



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento Agronomia Animali Alimenti Risorse Naturali e Ambientali

Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie Viticole ed Enologiche

Effetti dell'applicazione di biostimolanti fogliari a base di lieviti  
inattivati sulla tolleranza allo stress idrico in Cabernet  
Sauvignon e Carménère (*Vitis vinifera* L.)

Relatore:

Prof. Franco Meggio

Laureando:

Sfriso Domenico

Matricola n.

2000041

ANNO ACCADEMICO 2022/2023



## SOMMARIO

<b>1. INTRODUZIONE</b> .....	4
<b>1.1 Biostimolanti in viticoltura</b> .....	4
<b>1.1.1 Definizione ed utilizzi</b> .....	4
<b>1.1.2 Tipologie e metodi d'azione</b> .....	4
<b>1.2 Biostimolanti come risorsa per mitigare gli stress abiotici</b> .....	6
<b>2. SCOPO DEL LAVORO</b> .....	8
<b>3. MATERIALI E METODI</b> .....	9
<b>3.1 Sito aziendale e sperimentale</b> .....	9
<b>3.2 Caratterizzazione pedo-climatica del sito</b> .....	9
<b>3.3 Biostimolanti utilizzati: Prohydro™ e Resiliens™</b> .....	11
<b>3.4 Descrizione schema sperimentale</b> .....	12
<b>3.5 Raccolta dei dati</b> .....	14
<b>4. RISULTATI E DISCUSSIONE</b> .....	17
<b>4.1 Lunghezza germogli</b> .....	17
<b>4.2 Attività fotosintetica</b> .....	18
<b>4.3 Pigmenti fogliari</b> .....	25
<b>4.4 Potenziale idrico fogliare</b> .....	26
<b>4.5 Produzione e parametri quali-quantitativi</b> .....	30
<b>5. CONCLUSIONI</b> .....	35
<b>6. BIBLIOGRAFIA</b> .....	36

# 1. INTRODUZIONE

## 1.1 Biostimolanti in viticoltura

### 1.1.1 Definizione ed utilizzi

Questa tesi propone di analizzare gli effetti dell'applicazione di prodotti biostimolanti su *Vitis vinifera* L., la cui definizione è stata recentemente introdotta dal Regolamento europeo CE n. 1009/2019: Un biostimolante delle piante è un prodotto fertilizzante dell'UE con la funzione di stimolare i processi nutrizionali delle piante indipendentemente dal tenore di nutrienti del prodotto, con l'unico obiettivo di migliorare una o più delle seguenti caratteristiche delle piante o della loro rizosfera:

- a) efficienza dell'uso dei nutrienti;
- b) tolleranza allo stress abiotico;
- c) caratteristiche qualitative;
- d) disponibilità di nutrienti contenuti nel suolo o nella rizosfera.

Grazie a questa classificazione i biostimolanti sono usciti dalla zona grigia legislativa in cui si trovavano, conferendo maggiore consapevolezza agli agricoltori sotto il profilo normativo e di utilizzo. Questa tipologia di prodotti si propone come un'interessante opportunità in viticoltura per la mitigazione degli stress di origine biotica ed abiotica, nonché contribuire alla sostenibilità ambientale.

### 1.1.2 Tipologie e metodi d'azione

I biostimolanti utilizzati in viticoltura e agricoltura possono essere di origine diversa, in questo paragrafo verranno descritte le principali tipologie ed i rispettivi metodi d'azione.

1. Sostanze umiche: composte da macromolecole organiche complesse provenienti dalla decomposizione della sostanza organica e dall'attività metabolica dei microrganismi. Sulla base del peso molecolare e della solubilità sono classificate in: I) umine (non solubili in acqua), II) acidi umici (solubili in acqua a pH alcalino), III) acidi fulvici (solubili in acqua a tutti i pH). Le sostanze umiche

esercitano un effetto diretto sulla pianta stimolando la rizogenesi, come evidenziato in numerose colture (Atiyeh et al., 2002). Inoltre, è stato riscontrato un effetto positivo delle sostanze umiche sull'attività dei trasportatori radicali coinvolti nell'assorbimento dell'azoto nitrico (Nardi et al., 2000) e sull'attività degli enzimi coinvolti nell'assimilazione dell'azoto nitrico. Il maggior sviluppo radicale e la più elevata attività dei trasportatori radicali del nitrato si traducono in una maggiore efficienza d'assorbimento e di assimilazione dell'azoto inorganico da parte della coltura. Infine, le sostanze umiche influenzano positivamente anche il metabolismo secondario, favorendo l'accumulo di antiossidanti e l'attività degli enzimi di difesa dallo stress ossidativo (es. perossidasi, catalasi) causato da radicali liberi generati a seguito di stress ambientali (Colla et al., 2015).

2. Estratti di alghe: ottenuti partendo da alghe verdi, rosse o brune, soprattutto del tipo *Ascophyllum nodosum*, *Ecklonia maxima*, *Laminaria digitata* e *Fucus* spp. Agiscono migliorando l'allegagione, la produzione, la qualità del prodotto e la resistenza a stress ambientali. Inoltre, gli estratti di alghe incrementano l'assorbimento di macro e micronutrienti in diverse colture. Gli effetti biostimolanti sono da ricondurre soprattutto alla presenza di fitormoni, polisaccaridi e polifenoli (Colla et al., 2015). I fitormoni individuati negli estratti di alghe che stimolano la crescita delle piante sono rispettivamente: auxine, citochinine, acido abscissico e gibberelline (Colla et al., 2015).
3. Idrolizzati proteici: Gli idrolizzati proteici sono costituiti da peptidi, molecole di amminoacidi legate tra loro a formare catene più o meno lunghe. L'attività biostimolante di tale prodotto è direttamente collegata alla percentuale e composizione di amminoacidi liberi di cui è composto. Quelli che possiedono corte catene amminoacidiche sono in grado di oltrepassare maggiormente le barriere chimico-fisiche della pianta ed esplicarne gli effetti. Altri

parametri che ne determinano l'efficacia riguardano il peso molecolare, la presenza di amminoacidi di tipo destrogiro. Oltre all'apporto di azoto e di carbonio gli amminoacidi hanno la capacità di influenzare l'accrescimento radicale e i costituenti del pattern aromatico, nonché determinare una maggiore resistenza agli stress. Tra gli idrolizzati proteici in commercio si annoverano quelli di erba medica, epitelio animale, Fabacee, Yucca e Agave (D'Arcangelo et al., 2020).

4. Microrganismi: sono considerati dal regolamento, quali microrganismi ricadenti nello stesso, le seguenti specie: *Azotobacter* spp., funghi micorrizici, *Rhizobium* spp., *Azospirillum* spp. purché abbiano subito nella preparazione dei formulati commerciali, solo trattamenti di essiccazione o liofilizzazione. Tra le specie ammesse c'è anche *Trichoderma* spp. che concorre ad un migliore sviluppo dell'apparato radicale attraverso la produzione di sostanze ormonosimili. (D'Arcangelo et al., 2020).
5. Estratti di lieviti: utilizzati come prodotti derivati o in forma inattivata. Le pareti cellulari del lievito sono ricche di mannoproteine,  $\beta$ -1,3-glucano,  $\beta$ -1,6-glucano e chitina, mentre la membrana plasmatica è costituita da lipidi, steroli e proteine che possono agire come elicitori contribuendo alla tolleranza di stress di duplice natura (Monteiro et al. 2022). Stimolano, inoltre la sintesi di aminoacidi, pigmenti fogliare come clorofilla, carotenoidi e molecole con proprietà antiossidante (Yakhin et al. 2017).

## **1.2 Biostimolanti come risorsa per mitigare gli stress abiotici**

Fitofarmaci e fertilizzanti sono una tecnologia estremamente utile ma di cui avvalersi con cautela e cognizione di causa poiché in grado di condizionare anche negativamente l'ambientale. Possono portare ad esempio, alla lisciviazione dei nitrati a causa di un eccessivo uso di fertilizzanti azotati oppure all'accumulo di metalli pesanti come il rame a causa del cospicuo impiego di antifungini rameici nell'agricoltura biologica. La comunità

scientifica si sta impegnando su questo fronte studiando metodi e prodotti alternativi per garantire una produzione adeguata ma che, allo stesso tempo, abbiano un impatto minore sull'ecosistema viticolo. Inoltre, il cambiamento climatico sta rendendo gli effetti di stress abiotici sempre più evidenti con ripercussioni sulle produzioni viticole (van Leeuwen et al., 2019). Fattori ambientali come l'aumento delle temperature, delle radiazioni e la diminuzione delle precipitazioni durante il periodo vegetativo della vite esercitano un'influenza significativa nella fisiologia della stessa. L'aumento repentino delle temperature esercita un anticipo generale delle fasi fenologiche causando collateralmente un incremento della concentrazione di zuccheri nelle bacche esimultanea perdita di acidità. Ciò sta spingendo i viticoltori verso un anticipo delle epoche di raccolta (van Leeuwen et Destruct-Irvine, 2016). Un basso livello di stress idrico, invece, è ricercato soprattutto in varietà a bacca rossa per stimolare una più spinta sintesi di polifenoli, in particolare antociani, e precursori aromatici che concorrono ad una migliore qualità delle uve (Castellarin et al., 2011). In presenza, però, di uno stress idrico più spinto, possono manifestarsi ripercussioni negative sull'efficienza fotosintetica portando ad una diminuzione della fertilità delle gemme e ad un marcato rimpicciolimento delle bacche (van Leeuwen et al. 2019).

I prodotti biostimolanti, quindi, possono giocare un ruolo importante per il futuro della viticoltura. La necessità di tecniche e prodotti per una viticoltura più sostenibile può essere un incentivo per l'uso di prodotti biostimolanti con lo scopo di mitigare gli effetti degli stress abiotici e biotici, poiché piante sottoposte a minori stress ambientali, riescono a fronteggiare più efficacemente la comparsa di agenti patogeni con conseguente riduzione dei trattamenti fitosanitari durante l'anno.

