



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE

USO DEL CAOLINO, ZEOLITE ED
ESTRATTI DI ALGHE IN VITICOLTURA
CONTRO GLI STRESS ESTIVI

USE OF KAOLIN, ZEOLITE AND SEAWEED
EXTRACTS TO IMPROVE GRAPEVINE
SUMMER STRESS TOLERANCE.

TIPO TESI: compilativa

Studente:

ALESSIA CARLINI

Relatore:

PROF./DOTT. VANIA LANARI

ANNO ACCADEMICO 2021-2022

A chi ci ha creduto prima di me,
ma soprattutto a chi mi ha detto che non ci sarei mai riuscita.
Non potevo darvela vinta.

SOMMARIO

SOMMARIO	3
ELENCO DELLE TABELLE.....	4
ELENCO DELLE FIGURE	6
ACRONIMI E ABBREVIAZIONI	7
INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI	10
CAPITOLO 1 PRODOTTI DI COPERTURA DA UTILIZZARE CONTRO GLI STRESS ESTIVI	13
1.1 Il Caolino ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$)	13
1.1.1 Caolino contro gli stress estivi.....	13
1.2 La Zeolite.....	15
1.2.1 Zeolite contro gli stress estivi	16
1.3 Estratti di Alghe (<i>Ascophyllum nodosum</i>)	16
1.3.1 Estratti di alghe contro gli stress estivi	17
CAPITOLO 2 STUDI RIGUARDANTI L'USO DEI PRODOTTI CONTRO GLI STRESS ESTIVI	18
2.1 Studi sul caolino.....	18
2.2 Studi sulla Zeolite	27
2.3 Studi sugli Estratti di alga <i>Ascophyllum Nodosum</i>	34
CONCLUSIONI	40
RINGRAZIAMENTI	42
BIBLIOGRAFIA	43
SITOGRAFIA	46
Fonti immagini.....	46

ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 2.1 Effetti dell'applicazione del caolino su conduttanza stomatica, assimilazione netta di CO ₂ , efficienza intrinseca dell'uso dell'acqua, rapporto tra concentrazione di CO ₂ intercellulare e concentrazione di CO ₂ ambientale e tasso di traspirazione nel biennio 2012 e 2013 (Fonte Dinis et al., 2018).....	20
Tabella 2.2 Concentrazione di zuccheri solubili (SS), amido (St), fenoli totali (TP), proteine solubili (SP) e totale concentrazione di sostanze reattive all'acido tiobarbiturico (TBARS) nelle foglie (Fonte Dinis et al., 2018).....	21
Tabella 2.3 Effetti del caolino sulla composizione del frutto di viti stressate e ben irrigate. (Fonte Frioni et al., 2019).	22
Tabella 2.4 Fotosintesi netta (Pn), conduttanza stomatica (gs), efficienza nell'uso dell'acqua (eWUE) e temperatura fogliare (Tleaf) (Fonte Cataldo et al., 2022).	25
Tabella 2.5 Contenuto di zucchero (°Brix), acidità totale (TA), pH e peso dell'acino delle viti controllo, trattate con caolino e ombreggiate da reti (30% e 70%) (Fonte Cataldo et al., 2022).	26
Tabella 2.6 Contenuto zuccherino (°Brix), acidità titolabile (TA), pH e peso dell'acino di uve di Sanforte, con due diverse gestioni del suolo: Zeowine (Z) e Compost (C) (Fonte: Cataldo et al., 2021)	29
Tabella 2.7 Contenuto in antociani totali (Tot. Anth.), antociani estraibili (Extr. Anth.), polifenoli totali (Tot. Polyp.) e polifenoli estraibili (Extr. Polyp.) delle bacche di Sanforte trattate con due diverse gestioni del suolo: Zeowine (Z) e Compost (C) (fonte Cataldo et al., 2021).	30
Tabella 2.8 Peso grappolo (kg), resa/ceppo (kg) e numero di grappolo/ceppo della cv Sanforte, trattata con due diverse gestioni del suolo: zeowine (Z) e compost (C).	30
Tabella 2.9 Parametri produttivi e qualitativi registrati nelle viti di Sangiovese sottoposte a trattamenti con Caolino, Chabasite e viti di controllo nel 2019 e 2020.	33
Tabella 2.10 Effetti dell'applicazione fogliare e al suolo di <i>Ascophyllum nodosum</i> sulla superficie fogliare e su viti ben irrigate (WW) e sottoposte a stress idrico (WS).	35

