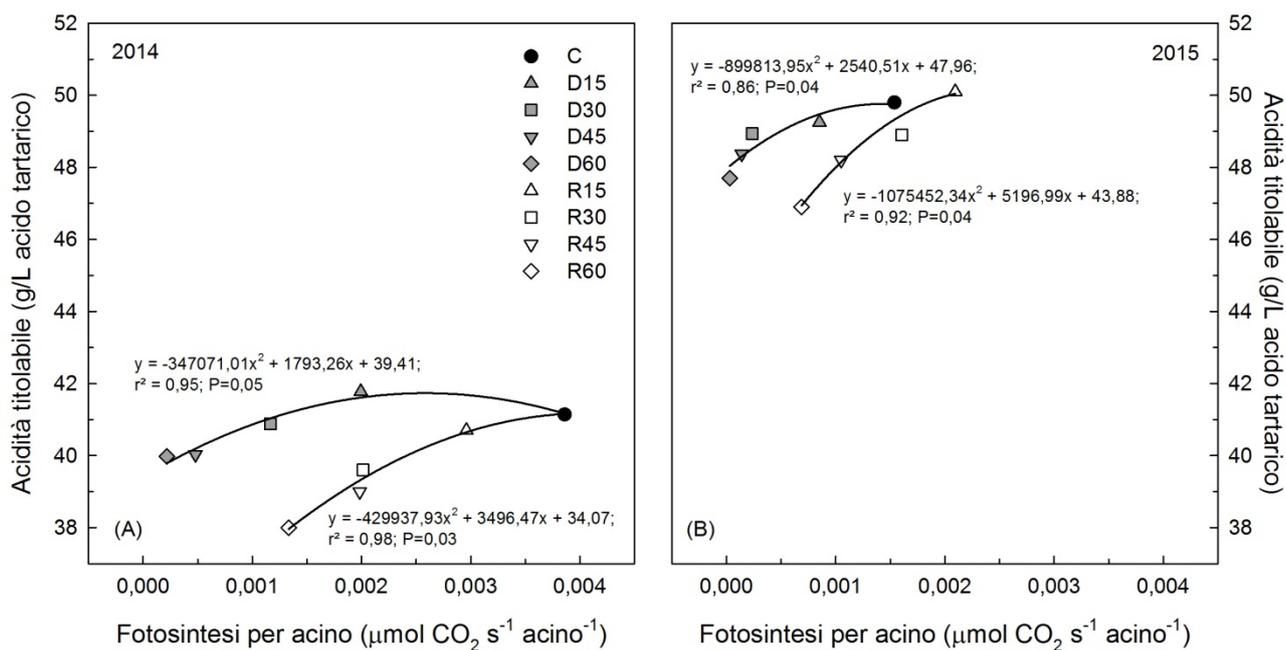
**Figura 10.** Peso medio del grappolo (A e B), numero di grappoli per pianta (C e D) e peso della produzione per pianta (E e F) negli anni 2014 (A, C e E) e 2015 (B, D e F), misurati alla raccolta nelle piante controllo (C) e in quelle sottoposte a quattro intensità di defogliazione (D15, D30, D45 e D60) e ombreggiamento (R15, R30, R45 e R60)



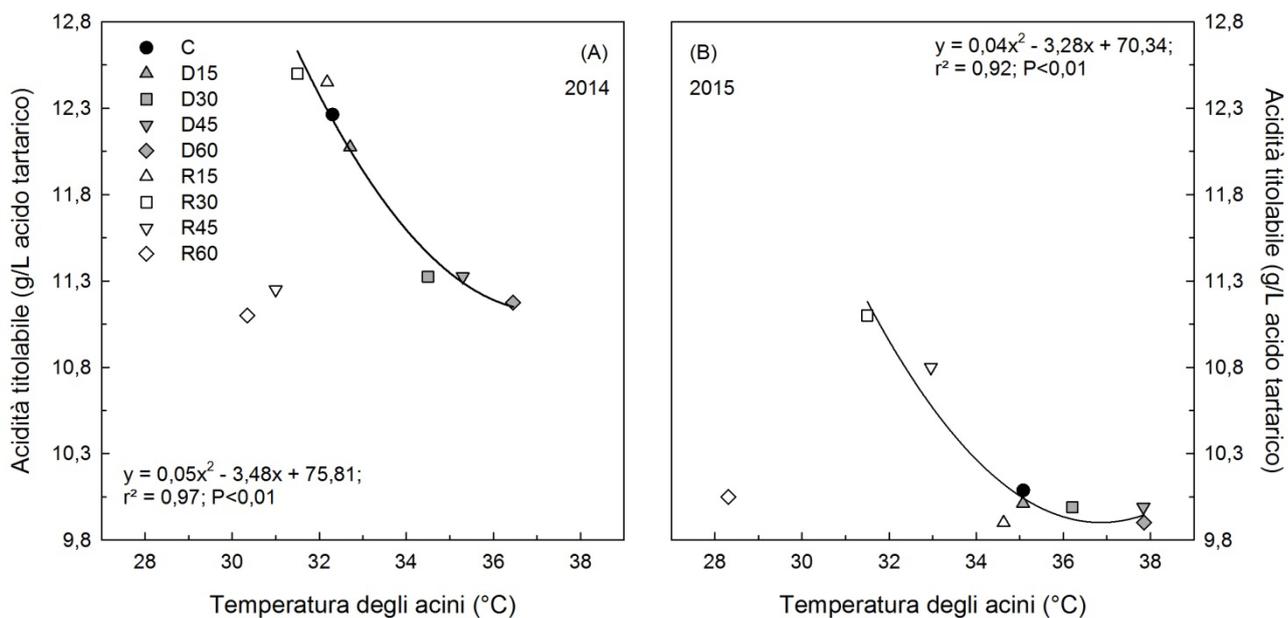
**Figura 11.** Andamento del contenuto in solidi solubili nell'anno 2014 (A, C, E e G) dall'allegazione alla raccolta nell'anno 2015 (B, D, F e H), misurata sulle piante controllo (C) e su quelle sottoposte a quattro intensità di defogliazione (D15, D30, D45 e D60) e ombreggiamento (R15, R30, R45 e R60).