## 2. SCOPO DEL LAVORO

La sperimentazione condotta in questo studio si propone di valutare gli effetti sulla fisiologia e la produttività di due varietà di *Vitis vinifera* impiegando due prodotti biostimolanti a base di lieviti *S. cerevisiae* inattivati. Le varietà sono Cabernet sauvignon e Carménère. L'oggetto di studio ha riguardato l'effetto derivante dall'applicazione dei due biostimolanti selezionati in un contesto di stress idrico, che si traduce in un apporto di acqua non sufficiente ad alimentare in modo ottimale le esigenze fisiologiche della pianta. Per la valutazione degli effetti, durante l'esperimento sono stati monitorati diversi parametri, suddivisi in fisiologici (conduttanza stomatica, contenuto di pigmenti fogliari, potenziale idrico fogliare) e produttivo-qualitativi (diametro degli acini pre- e post-raccolta, peso medio grappolo, resa totale della pianta, analisi della composizione delle uve).



### 3. MATERIALI E METODI

#### 3.1 Sito aziendale e sperimentale

L'esperimento è stato condotto in vigneti di proprietà dell'azienda agricola Il Filò delle Vigne (*Figura 1*) situata a Baone, in provincia di Padova, all'interno del Parco regionale dei Colli Euganei. L'azienda si sviluppa su 20 ettari utilizzando prevalentemente forme di allevamento a cordone speronato e guyot, con gestione agronomica convenzionale. Le varietà coltivate sono principalmente internazionali, tra le quali troviamo: Cabernet sauvignon, Carménère, Merlot, Cabernet franc, Chardonnay e Riesling.



*Figura 1 - Az. agricola "Il Filò delle Vigne s.s." (immagine da [www.ilfilodellevigne.it](http://www.ilfilodellevigne.it)).*

#### 3.2 Caratterizzazione pedo-climatica del sito

Gli appezzamenti presi in esame in questa sperimentazione sono localizzati sul versante sud-est del monte Cecilia. I suoli in questa zona, nel sud dei Colli Euganei, si generano su calcari marnosi di origine sedimentaria e sono caratterizzati per la presenza di scaglie di biancone, sono ricchi di scheletro e con una profondità utile alla crescita radicale limitata. L'elevata capacità di drenaggio dell'acqua di questi suoli, fa sì che la capacità di campo sia limitata.

Il clima è tendenzialmente più caldo rispetto al resto dei Colli Euganei e presenta caratteristiche mediterranee con precipitazioni contenute e irraggiamento solare durante tutto l'arco della giornata. Tali caratteristiche

rendono indispensabile, ogni anno, nei mesi più caldi, l'irrigazione in campo per far fronte alla limitata presenza di acqua nel terreno e alle necessità evapotraspirative della pianta.

I dati ARPAV, relative alla stazione meteo di Faedo (PD) distante circa 5,7 km dal sito di studio, riportano una precipitazione media di 956,2 mm all'anno. I mesi più piovosi risultano essere aprile maggio e novembre con rispettivamente 96,4 mm, 98,6 mm e 117,3 mm. Considerando la fase vegetativa della vite da marzo a ottobre, i mesi con minori precipitazioni sono mediamente luglio (64,6 mm), agosto (71,6 mm) e giugno (74,6 mm), mentre i più piovosi sono aprile (96,4 mm), maggio (98,6 mm) e ottobre (93,5 mm).

*Tabella 1 - Confronto temperature e precipitazioni medie mensili dal 1994 al 2022 e quelle relative all'anno 2023 (dati ARPAV).*

<b>MESE</b>	<b>Precipitazione medie (mm)1994-2022</b>	<b>Precipitazioni (mm) 2023</b>	<b>Temperature medie (°C) 1994-2022</b>	<b>Temperature medie (°C) 2023</b>
<b>Gennaio</b>	54	80,8	3,3	5,6
<b>Febbraio</b>	65,8	1,2	5	6,1
<b>Marzo</b>	76,4	39,2	8,9	10,6
<b>Aprile</b>	96,4	67	12,8	11,7
<b>Maggio</b>	98,6	289	17,4	16,7
<b>Giugno</b>	74,6	22	21,8	22,1
<b>Luglio</b>	64,6	86,6	24	24,3
<b>Agosto</b>	71,6	91,6	23,6	24,1
<b>Settembre</b>	85,9	5,2	18,8	21,7
<b>Ottobre</b>	93,5	n.d.	13,9	n.d.
<b>Novembre</b>	117,3	n.d.	8,6	n.d.
<b>Dicembre</b>	78,2	n.d.	4,1	n.d.

Nel 2023, con dati ARPAV aggiornati al 30/09/2023, i mesi più piovosi si sono rivelati maggio, luglio e agosto con rispettivamente 289,0 mm, 86,6 mm e 91,6 mm. Luglio e agosto, quindi, sono stati più piovosi, rispetto alla media degli anni precedenti, con circa 20 mm di precipitazioni in più.

La temperatura media durante l'anno si attesta a 13,5 °C con giugno, luglio e agosto in cima alla classifica dei mesi più caldi con rispettivamente 21.8 °C, 24,0 °C e 23,6 °C. Anche nel 2023 i mesi più caldi si riconfermano giugno (22,1 °C), luglio (24,3 °C) e agosto (24,1 °C) con una media

dell'anno, fino a settembre 2023, di 16,0 °C. Di seguito è riportata la *Tabella 1* che riassume i dati di precipitazioni e temperature medie mensili dal 1994 al 2022 e quelle relative all'anno 2023.

### 3.3 Biostimolanti utilizzati: Prohydro™ e Resiliens™

Per il trattamento dei vigneti sono stati utilizzati due prodotti della linea LalVigne™ di Lallemand® Inc.:

- **Prohydro™** è un biostimolante ad applicazione fogliare a base di derivato da lievito enologico (*S. cerevisiae*) e L-Prolina (*Corynebacterium glutamicum*). È un prodotto indicato per migliorare la tolleranza allo stress idrico nella vite e può avere effetti positivi riguardo l'attività fisiologica della pianta, l'efficienza evapotraspirativa, l'elasticità dei tessuti, la scottatura dei grappoli e la quantità di clorofilla nelle foglie. È consigliato l'utilizzo in via preventiva, prima dell'insorgenza di sintomi causati da stress idrico, tramite tre trattamenti, ogni 14 giorni con 1 kg/ha, da effettuare dall'allegagione alla chiusura del grappolo (71- 77 BBCH);
- **Resiliens™** è un prodotto biostimolante a base di derivato da lievito enologico (*S. cerevisiae*) ad applicazione fogliare che agisce incrementando la resistenza della vite agli stress abiotici. L'impiego apporta diversi effetti benefici, incrementando la produzione, la percentuale di allegagione, l'attività fisiologica della pianta, l'attività fotosintetica, l'accumulo di amido, favorisce inoltre il recupero dopo le gelate e aumenta la resistenza a stress causati da temperature, ondate di calore, radiazione UV, salinità e siccità. Le modalità di applicazione prevedono la somministrazione di 0,5 kg/ha, ogni 14 giorni, durante la fase di crescita vegetativa da quando i germogli raggiungono una lunghezza di 10-20 cm.

### 3.4 Descrizione schema sperimentale

La sperimentazione si è svolta in un singolo anno durante il periodo vegetativo, dal 26 maggio al 29 settembre 2023. Sono stati presi in esame due appezzamenti viticoli come illustrato in Figura 2.1, coltivati con due varietà differenti: Cabernet sauvignon (CS) clone R5, innestato su 1103P, impiantato nel 2016 (Figura 2.2) e il secondo è stato invece impiantato nel 2003 con Carménère (CR) clone R9, innestato su 1103P (Figura 2.3). Entrambi i vigneti sono allevati a guyot con sesto d'impianto 2,50m x 0.8m (5000 ceppi/ha), orientamento dei filari NE-SW e provvisti di impianto d'irrigazione a goccia.



*Figure 2.1 Schema di trattamento degli appezzamenti viticoli (Immagine satellitare da Google LLC© 2023 e riadattata).*

Per ogni varietà sono state individuate quattro tesi, ognuna formata da due repliche, per un totale di 16 blocchi. In *Figura 2.1* è riportato lo schema sperimentale con cui si è predisposto il lavoro e di seguito trattato più nel dettaglio.





Figura 2.2 Cabernet sauvignon all'inizio della fioritura (Foto di D. Sfriso)



Figura 2.3 Sviluppo degli acini di Carménère (Foto di D. Sfriso)

- Zone gialle (Pro-): composte ciascuna da sette filari, sono state trattate con Prohydro™;
- Zone rosse (Comb-): ognuna da sette filari, su cui sono stati applicati sia Prohydro™ che Resiliens™;
- Zone blu (Res-): anch'esse da sette filari ciascuna e trattate con Resiliens™;
- Zone bianche (Ctrl-): sono i testimoni non trattati.

Tabella 2 Calendario trattamenti biostimolanti fogliari con relativo dosaggio

<b>Data</b>	<b>Prodotto</b>	<b>Dosaggio</b>
<b>07/05/2023</b>	Resiliens™	0,5 kg/ha
<b>15/05/2023</b>	Resiliens™	0,5 kg/ha
<b>25/05/2023</b>	Resiliens™	0,5 kg/ha
<b>04/06/2023</b>	Resiliens™	0,5 kg/ha
<b>16/06/2023</b>	Prohydro™	1,0 kg/ha
<b>26/06/2023</b>	Prohydro™	1,0 kg/ha
<b>04/07/2023</b>	Prohydro™	1,0 kg/ha
<b>13/07/2023</b>	Prohydro™	1,0 kg/ha

I trattamenti sono stati eseguiti attenendosi alle schede tecniche di ogni prodotto, sono riportate in tabella (*Tabella 2*) le date dei singoli trattamenti.