Tabella 2.11 Influenza dei biostimolanti sulla resa dei frutti e sulla qualità delle uve di varietà "Yaghouti" in condizioni irrigue e di stress idrico. (fonte Irani et al., 2021)	38
Tabella 2.12 Influenza dei biostimolanti sulle concentrazioni di ABA, prolina, fenoli totali, carboidrati solubili e proteine solubili delle foglie di vite cv. "Yaghouti" in condizioni irrigue e di stress idrico (Fonte Irani et al., 2021)	39
Tabella 2.13 Influenza dei biostimolanti sulle concentrazioni di H_2O_2 e MDA e sulle attività GPX e CAT delle foglie di vite cv. "Yaghouti" in condizioni di buon adacquamento e stress idrico (Fonte Irani et al., 2021)	39

ELENCO DELLE FIGURE

Figura 0.1 Grappoli di Sangiovese colpiti da disidratazione e scottature solari (Fonte Vigneto in Nova edagricole.it).....	10
Figura 0.2 Viti colpite da elevato stress idrico e radiativo, presentanti sintomi di fotoinibizione (Fonte: Vigneto in Nova edagricole.it).....	11
Figura 1.1 Viti trattate in copertura con caolino (Fonte Università del Sacro Cuore)	14
Figura 1.2 Grappolo trattato con caolino (Fonte Università del Sacro Cuore)	14
Figura 1.3 Alga <i>Ascophyllum Nodosum</i> (fonte foto Wikipedia)	16
Figura 2.1 Riflettanza superficie delle foglie trattate con caolino (Fonte Shellie et al., 2013)	18
Figura 2.2 Contenuto totale di zuccheri solubili (SS) fogliari nelle foglie di vite «Douro» e «Alentejo» allo stadio di invaiatura e maturazione nel biennio 2017 e 2018.....	23
Figura 2.3 Contenuto di Acido Abscissico (ABA) nelle foglie di vite «Douro» e «Alentejo» nel biennio 2017 e 2018.	24
Figura 2.4 Conduttanza stomatica e temperatura fogliare in <i>Vitis vinifera</i> con due diverse gestioni del suolo: Zeowine e Compost (fonte Cataldo et al., 2021)	28
Figura 2.5 Andamento della temperatura degli acini (T_{max} °C) misurata con termosonde ad agosto 2019 (A) e agosto 2020 (B). (Fonte Valentini et al., 2021)	32
Figura 2.6 Classi di biostimolanti (Samuels et al.,2022)	34
Figura 2.7 Potenziale idrico dello stelo, tassi di assimilazione fogliare e conduttanza stomatica fogliare in risposta all'applicazione dell'estratto (ANE) e diverso regime idrico..	36

ACRONIMI E ABBREVIAZIONI

$(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	Caolino
radiazioni UV	Radiazioni ultraviolette
CO_2	Anidride carbonica
E	Traspirazione
Pn	Fotosintesi
Gs	Conduttanza stomatica
PSII	Fotosistema II
Ci/Ca	Rapporto tra concentrazione di CO_2 intercellulare e concentrazione di CO_2 ambientale
SS	Zuccheri solubili
St	Amido
TP	Fenoli totali
SP	Proteine solubili
TBARS	Totale concentrazione di sostanze reattive all'acido tiobarbiturico
T°	Temperatura
TSS	Solidi solubili
TA	Acidità titolabile
C-WW	Controllo ben irrigato
KL-WW	Viti trattate e ben irrigate
C-WS	Controllo stressato
KL-WS	Viti trattate e stressate
TF	Touriga-Franca
TN	Touriga-Nacional
TN C	Controllo Touriga Nacional
TN KL	Caolino