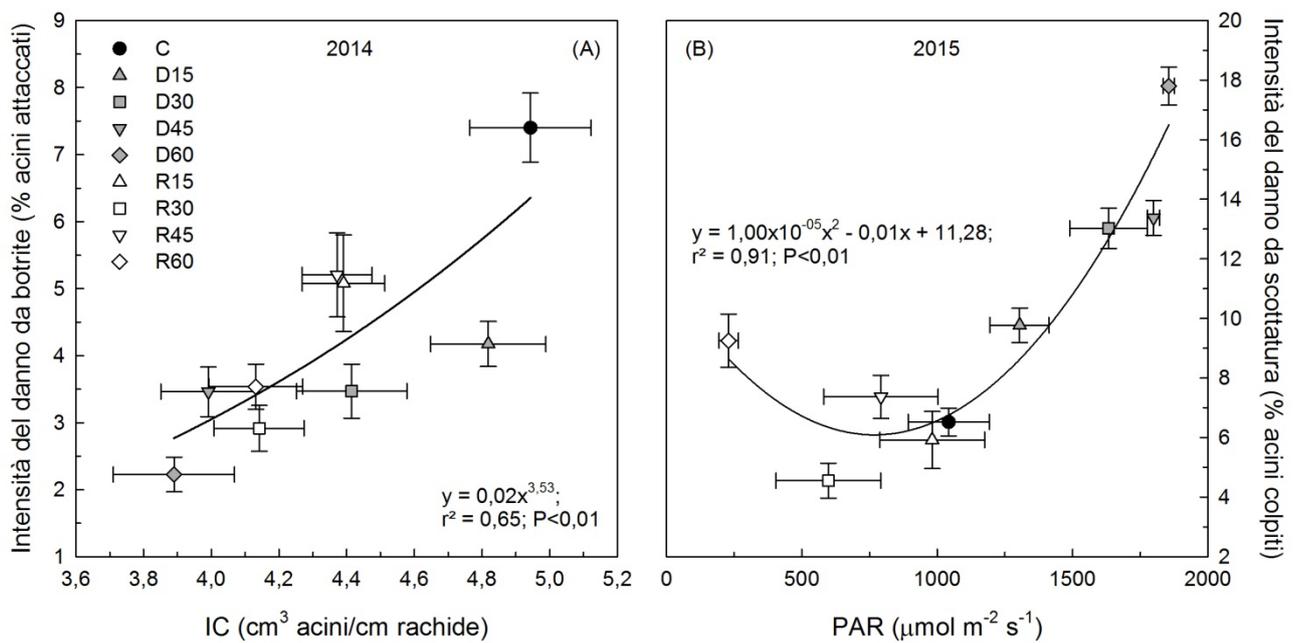
**Figura 12.** Andamento dell'acidità titolabile nell'anno 2014 (A, C, E e G) dall'allegazione alla raccolta nell'anno 2015 (B, D, F e H), misurata sulle piante controllo (C) e su quelle sottoposte a quattro intensità di defogliazione (D15, D30, D45 e D60) e ombreggiamento (R15, R30, R45 e R60).



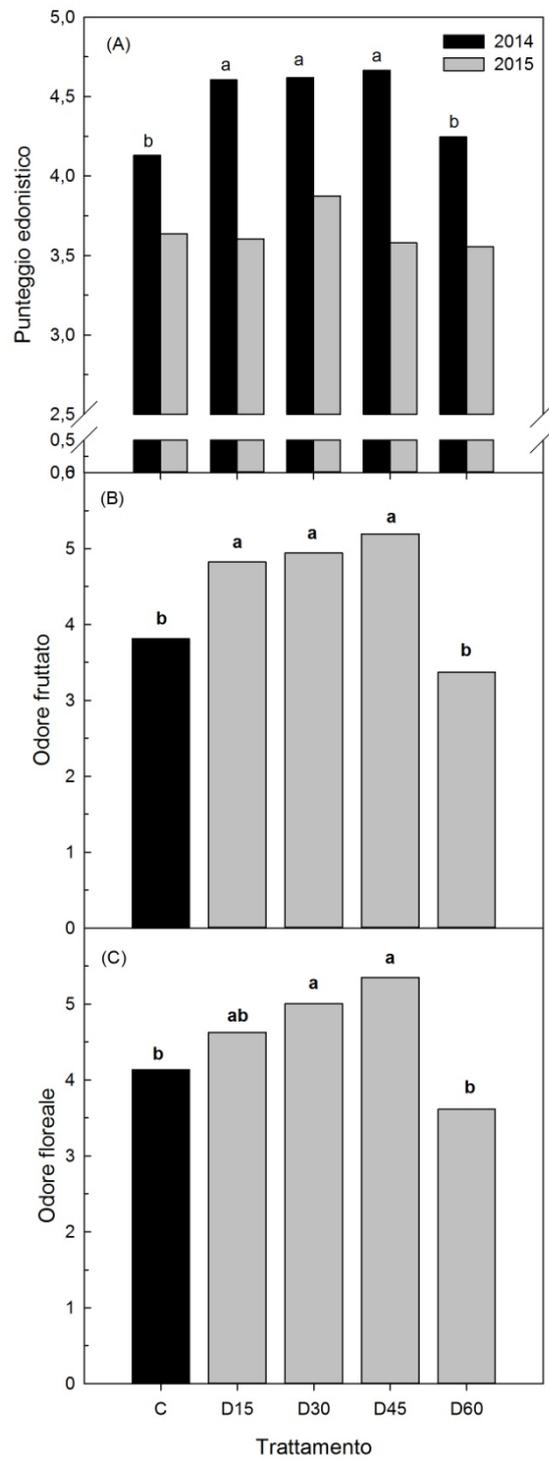
**Figura 13.** Relazioni tra l'acidità titolabile del succo degli acini misurata in fase I (DOY, 209) e la fotosintesi stimata per acino nel 2014 (A) e nel 2015 (B). Simboli differenti indicano le piante controllo (C) e quelle sottoposte a quattro intensità di defogliazione (D15, D30, D45 e D60) e ombreggiamento (R15, R30, R45 e R60).