### **3.5 Raccolta dei dati**

Durante il periodo vegetativo sono stati condotti sette rilevamenti per monitorare lo stato fisiologico e produttivo dei due vigneti, di seguito sono riportati i parametri rilevati con le rispettive date, il significato ed una tabella riassuntiva (*Tabella 3*).

- **Vigoria**, ottenuta tramite la misurazione della lunghezza dei germogli, su due piante per ogni blocco posti sul capo a frutto del guyot – 26/05/2023;
- **Attività fotosintetica**, analizzata in prossimità del picco di radiazione intercettato dalla pianta. Lo strumento utilizzato per la misurazione è il porometro Li-600 (LI-COR® Inc.) In questo caso sono state prese come campione 20 foglie in modo casuale per ogni blocco di sperimentazione. Si è potuto quindi stimare la conduttanza stomatica (gsw), l'evapotraspirazione (E\_App), l'efficienza fotosintetica (PSII) e la velocità di trasporto elettronico (ETR) – 16/06/2023, 12/07/2023, 24/07/2023;
- **Composizione cromatica fogliare**, acquisita tramite lo strumento Dualex (METOS®). Per il campionamento sono state utilizzate 15 foglie per blocco, determinandone la quantità di clorofilla (Chl -  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ), l'indice di flavonoli e antociani epidermici e l'indice di equilibrio dell'azoto (NBI) – 16/06/2023;

- **Potenziale idrico fogliare ( $\psi_{\text{leaf}}$  - Mpa)** misurato con metodo distruttivo tramite una camera a pressione (mod. PMS 600, PMS Instrument Company®). Si è determinato il  $\psi_{\text{leaf}}$  di mezzogiorno (MD) analizzando tre foglie per blocco sperimentale – 12/07/2023,



*Figura 3 Applicazione di sacchetti oscuranti su una foglia per simulare la fase notturna in assenza di luce (Foto di D. Sfriso).*

24/07/2023 ed il  $\psi_{\text{leaf}}$  di mezzanotte (MN) simulando l'assenza di luce tramite l'applicazione sulle foglie, di sacchetti oscuranti (Figura 3). In data 03/07/2023 sono state campionate tre foglie per blocco, mentre nelle date 12/07/2023 e 24/07/2023 una foglia per blocco;

- **Diametro degli acini in fase verde**, ottenuto tramite l'utilizzo di un calibro digitale con metodo non distruttivo. Sono stati misurati 20 acini per ogni blocco, in modo casuale, da grappoli e piante diverse – 12/07/2023, 24/07/2023;
- **Produzione**: per la valutazione sono stati prelevati tutti i grappoli da tre piante per blocco determinandone il peso medio grappolo tramite l'uso di una bilancia digitale. Inoltre, da questi grappoli sono stati individuati 100 acini (campione tradizionalmente utilizzato per misurare il peso e diametro medio della bacca) per la misurazione del diametro medio tramite il software ImageJ ed il peso complessivo

medio con bilancia digitale. Le due date per le misurazioni sono state rispettivamente il 14/09/2023 per il Carménère e 29/09/2023 per il Cabernet sauvignon;

- **Analisi qualitative dell'uva:** dopo la raccolta un campione di 100 acini è stato inviato al laboratorio del Consorzio Volontario per la Tutela dei Vini Colli Euganei, Vo' (PD). Attraverso diverse analisi, è stato possibile misurare il grado rifrattometrico, acidità totale in g/L di ac. tartarico, pH, g/L di ac. malico, polifenoli totali (PFT) in mg/L e antociani in mg/L.

*Tabella 3 Tabella riassuntiva relativa alle date dei rilevamenti effettuati con i rispettivi parametri considerati.*

<b>Data rilevamento</b>	<b>Fase fenologica CS (BBCH)</b>	<b>Fase fenologica CR (BBCH)</b>	<b>Parametri misurati</b>		
<b>26/05/2023</b>	Inizio fioritura - 61	Inizio fioritura - 61	Vigoria		
<b>16/06/2023</b>	Sviluppo degli acini - 75	Sviluppo degli acini - 75	Composizione cromatica fogliare	Attività fotosintetica	
<b>03/07/2023</b>	Sviluppo degli acini - 76	Chiusura grappolo - 77	$\psi_{leaf}$ - MN		
<b>12/07/2023</b>	Chiusura grappolo - 77	Chiusura grappolo - 77	Diametro acini fase verde	Attività fotosintetica	$\psi_{leaf}$ – MN e MD
<b>24/07/2023</b>	Invaiatura - 81	Invaiatura - 84	Diametro acini fase verde	Attività fotosintetica	$\psi_{leaf}$ – MN e MD
<b>14/09/2023</b>		Raccolta - 89	Produzione	Analisi uve	
<b>29/09/2023</b>	Raccolta - 89		Produzione	Analisi uve	



## **4. RISULTATI E DISCUSSIONE**

Nella valutazione di possibili effetti nell'uso dei biostimolanti applicati in questa sperimentazione è stata condotta un'analisi della varianza (ANOVA) per verificare la presenza di differenze significative tra le tesi. Gli istogrammi e i grafici a linee riportati nei sottocapitoli successivi riportano la media dei valori ottenuti con il rispettivo errore standard. A lato di ogni grafico è disposta una tabella riassuntiva che riporta i risultati dei diversi confronti multipli effettuati tra le medie secondo. Secondo il test di Fisher (LSD) ad ogni media è stata assegnata una o più letterine (es: a, b, ab); a lettere diverse corrispondono differenze significative tra le tesi.

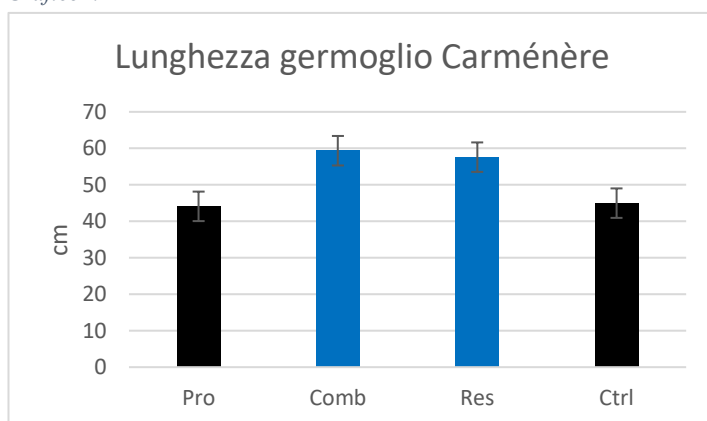
### **4.1 Lunghezza germogli**

La misura della lunghezza dei germogli è stata rilevata in data 26/05/2023. Fino a questa data sono stati effettuati solamente trattamenti con LaVigne Resiliens. In questo caso si avranno solamente due tesi. La prima formata dalle tesi Pro e Ctrl, che fungono da controllo, e Res e Comb che invece hanno subito i medesimi trattamenti (Res).

In Carménère non sono state individuate differenze significative per quanto riguarda la lunghezza dei germogli. Tuttavia, si nota una tendenza di crescita maggiore nelle tesi Comb e Res (*Grafico 1.1*).

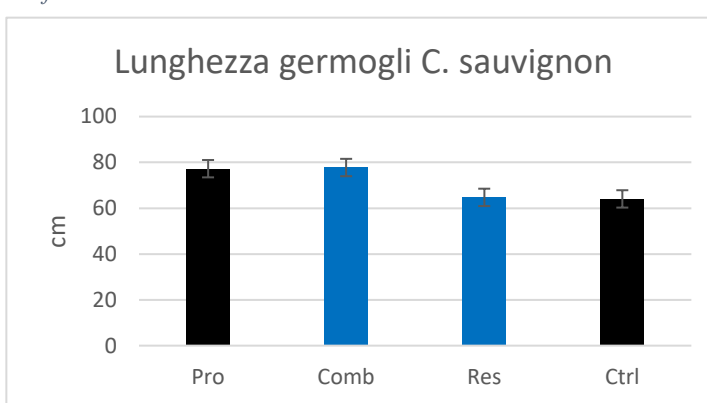
In Cabernet sauvignon, invece, si sono riscontrate delle differenze significative (*Grafico 1.2*). In particolare, le tesi Pro e Comb sono risultate più vigorose rispetto a Res e Ctrl. Il fatto che tesi, trattate allo stesso modo, abbiano riportato valori statisticamente differenti è potenzialmente attribuibile ad un certo livello di eterogeneità delle piante esaminate riconducibile a imprecisioni nelle operazioni di potatura invernale. Il numero di nodi, non sempre omogeneo tra le piante, può aver influito tali discrepanze che sarebbero state probabilmente risolte, o ridotte, incrementando il numero di campioni da analizzati.