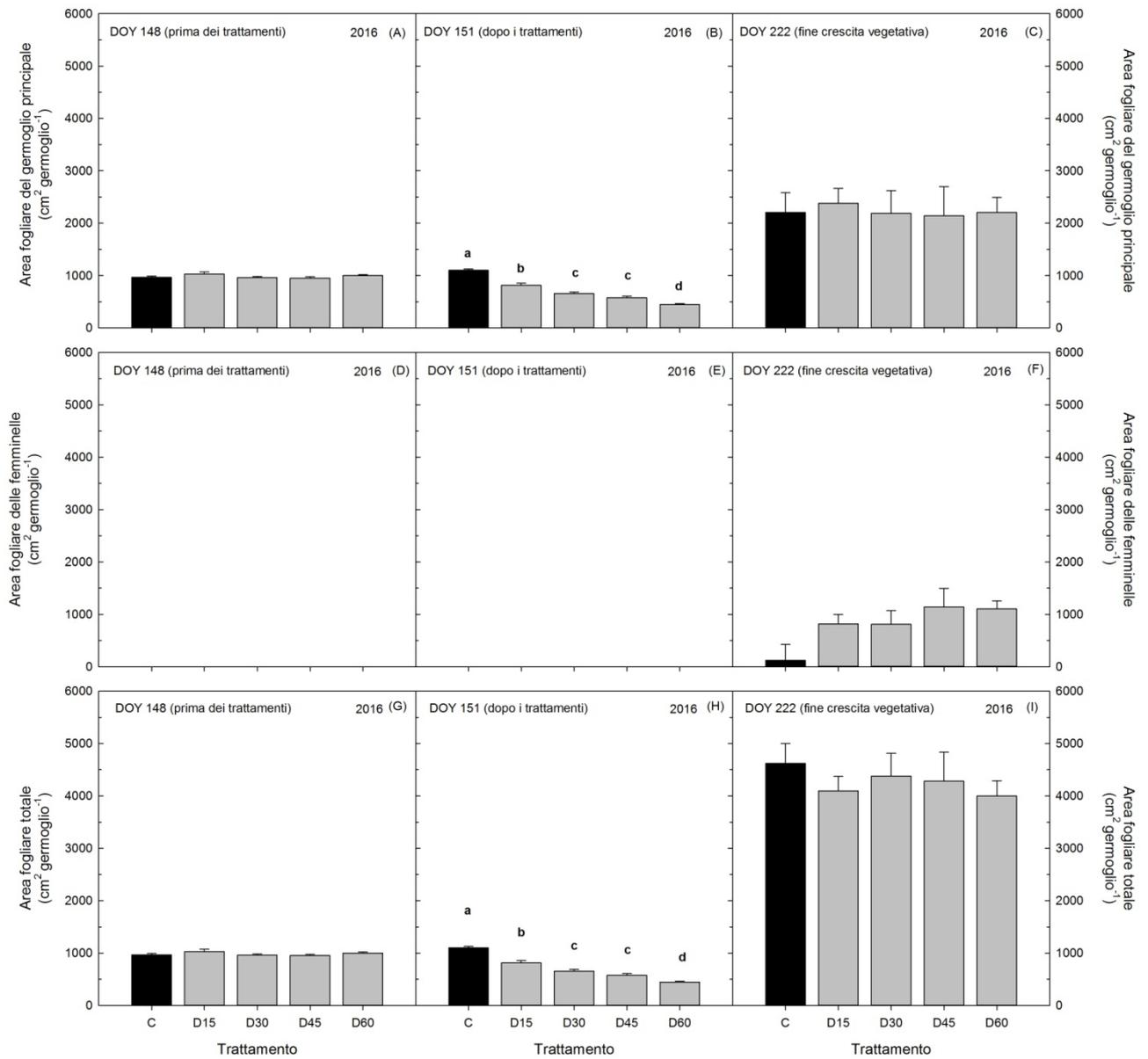
**Figura 14.** Relazione tra l'acidità titolabile del succo degli acini misurata alla raccolta e la temperatura degli acini misurata durante la fase di maturazione nel 2014 (A) e nel 2015 (B). Simboli differenti indicano le piante controllo (C) e quelle sottoposte a quattro intensità di defogliazione (D15, D30, D45 e D60) e ombreggiamento (R15, R30, R45 e R60).



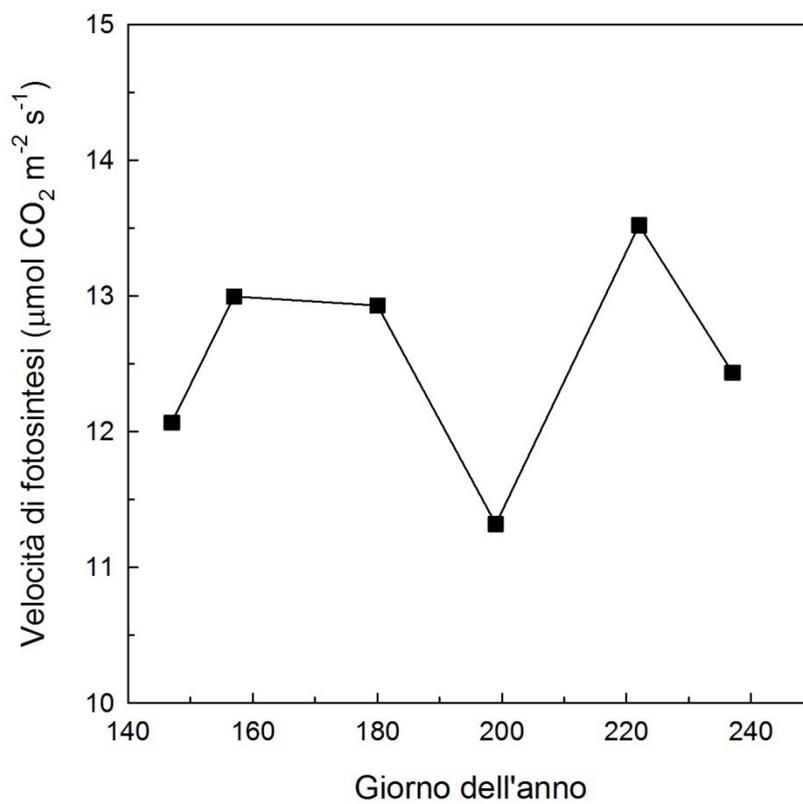
**Figura 15.** Relazione tra l'intensità del danno da botrite e l'indice di compattezza del grappolo, misurati alla raccolta nel 2014 (A) e la relazione tra l'intensità del danno da scottatura agli acini e la PAR (*photosynthetically active radiation*) misurata a mezzogiorno durante la fase di maturazione dell'uva nel 2015 (B). Simboli differenti indicano le piante controllo (C) e quelle sottoposte a quattro intensità di defogliazione (D15, D30, D45 e D60) e ombreggiamento (R15, R30, R45 e R60).



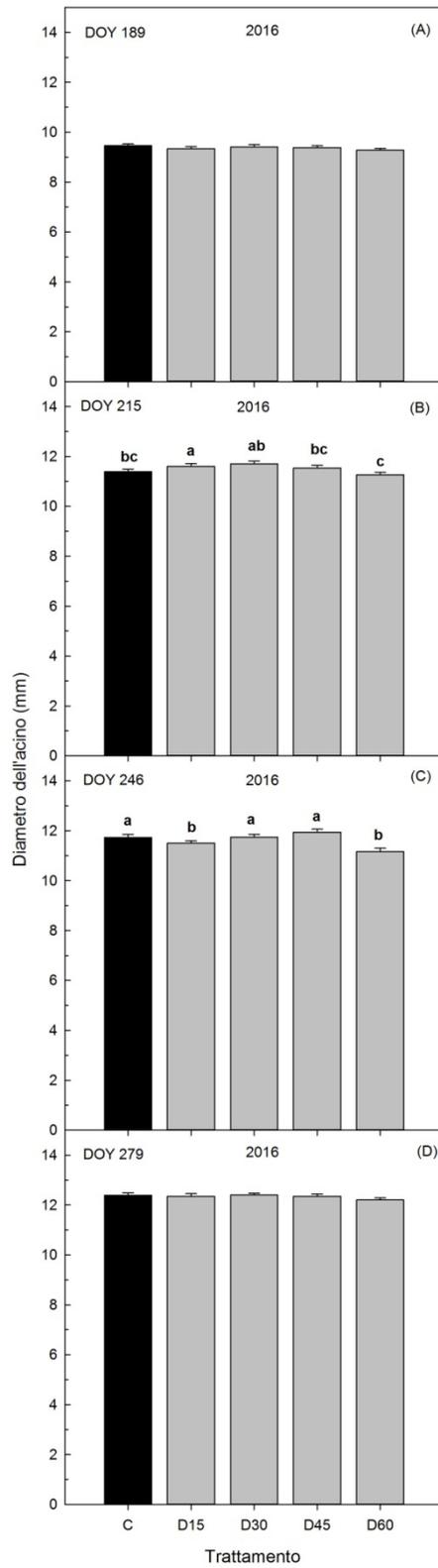
**Figura 16.** Punteggio edonistico e punteggi per i descrittori di odore fruttato e floreale assegnati dal *panel* ai vini ottenuti con le uve delle piante controllo (C) e di quelle sottoposte a quattro intensità di defogliazione (D15, D30, D45 e D60) nel 2014 e 2015.