Grafico 1.1



<b>Pro</b>	<b>44,093</b>	a
<b>Comb</b>	59,344	a
<b>Res</b>	57,578	a
<b>Ctrl</b>	44,967	a
<b>P-value</b>	0,66	ns

Grafico 1.2



<b>Pro</b>	<b>77,26</b>	a
<b>Comb</b>	77,763	a
<b>Res</b>	64,724	b
<b>Ctrl</b>	64,064	b
<b>P-value</b>	0,004	***

## 4.2 Attività fotosintetica

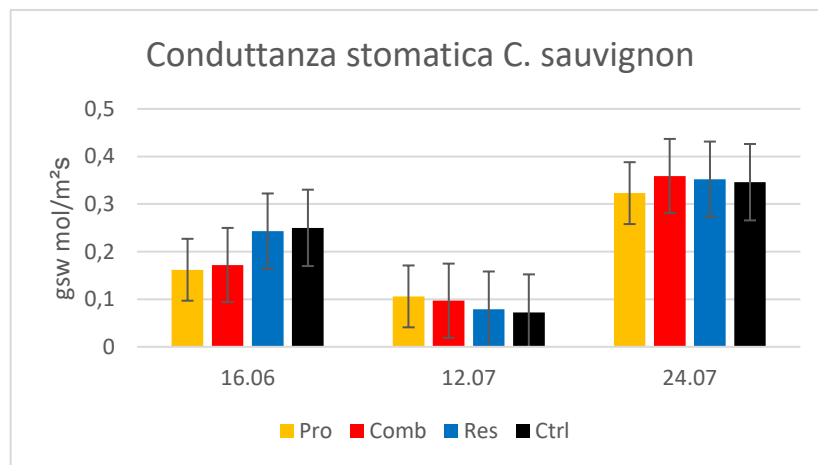
Per valutare l'attività fotosintetica sono stati analizzati quattro parametri:

1. *Conduttanza stomatica* ( $g_{sw}$  – mol H<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>s): è un parametro che indica il flusso di H<sub>2</sub>O, regolato dall'apertura e chiusura degli stomi, che si genera nella pagina inferiore della foglia;
2. *Traspirazione* (E-App – mmol H<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>s): indica il flusso di vapore acqueo in uscita dagli stomi;
3. *ΦPSII*: è utilizzato per indicare l'efficienza del fotosistema II, complesso transmembrana predisposto alla sintesi di ATP tramite reazioni di ossido-riduzione innescate dalla radiazione luminosa.
4. *Velocità di trasporto elettronico* (ETR): indica la velocità di trasporto degli elettroni all'interno dei complessi transmembrana della cellula vegetale. È utilizzato come misura per l'efficienza fotosintetica.

Tali parametri sono estremamente correlati alle condizioni idriche in cui si trova la pianta. In condizioni di stress idrico, infatti, le cellule di guardia tendono a chiudere gli stomi sacrificando l'assimilazione di anidride carbonica dall'aria per preservare l'acqua all'interno dei tessuti.

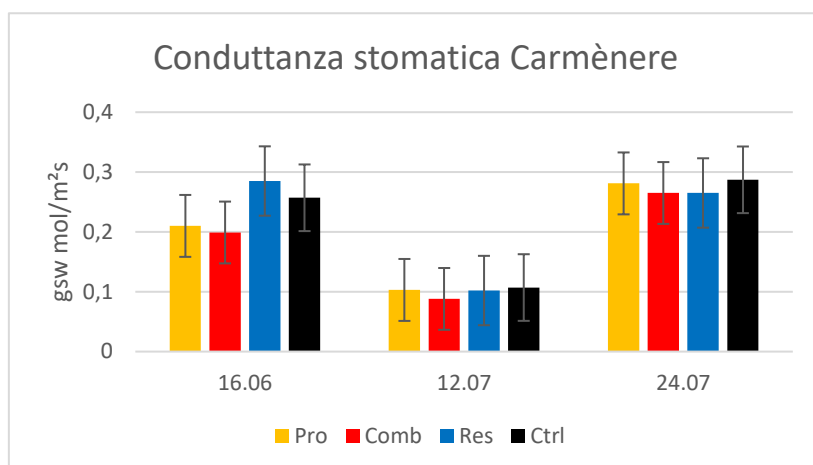
In CS, non sono state riscontrate differenze significative (*Grafico 2.1*) nei valori di conduttanza stomatica, in tutte le date di rilevamento, tra le tesi così come per CR (*Grafico 2.2*).

*Grafico 2.1*



	16.06		12.07		24.07	
<b>Pro</b>	0,162	a	0,106	a	0,323	a
<b>Comb</b>	0,172	a	0,097	a	0,359	a
<b>Res</b>	0,243	a	0,079	a	0,352	a
<b>Ctrl</b>	0,25	a	0,072	a	0,346	a
<b>P-value</b>	0,44	ns	0,95	na	0,51	ns

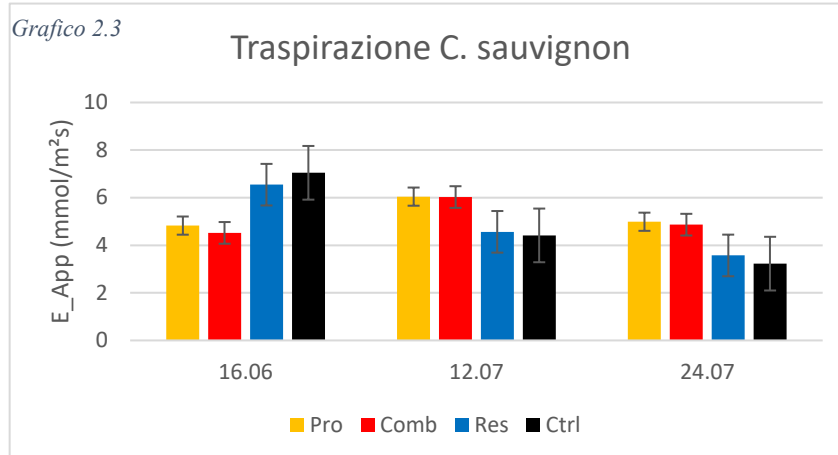
Grafico 2.2



	16.06	12.07	24.07
<b>Pro</b>	0,21	a 0,103	a 0,281
<b>Comb</b>	0,199	a 0,088	a 0,265
<b>Res</b>	0,285	a 0,102	a 0,265
<b>Ctrl</b>	0,257	a 0,107	a 0,287
<b>P-value</b>	0,48	ns 0,95	ns 0,82

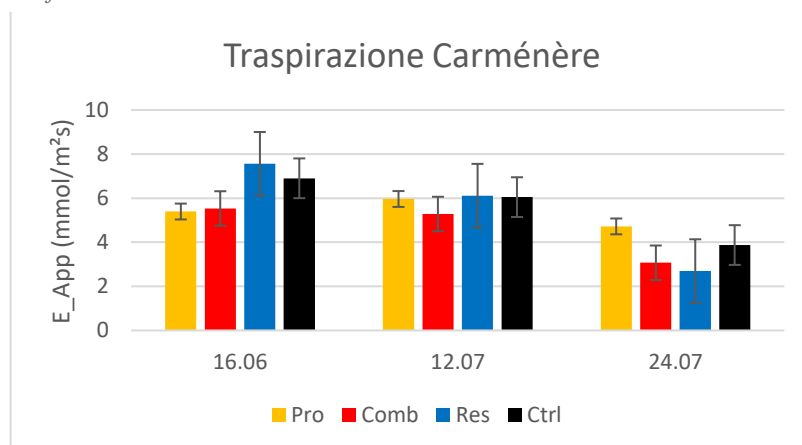
L'ANOVA, anche nei dati relativi alla traspirazione, non ha evidenziato differenze significative in entrambe le varietà (*Grafico 2.3, Grafico 2.4*). IN CS, tuttavia, si può osservare una interessante tendenza nell'ultima data di studio, quella in cui le condizioni ambientali (temperatura e contenuto idrico del suolo) sono risultate più limitanti, in cui le tesi trattate con Pro (Pro e Comb) mostrano una tendenza verso valori di traspirazione leggermente più alti rispetto alle altre tesi.

Grafico 2.3



	16.06		12.07		24.07	
<b>Pro</b>	4,826	a	6,044	a	4,988	a
<b>Comb</b>	4,52	a	6,026	a	4,865	a
<b>Res</b>	6,546	a	4,564	a	3,572	a
<b>Ctrl</b>	7,045	a	4,414	a	3,227	a
<b>P-value</b>	0,4	ns	0,95	ns	0,29	ns

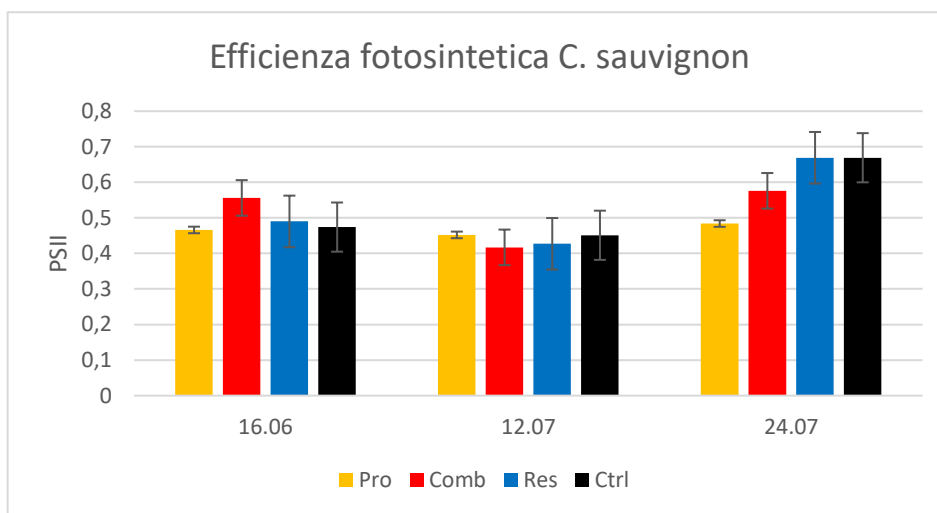
Grafico 2.4



	16.06		12.07		24.07	
<b>Pro</b>	5,394	a	5,963	a	4,719	a
<b>Comb</b>	5,533	a	5,282	a	3,071	a
<b>Res</b>	7,56	a	6,113	a	2,693	a
<b>Ctrl</b>	6,902	a	6,047	a	3,874	a
<b>P-value</b>	0,38	ns	0,94	ns	0,16	ns

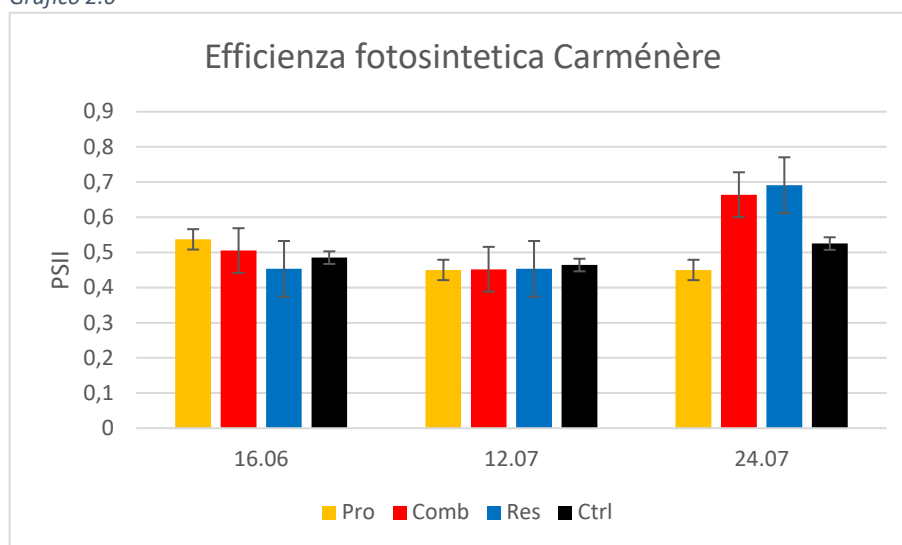
Si è invece riscontrata una differenza significativa nelle misure dell'efficienza fotosintetica. In data 16/06/2023 la tesi Comb, relativa a CS, ha avuto un'efficienza fotosintetica maggiore comparata alle altre (*Grafico 2.5*). L'efficienza, sebbene minore in Pro, Res e Ctrl, non faceva presagire la presenza di uno stress idrico particolarmente marcato.