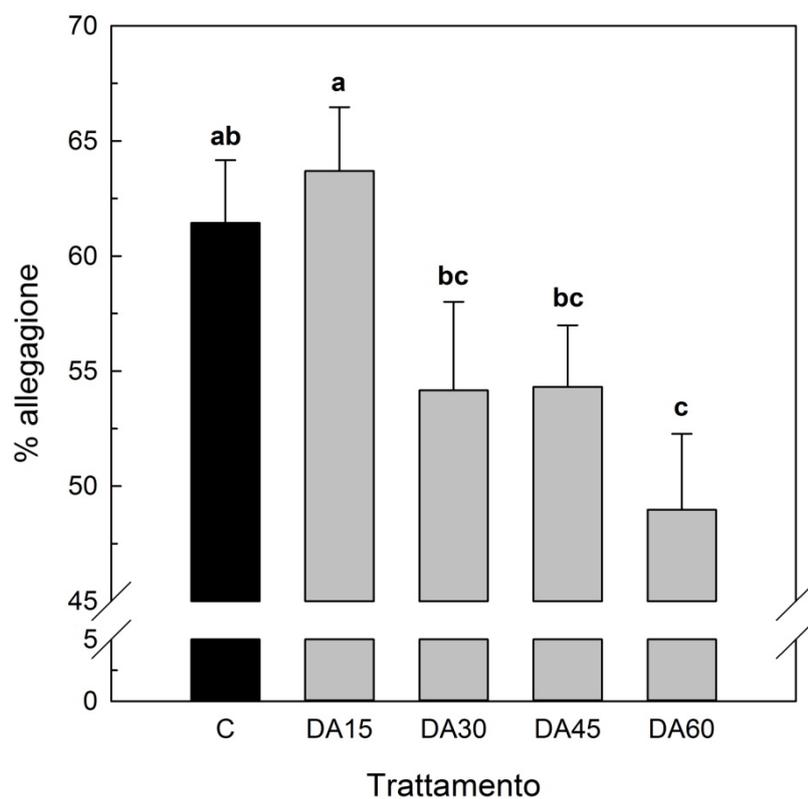
**Figura 17.** Andamento stagionale dell'area fogliare dei germogli principali (A), dell'area fogliare delle femminelle (B) e dell'area fogliare totale (C) misurate nel 2016 nelle piante controllo (C) e in quelle sottoposte a quattro intensità di defogliazione asimmetrica (DA15, DA30, DA45 e DA60).



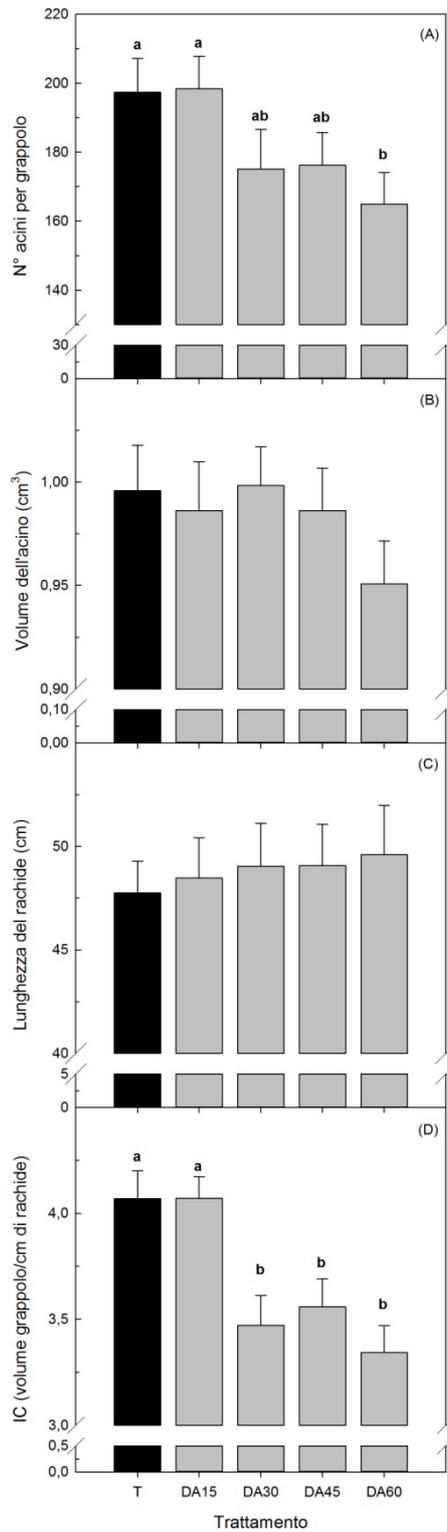
**Figura 18.** Andamento stagionale della velocità di fotosintesi. I simboli indicano i valori medi delle misure effettuate nelle piante del trattamento controllo e in quelle sottoposte a quattro intensità di defogliazione asimmetrica.



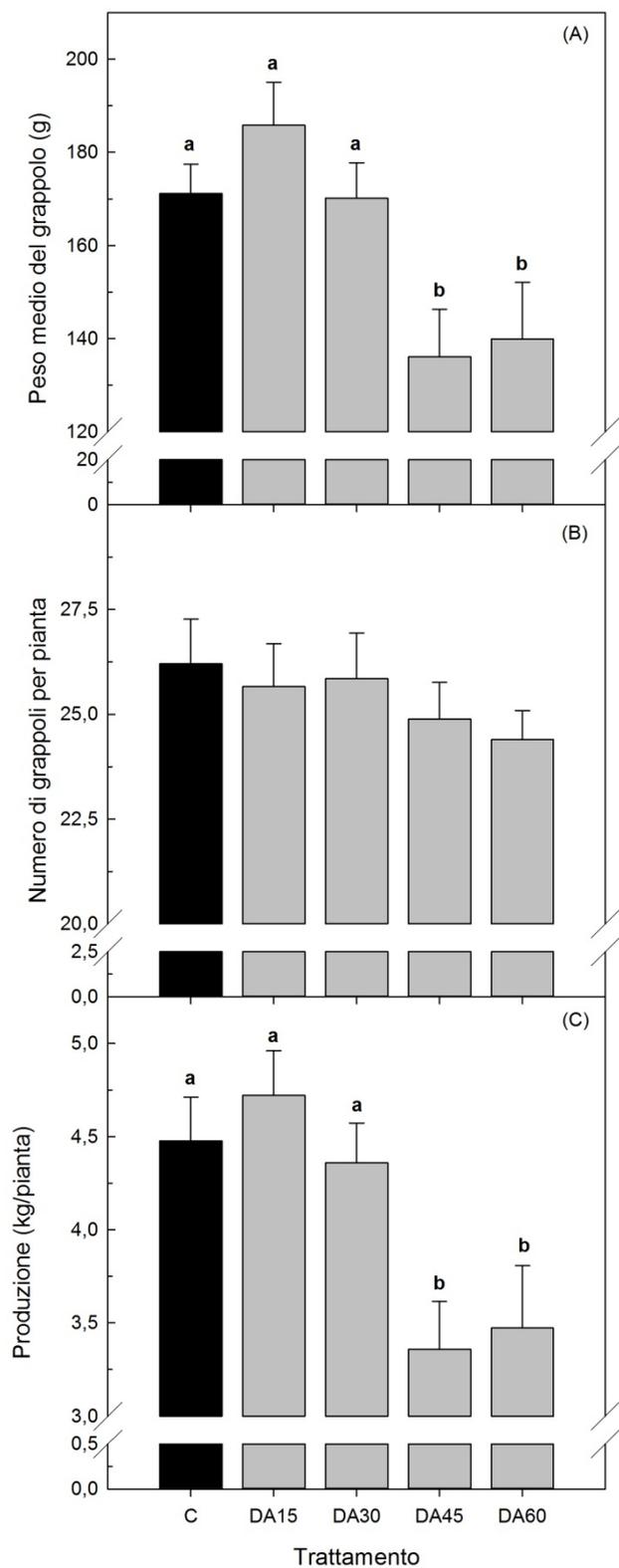
**Figura 19.** Andamento stagionale della crescita diametrale dell'acino (A), del contenuto in solidi solubili (B) e dell'acidità titolabile (C) per le piante controllo (C) e quelle sottoposte a quattro intensità di defogliazione asimmetrica (DA15, DA30, DA45 e DA60).



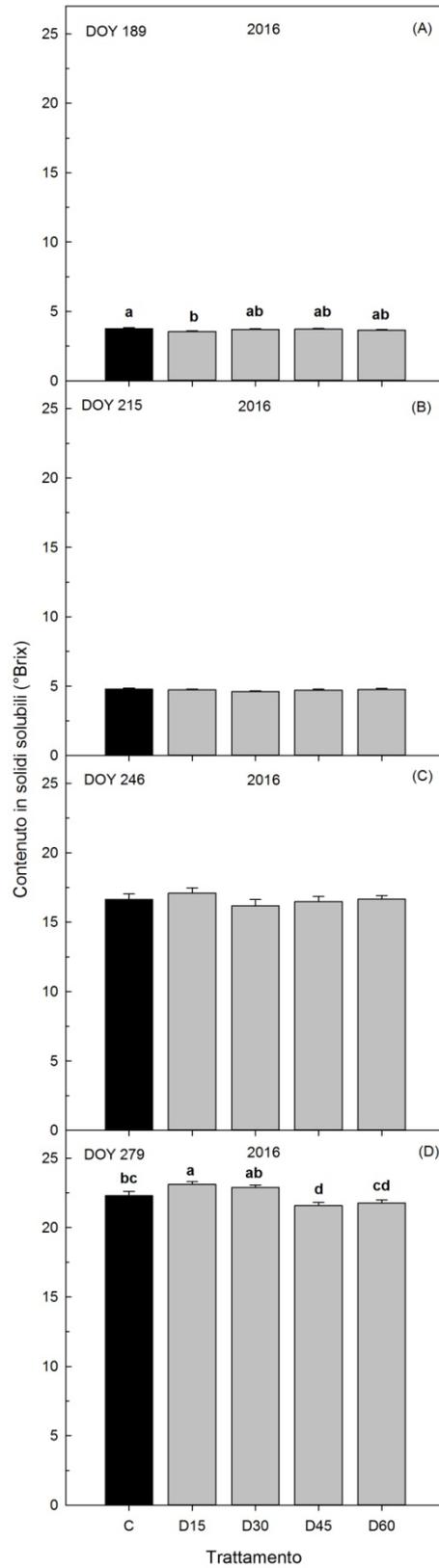
**Figura 20.** Percentuale di allegazione misurata sulle piante controllo (C) e quelle sottoposte a quattro intensità di defogliazione asimmetrica (DA15, DA30, DA45 e DA60).