*Grafico 2.5*



	<b>16.06</b>		<b>12.07</b>		<b>24.07</b>	
<b>Pro</b>	0,466	a	0,452	a	0,484	a
<b>Comb</b>	0,556	b	0,417	a	0,576	a
<b>Res</b>	0,49	a	0,427	a	0,669	a
<b>Ctrl</b>	0,474	a	0,451	a	0,669	a
<b>P-value</b>	0,02	***	0,47	ns	0,32	ns

Grafico 2.6

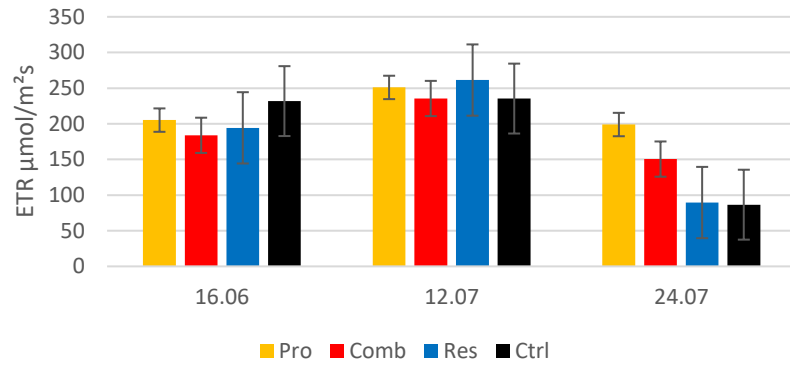


	16.06		12.07		24.07	
<b>Pro</b>	0,537	a	0,45	a	0,45	a
<b>Comb</b>	0,505	a	0,452	a	0,664	a
<b>Res</b>	0,453	a	0,453	a	0,691	a
<b>Ctrl</b>	0,485	a	0,464	a	0,525	a
<b>P-value</b>	0,31	ns	0,92	ns	0,21	ns

La, quasi totale, assenza di differenze significative tra le tesi può trovare una ragione nelle condizioni climatiche che hanno caratterizzato il sito di studio nell'annata 2023. Infatti, precipitazioni più abbondanti della media annuale, soprattutto nei mesi più caldi, potrebbero aver favorito l'attività fotosintetica senza far prevalere le tesi trattate con biostimolanti. Anche nel caso della velocità di trasporto elettronico l'analisi statistica non ha individuato particolari differenze sia per C. sauvignon (*Grafico 2.7*) che per Carménère (*Grafico 2.8*).

Grafico 2.7

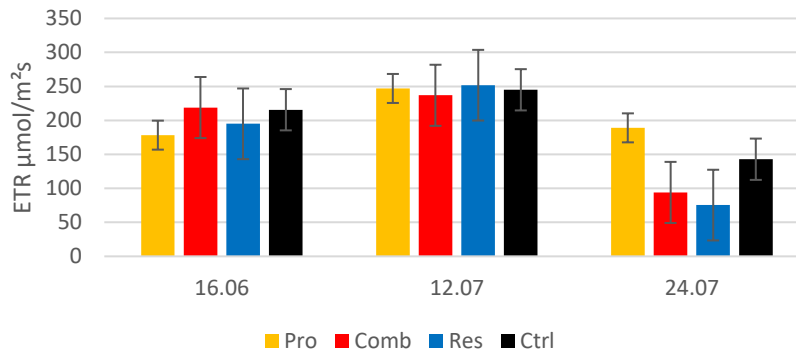
Velocità trasporto elettronico C. sauvignon



	16.06		12.07		24.07	
<b>Pro</b>	205,128	a	250,966	a	198,938	a
<b>Comb</b>	183,797	a	235,453	a	150,477	a
<b>Res</b>	194,309	a	261,312	a	89,525	a
<b>Ctrl</b>	231,792	a	235,344	a	86,518	a
<b>P-value</b>	0,34	ns	0,1	ns	0,37	ns

Grafico 2.8

Velocità trasporto elettronico Carménère



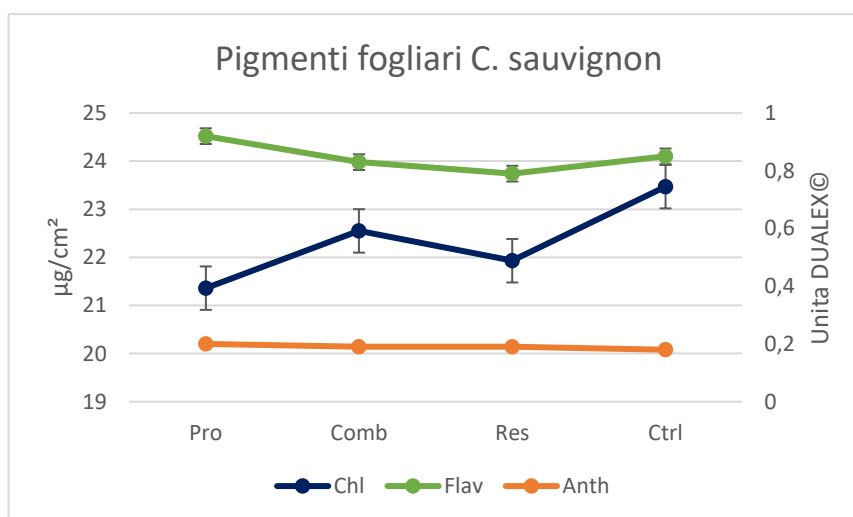
	16.06		12.07		24.07	
<b>Pro</b>	178,33	a	247,001	a	189,039	a
<b>Comb</b>	218,917	a	236,949	a	94,038	a
<b>Res</b>	194,98	a	251,787	a	75,402	a
<b>Ctrl</b>	215,685	a	245,034	a	142,862	a
<b>P-value</b>	0,19	ns	0,93	ns	0,26	ns



### 4.3 Pigmenti fogliari

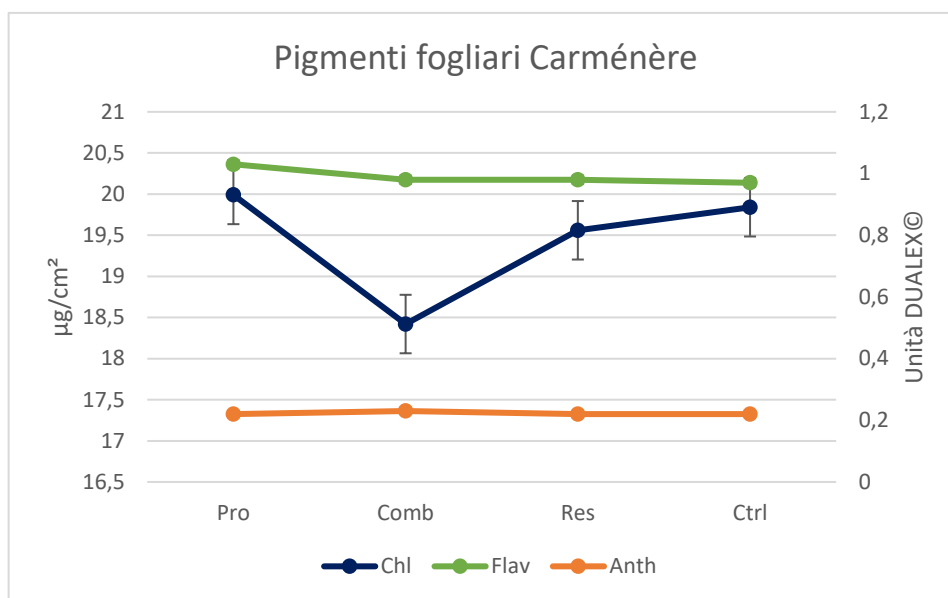
L'apparato fogliare delle piante analizzate, per entrambe le varietà, non presentava, a prima vista, particolari deficit nutrizionali tali da manifestare decolorazioni. Infatti, i livelli di clorofilla, flavonoidi e antociani erano soddisfacenti in tutte le repliche. Tramite, ANOVA però, si è individuato un indice di flavonoidi epidermici maggiore nella tesi Pro di C. sauvignon (*Grafico 3.1*). Questa famiglia di composti organici svolge una miriade di funzioni tutte fondamentali per la sopravvivenza della pianta: proteggono la pianta dalle radiazioni UV, la difendono dai microrganismi patogeni, fungono da molecole segnale nelle interazioni pianta-microrganismo, contribuiscono alla fertilità della pianta e alla germinazione del polline, svolgono una fondamentale funzione nell'attrazione degli impollinatori. L'analisi, invece degli altri composti non ha portato differenze significative.