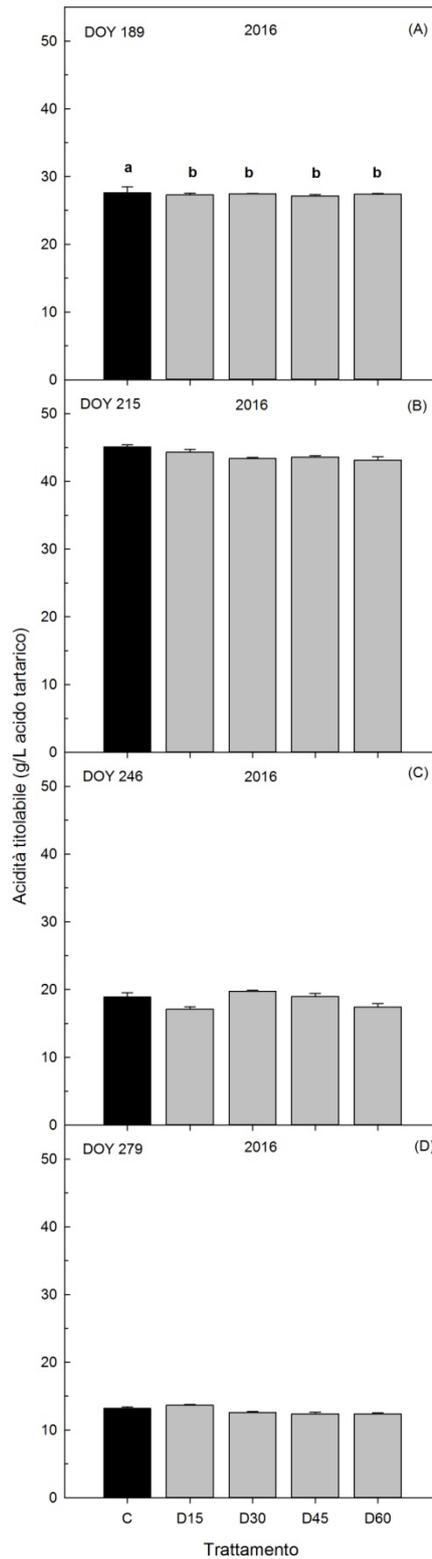
**Figura 21.** Numero di acini per grappolo (A), volume dell'acino (B), lunghezza del rachide (C) e indice di compattezza del grappolo (D) misurati alla raccolta nel 2016 per i grappoli delle piante controllo (C) e quelle sottoposte a quattro intensità di defogliazione asimmetrica (DA15, DA30, DA45 e DA60).



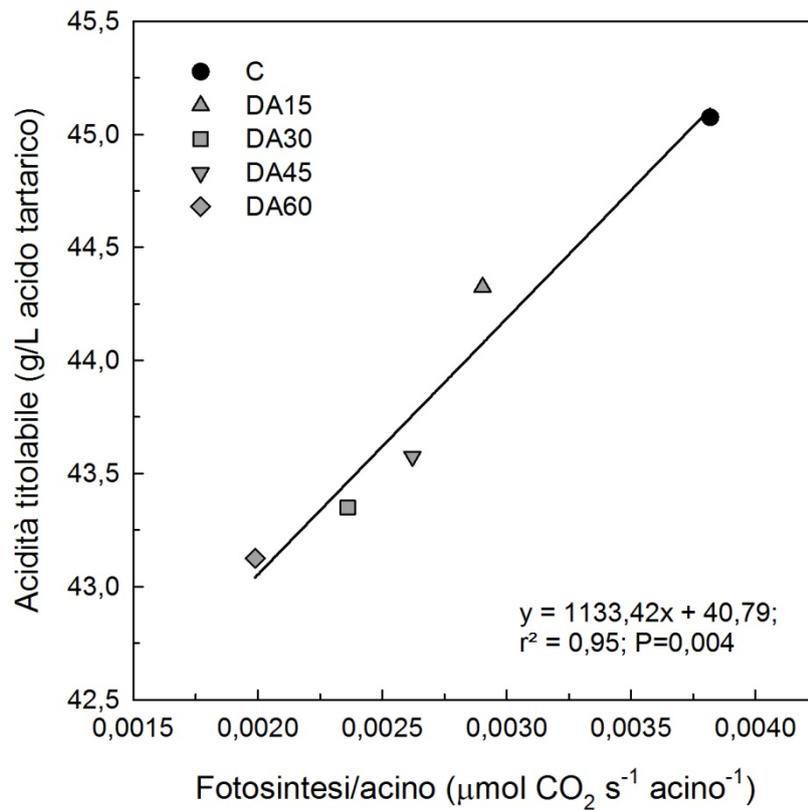
**Figura 22.** Peso medio del grappolo (A), numero di grappoli per pianta (B) e peso della produzione per pianta (C), misurati alla raccolta nel 2016 nelle piante controllo (C) e in quelle sottoposte a quattro intensità di defogliazione asimmetrica (DA15, DA30, DA45 e DA60).