*Grafico 3.1*



	Chl		Flav		Anth	
<b>Pro</b>	21,36	a	0,92	a	0,2	a
<b>Comb</b>	22,55	a	0,83	b	0,19	a
<b>Res</b>	21,93	a	0,79	b	0,19	a
<b>Ctrl</b>	23,47	a	0,85	b	0,18	a
<b>p-value</b>	0,64	ns	0,04	***	0,57	ns

Grafico 3.2



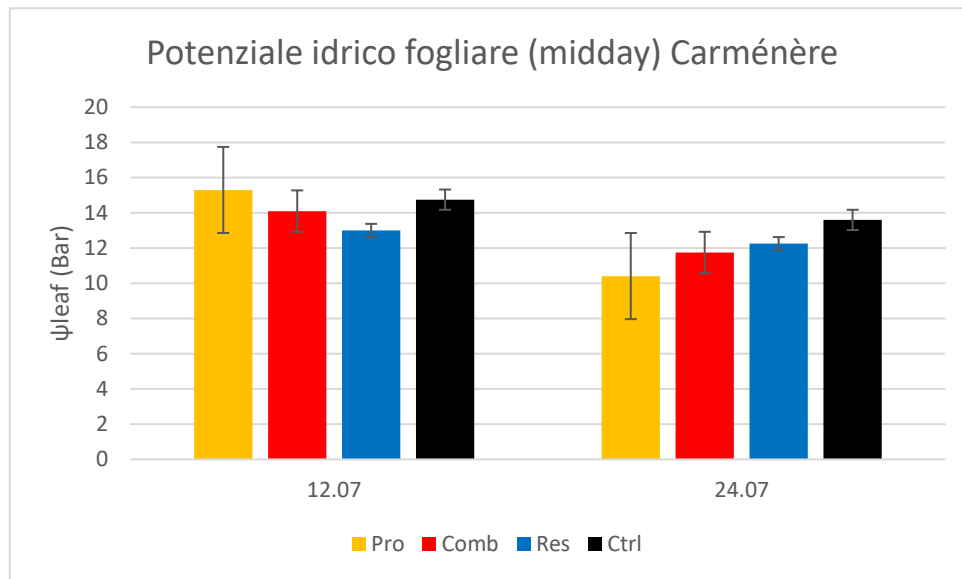
	Chl		Flav		Anth	
<b>Pro</b>	19,99	a	1,03	a	0,22	a
<b>Comb</b>	18,42	a	0,98	a	0,23	a
<b>Res</b>	19,56	a	0,98	a	0,22	a
<b>Ctrl</b>	19,84	a	0,97	a	0,22	a
<b>p-value</b>	0,34	ns	0,81	ns	0,41	ns

#### 4.4 Potenziale idrico fogliare

Indice fondamentale per analizzare lo stato idrico della pianta è il potenziale idrico fogliare. Esprime la quantità di energia libera associata alle molecole d'acqua contenute nel tessuto vegetale fogliare.

Analizzando il potenziale idrico fogliare calcolato a mezzogiorno si può comprendere il livello di stress idrico a cui è sottoposta la pianta. È interessante notare come si siano trovate differenze significative, in data 12/07/2023 nella varietà Carménère (*Grafico 4.1*). La tesi trattata con entrambi i biostimolanti, infatti, ha manifestato un potenziale idrico fogliare più contenuto.

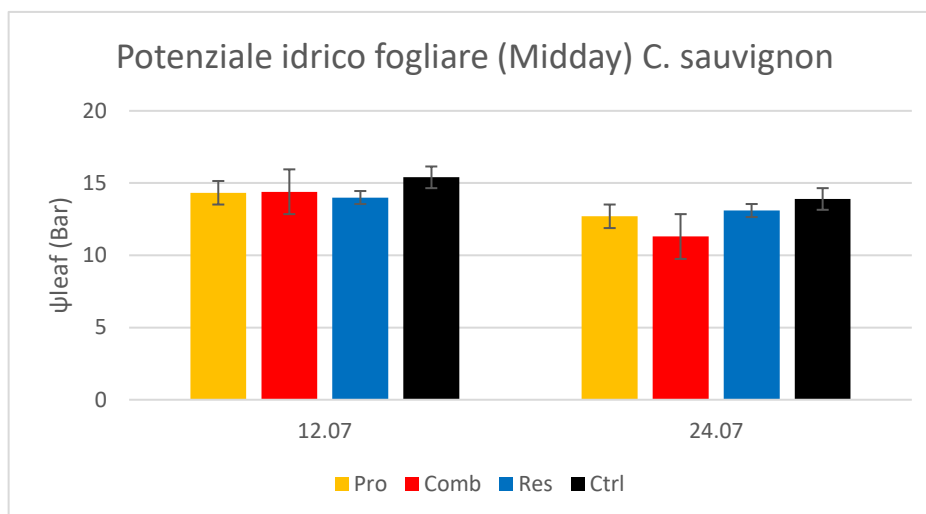
Grafico 4.1



	12.07		24.07	
<b>Pro</b>	15,3	a	10,41	a
<b>Comb</b>	14,1	ab	11,75	a
<b>Res</b>	13	b	12,25	a
<b>Ctrl</b>	14,75	ab	13,6	a
<b>P-value</b>	0,09	**	0,4	ns

In C. sauvignon non sono presenti, invece, differenze significative (Grafico 4.2). Si può, però, notare che, in entrambe le date, le tesi del controllo hanno registrato un potenziale idrico maggiore seppur non statisticamente attendibile.

Grafico 4.2

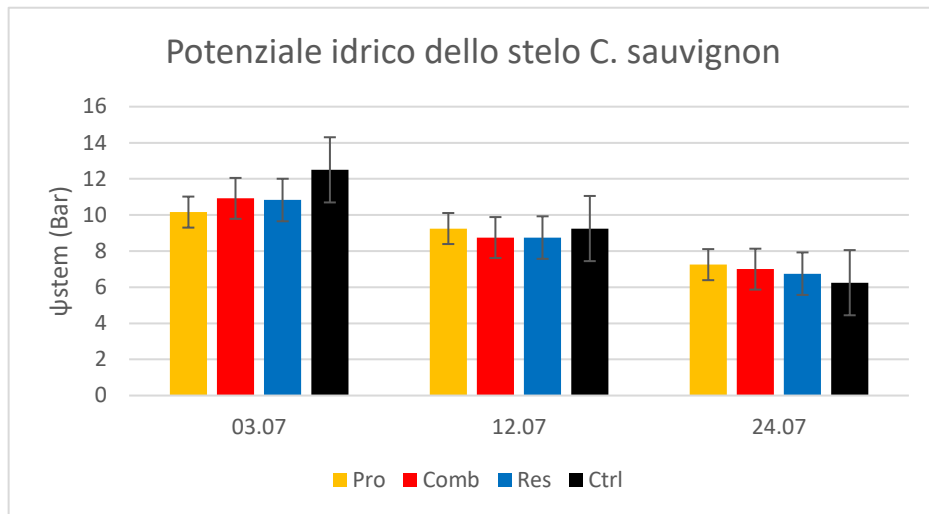


	12.07		24.07	
<b>Pro</b>	14,33	a	12,7	a
<b>Comb</b>	14,4	a	11,3	a
<b>Res</b>	14	a	13,1	a
<b>Ctrl</b>	15,4	a	13,9	a
<b>P-value</b>	0,37	ns	0,59	ns

Analizzando invece i dati relativi al potenziale idrico dello stelo, simulando quella che sarebbe la massima reidratazione del tessuto dopo essere stato posto in una busta di alluminio al buio, si può notare come i valori, rispetto a quelli misurati a mezzogiorno, siano decisamente più bassi. Questo a testimonianza del fatto che le piante durante la notte avevano a disposizione risorse idriche tali da riuscire a soddisfare le perdite avute durante giorno.

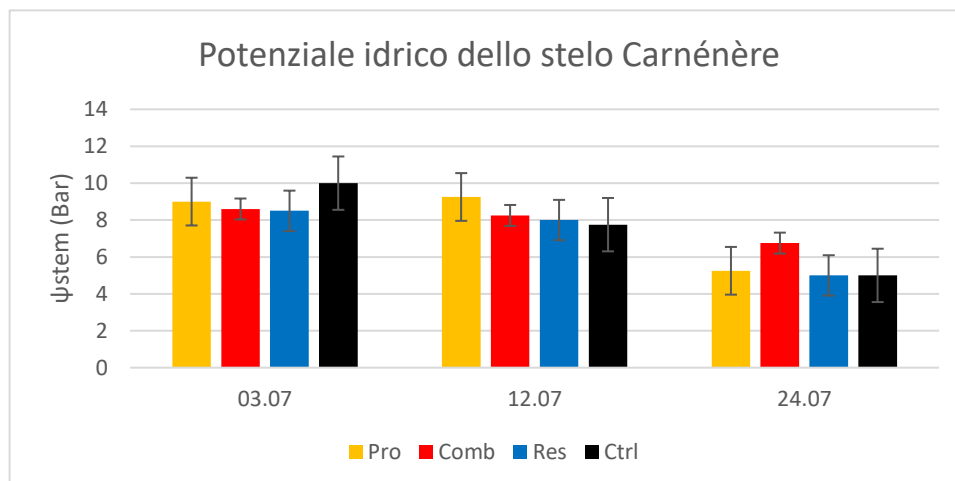
In questo caso non sono state individuate differenze tramite l'analisi statistica dei dati per entrambe le varietà (*Grafico 4.3 e Grafico 4.4*) in quanto questo parametro descrive maggiormente, a differenza del Potenziale a mezzogiorno, l'equilibrio della pianta con il contenuto idrico del suolo che ovviamente non ha subito differenze legate ai diversi trattamenti. Il potenziale idrico di mezzogiorno, invece, permette di apprezzare una migliore strategia transiente di risposta alle condizioni di stress idrico diurno.

Grafico 4.3



	03.07		12.07		24.07	
<b>Pro</b>	10,16	a	9,25	a	7,25	a
<b>Comb</b>	10,92	a	8,75	a	7	a
<b>Res</b>	10,83	a	8,75	a	6,75	a
<b>Ctrl</b>	12,5	a	9,25	a	6,25	a
<b>P-value</b>	0,69	ns	0,85	ns	0,94	ns

Grafico 4.4

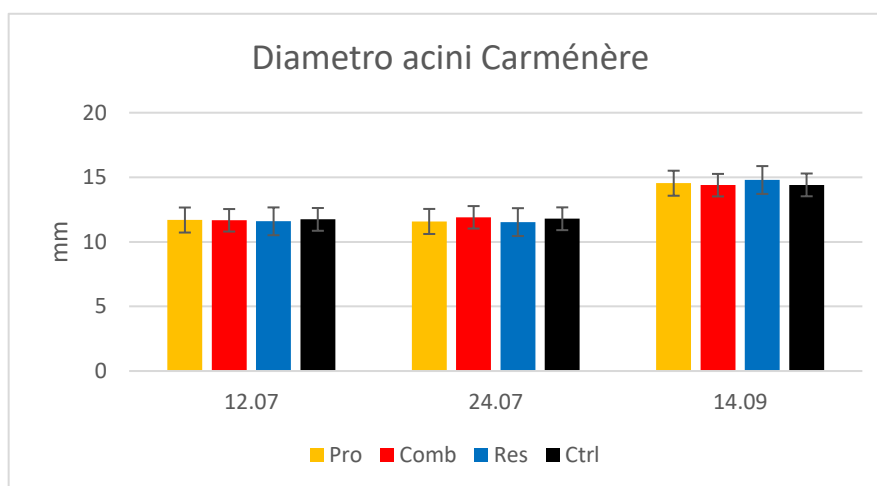


	03.07		12.07		24.07	
<b>Pro</b>	9	a	9,25	a	5,25	a
<b>Comb</b>	8,6	a	8,25	a	6,75	a
<b>Res</b>	8,5	a	8	a	5	a
<b>Ctrl</b>	10	a	7,75	a	5	a
<b>P-value</b>	0,77	ns	0,19	ns	0,29	ns

## 4.5 Produzione e parametri quali-quantitativi

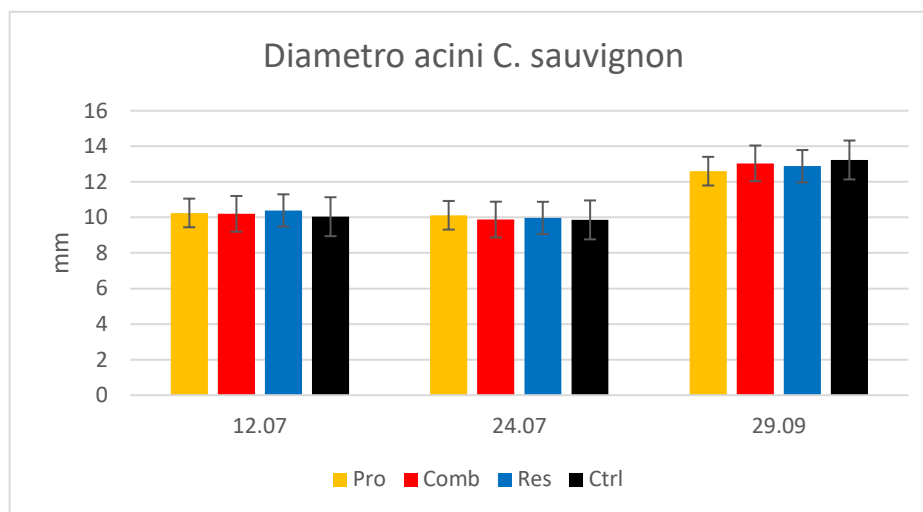
Per quanto riguarda la produzione si sono analizzati il diametro degli acini, peso medio grappolo e peso medio di 100 acini. Considerando il momento finale della raccolta, per tutta questa serie di dati, non sono state evidenziate differenze significative e le tesi risultavano omogenee nella loro composizione (*Grafico 5.2*). L'analisi statistica ha però individuato una tesi che si è distinta nella misura del diametro degli acini, durante la fase verde in data 24/07/2023. La tesi Comb della varietà Carménère, infatti, ha registrato un diametro medio degli acini maggiore rispetto a Pro e Res (*Grafico 5.1*).

*Grafico 5.1*



	12.07		24.07		29.09	
<b>Pro</b>	11,69	a	11,58	b	14,54	a
<b>Comb</b>	11,67	a	11,9	a	14,39	a
<b>Res</b>	11,59	a	11,53	b	14,79	a
<b>Ctrl</b>	11,74	a	11,79	ab	14,41	a
<b>P-value</b>	0,95	ns	0,07	**	0,24	ns

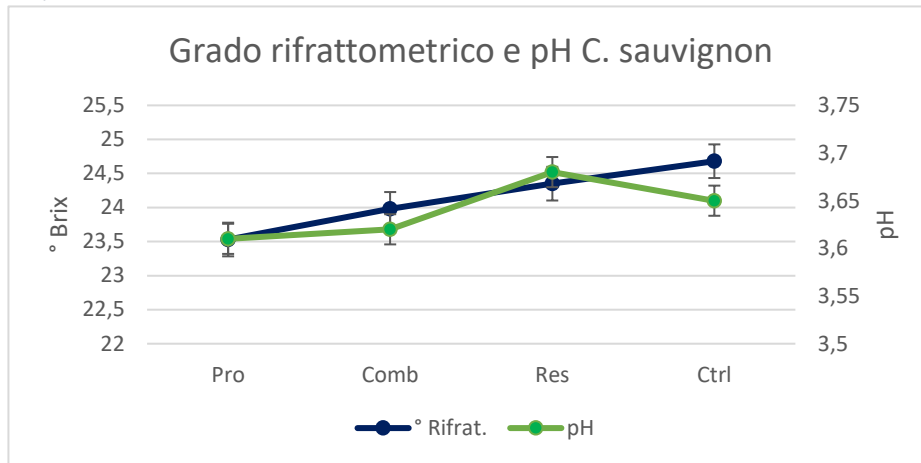
Grafico 5.2



	12.07		24.07		29.09	
<b>Pro</b>	10,25	a	10,12	a	12,6	a
<b>Comb</b>	10,2	a	9,88	a	13,04	a
<b>Res</b>	10,39	a	9,97	a	12,88	a
<b>Ctrl</b>	10,04	a	9,86	a	13,23	a
<b>P-value</b>	0,69	ns	0,7	ns	0,38	ns

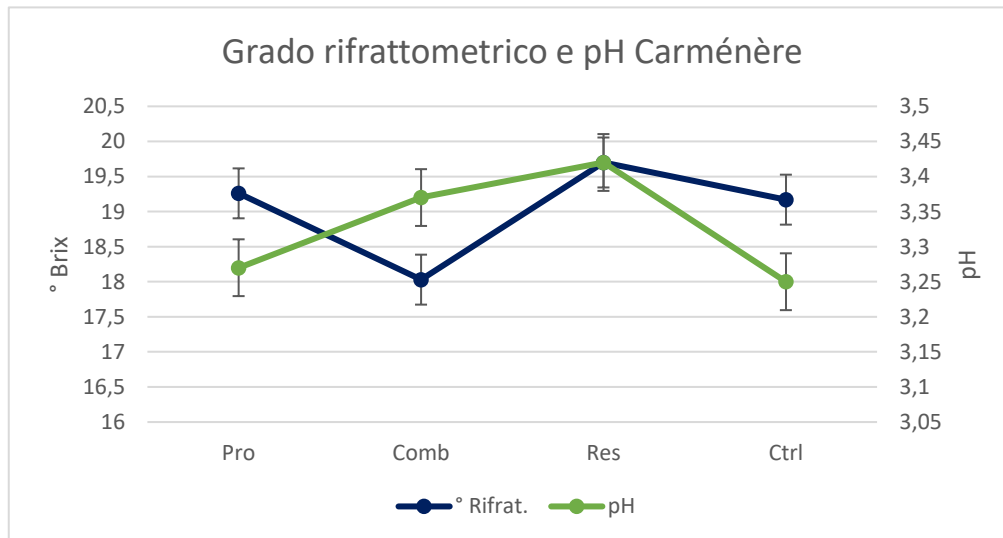
L'ultima analisi si è concentrata negli aspetti qualitativi, non si sono però viste differenze tra le tesi in ognuno dei parametri considerati (da *Grafico 5.3* a *Grafico 5.8*).