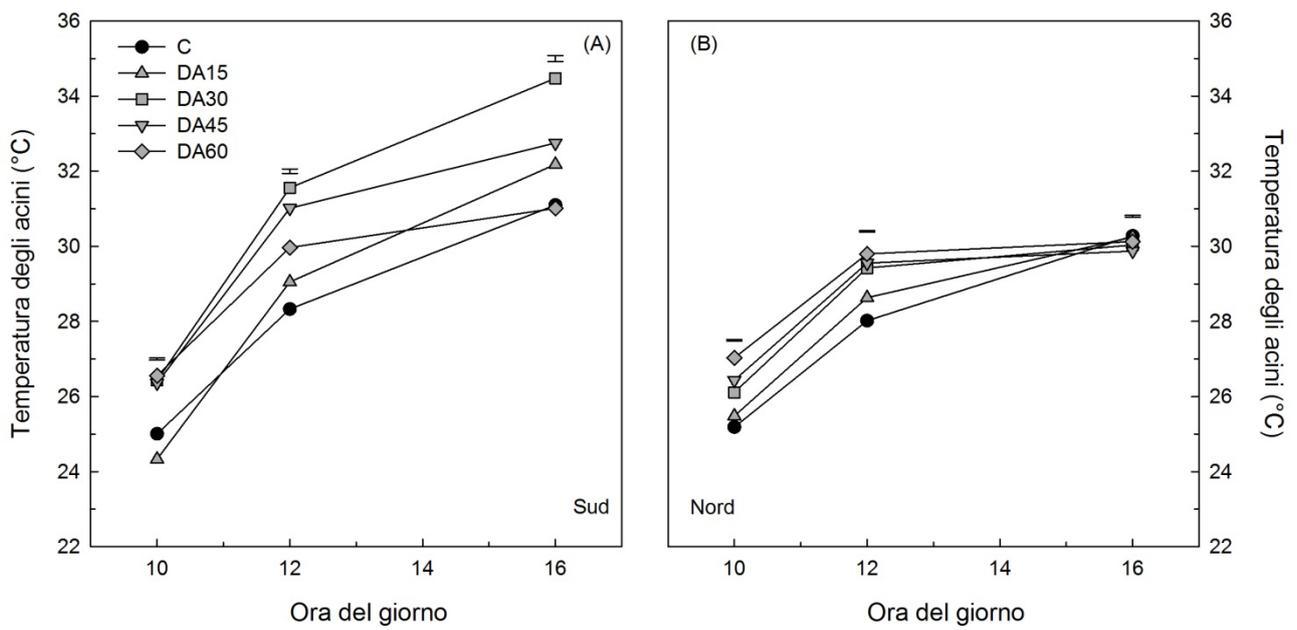
**Figura 23.** Andamento stagionale del contenuto in solidi solubili dell'acino (A), del contenuto in solidi solubili (B) e dell'acidità titolabile (C) per le piante controllo (C) e quelle sottoposte a quattro intensità di defogliazione asimmetrica (DA15, DA30, DA45 e DA60).



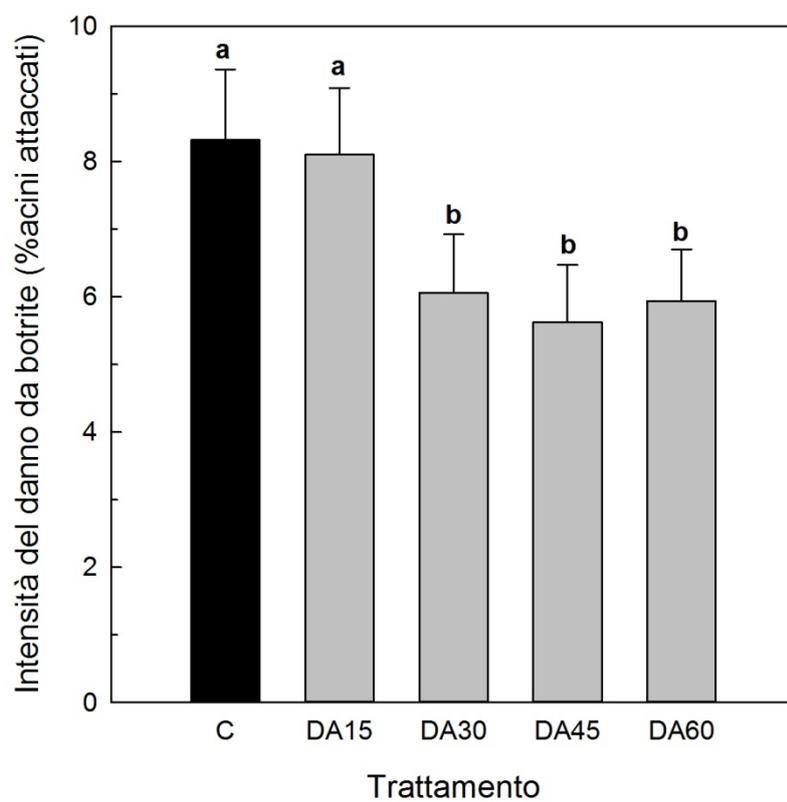
**Figura 24.** Andamento stagionale dell'acidità titolabile dell'acino (A), del contenuto in solidi solubili (B) e dell'acidità titolabile (C) per le piante controllo (C) e quelle sottoposte a quattro intensità di defogliazione asimmetrica (DA15, DA30, DA45 e DA60).



**Figura 25.** Relazione tra acidità titolabile misurata sul succo degli acini in fase I (DOY, 200) e la fotosintesi teoricamente disponibile per ciascun acino. Simboli differenti indicano le piante controllo (C) e quelle sottoposte a quattro intensità di defogliazione asimmetrica (DA15, DA30, DA45 e DA60).



**Figura 26.** Temperatura degli acini misurata durante la fase di maturazione dell’uva (24 agosto 2016; DOY, 237) alle ore 10:00, 12:00 e 16:00 sui grappoli esposti a sud (A) e a nord (B).



**Figura 27.** Intensità del danno da botrite espresso come percentuale di acini attaccati nel grappolo, misurati alla raccolta nel 2016 nelle piante controllo (C) e in quelle sottoposte a quattro intensità di defogliazione asimmetrica (DA15, DA30, DA45 e DA60).