Grafico 5.3



	° Rifratt.		pH	
<b>Pro</b>	23,53	a	3,61	a
<b>Comb</b>	23,98	a	3,62	a
<b>Res</b>	24,35	a	3,68	a
<b>Ctrl</b>	24,68	a	3,65	a
<b>p-value</b>	0,21	ns	0,52	ns

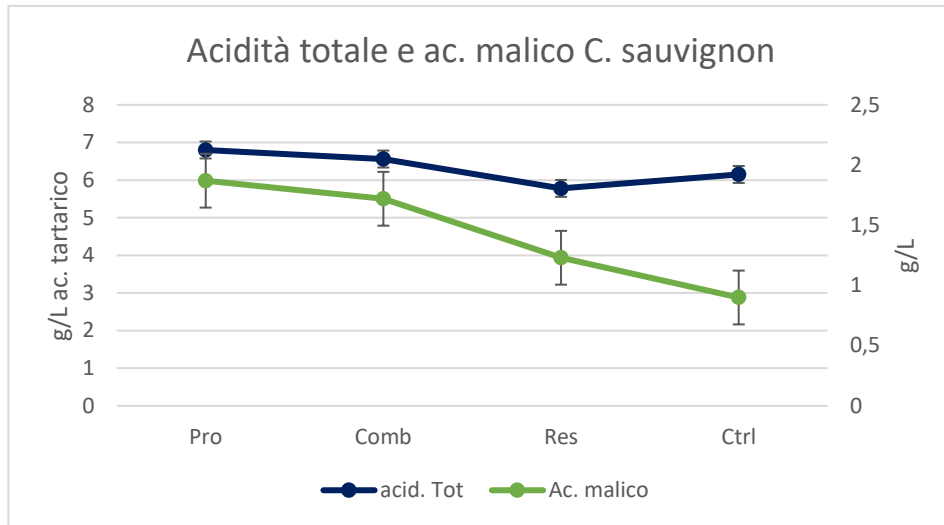
Grafico 5.4



	° Rifratt.		pH	
<b>Pro</b>	19,26	a	3,27	a
<b>Comb</b>	18,03	a	3,37	a
<b>Res</b>	19,7	a	3,42	a
<b>Ctrl</b>	19,17	a	3,25	a
<b>P-value</b>	0,78	ns	0,31	ns

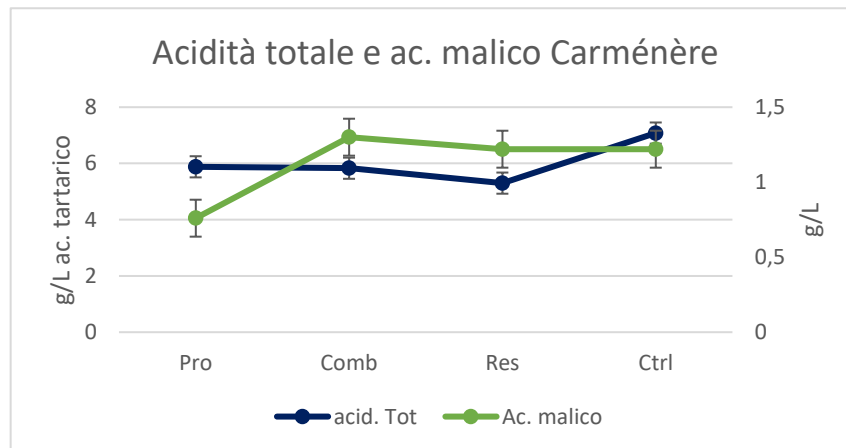


Grafico 5.5



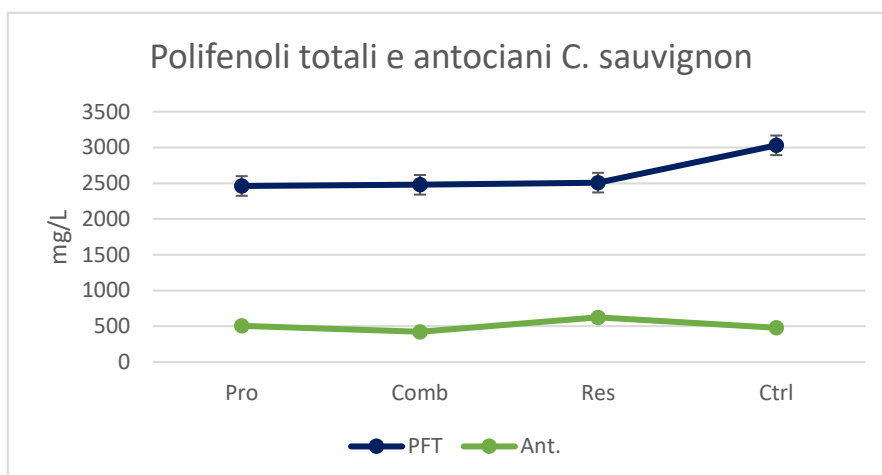
	acid. Tot		Ac. malico	
<b>Pro</b>	6,8	a	1,87	a
<b>Comb</b>	6,56	a	1,72	a
<b>Res</b>	5,78	a	1,23	a
<b>Ctrl</b>	6,15	a	0,9	a
<b>P-value</b>	0,28	ns	0,32	ns

Grafico 5.6



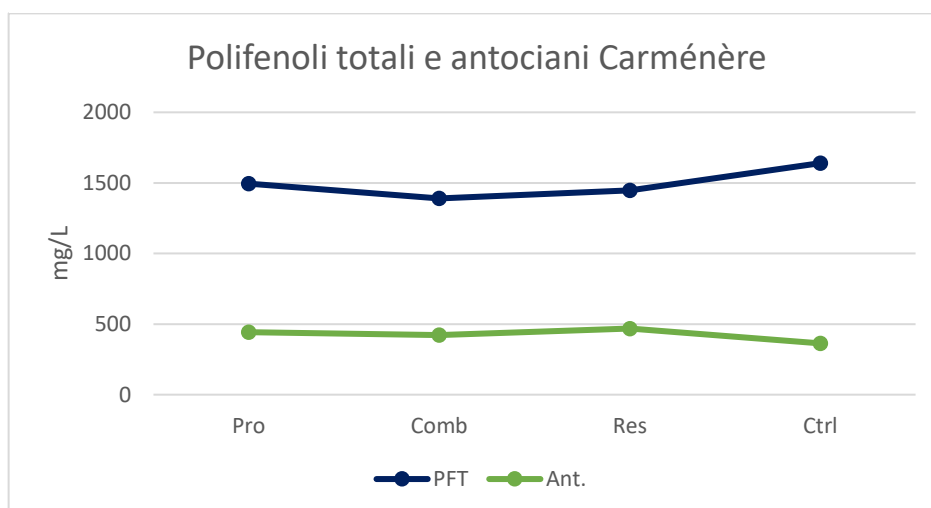
	acid. Tot		Ac. malico	
<b>Pro</b>	5,88	a	0,76	a
<b>Comb</b>	5,83	a	1,3	a
<b>Res</b>	5,3	a	1,22	a
<b>Ctrl</b>	7,08	a	1,22	a
<b>P-value</b>	0,29	ns	0,46	ns

Grafico 5.7



	PFT		Ant.	
<b>Pro</b>	2461,7	a	505,83	a
<b>Comb</b>	2478,3	a	423,3	a
<b>Res</b>	2508,3	a	625	a
<b>Ctrl</b>	3030	a	481,7	a
<b>P-value</b>	0,14	ns	0,55	ns

Grafico 5.8



	PFT		Ant.	
<b>Pro</b>	1495	a	441,6	a
<b>Comb</b>	1390	a	421,6	a
<b>Res</b>	1446,7	a	468,3	a
<b>Ctrl</b>	1640	a	363,3	a
<b>P-value</b>	0,87	ns	0,93	ns

## **5. CONCLUSIONI**

Come si è potuto verificare, i dati ottenuti dai vari parametri presi in considerazione non hanno evidenziato un marcato effetto nell'utilizzo di Prohydro e Resiliens su vite. Alcuni parametri fisiologici sono stati significativamente diversi in alcune delle tesi trattate, come per esempio nell'efficienza fotosintetica o nel potenziale idrico fogliare. Nonostante ciò, non hanno portato risultati rilevanti nella produzione al momento della raccolta, sia riguardo parametri quantitativi sia qualitativi.

È senza dubbio da prendere in considerazione il fattore precipitazioni che ha giocato un ruolo fondamentale nel fabbisogno idrico dei vigneti considerati. Le più abbondanti piogge nei mesi di maggio, luglio e agosto hanno probabilmente appiattito le differenze che sarebbero sorte in un anno più siccitoso.

Il fatto di trovare, comunque, alcune differenze potenzialmente interessanti nella gestione idrica da parte della pianta, se trattata con questi tipi di biostimolanti, fa ben sperare nel loro utilizzo in condizioni di stress idrico più severo. I biostimolanti possono essere uno strumento fondamentale per una viticoltura più sostenibile, soprattutto in un'ottica di cambiamento climatico e condizioni agronomiche sempre più estreme.

È quindi necessario proseguire gli studi riguardo questi prodotti per comprenderne, in modo più approfondito, i meccanismi d'azione e le potenzialità d'uso.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- Atiyeh R.M., Lee S., Edwards C.A., Arancon N.Q. e Metzger J.D.. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Biores. Technol.* 84: 7-14.
- Castellarin S. D., Bucchetti B, Falginella L. e Peterlungher E.. 2011. Influenza del deficit idrico sulla qualità delle uve: aspetti fisiologici e molecolari. *Italus Hortus* 18 (2): 63-79
- Cataldo E., Fucile M. e Mattii G. B. 2022. Biostimulants in viticulture: A sustainable approach against biotic and abiotic stresses. *Plants* 11(2): 162
- Colla G., Roupheal Y., Lucini L. e Cardarelli, M.. 2015. Biostimulants, what they are and how they act. *Informatore Agrario* 71(23): 36-40
- D’Arcangelo M., Epifani A. M. e Giannetti F.. 2020. Biostimolanti una nuova frontiera per la viticoltura di qualità. *Vitenda* 2020: 130-131
- Monteiro E., Gonçalves B., Cortez I. e Castro, I.. 2022. The role of biostimulants as alleviators of biotic and abiotic stresses in grapevine: A review. *Plants* 11(3): 396
- Nardi S., Concheri G., Pizzeghello D., Sturaro A., Rella R. e Parvoli G.. 2000. Soil organic matter mobilization by root exudates. *Chemosphere* 41: 653-658.
- Van Leeuwen C., Destruct-Irvine A., Dubernet M., Duchêne E., Gowdy M., Marguerit E., Pieri P., Parker A., de Ressaiguier L. e Ollat N.. 2019. An Update on the Impact of Climate Change in Viticulture and Potential Adaptations. *Agronomy* 9 (9): 514"
- Van Leeuwen C., Destruct-Irvine A.. 2017. Modified grape composition under climate change conditions requires adaptations in the vineyard. *OENO One* 51 (2-3): 147-154"
- Yakhin O. I., Lubyaynov A. A., Yakhin I. A. e Brown P. H.. 2017. Biostimulants in plant science: a global perspective. *Frontiers in plant science* (7): 2049