TF C	Controllo Touriga-Franca
TF KL	Caolino
ABA	Acido Abscissico
eWUE	Efficienza nell'uso dell'acqua
Tleaf	Temperatura fogliare
°Brix	Contenuto di zucchero
Z	Zeowine
C	Compost
Tot. Anth.	Antociani totali
Extr. Anth.	Antociani estraibili
Tot. Polyp.	Polifenoli totali
Extr. Polyp.	Polifenoli estraibili
CAO	Viti trattate con Caolino
ZEO	Viti trattate con Chabasiti (Zeoliti)
WW-C	Controllo ben irrigato
WW-ANefl	Viti con trattamento fogliare ben irrigate
WW-ANesl	Viti con trattamento al suolo ben irrigate
WS-C	Controllo con stress idrico
WS-ANefl	Viti con trattamento fogliare e stress idrico
WS-ANesl	Viti con trattamento al suolo e stress idrico
ANefl	Estratto diluito in acqua deionizzata e addizionata di un tensioattivo e poi distribuito con pompa a mano
ANesl	Estratto diluito nei 3L di acqua di irrigazione giornaliera
leaf A	Assimilazione fogliare
CON	Controllo
AA	Viti trattate in copertura con amminoacidi (allo 0,5% di concentrazione, due trattamenti)
HA	Viti trattate con acidi umici insieme all'acqua di irrigazione (20g a vite, due trattamenti)
FA	Viti trattate in copertura con uno spray a base di acidi fulvici (allo 0,5% di concentrazione, due trattamenti)

SE	Viti trattate in copertura con estratto di alga (allo 0,5% di concentrazione, due trattamenti)
H ₂ O ₂	Perossido di idrogeno
MDA	Malondialdeide
GPX	Enzimi guaiacolo perossidasi
CAT	Catalasi
WW	Condizioni irrigue
DS	Stress idrico

INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI

Il cambiamento climatico e le sue conseguenze sugli eventi atmosferici, è da anni al centro dell'interesse di molti studi riguardanti la viticoltura. Temperature sempre più calde, la scarsità delle piogge e i fenomeni atmosferici straordinari, infatti, sono in grado di alterare notevolmente il ciclo fisiologico della vite e dunque, il raccolto.

L'influenza di questi cambiamenti dipende dalla loro distribuzione temporale nel momento in cui la vite è nel pieno del suo ciclo riproduttivo, cioè il periodo che va dalla formazione alla maturazione dei grappoli. Nei mesi estivi di luglio e agosto si verificano temperature sempre maggiori, che unite dall'assenza di precipitazioni e dunque siccità, modificano irreversibilmente lo sviluppo delle uve, modificandone le caratteristiche qualitative (compositive ed organolettiche) e le rese produttive.

Gli stress che i vigneti sono costretti a subire a causa del cambiamento climatico sono dunque:

- **Stress termico** causato da “ondate di calore”, cioè periodi più o meno lunghi con T° che superano i 35°C . Questo può provocare un accumulo di zuccheri eccessivo e molto veloce (ancora più accentuato in caso di concentrazione da disidratazione delle bacche, a causa di stress idrici) o addirittura causare scottature dei grappoli (Figura 0.1) più esposti al sole (Guidoni et al., 2007; Genovese et al., 2010) che subiranno l'inibizione della sintesi dei composti coloranti, dunque decrementi al contenuto antocianico e polifenolico delle bucce, e diminuzione del contenuto zuccherino rispetto alle uve sane (Spayd et al., 2002).



Figura 0.1 Grappoli di Sangiovese colpiti da disidratazione e scottature solari (Fonte Vigneto in Nova edagricole.it).

- **Stress idrico** la vite è una coltura in grado di ben tollerare periodi di carenza idrica, addirittura sembrerebbe che il deficit idrico, fino a moderato-severo vada sì ad abbassare le rese produttive del vigneto, ma anche a migliorare le caratteristiche qualitative delle uve da vinificare, aumentando la sintesi antocianica, la concentrazione di tannini nelle uve a bacca rossa e il miglioramento organolettico dei vini ottenuti, grazie alla sintesi di composti volatili o loro precursori (Castellarin et al, 2007). Un deficit eccessivo può però rallentare o impedire la maturazione delle uve, e causare oltre il calo della resa, un decadimento qualitativo delle stesse (minore distensione cellulare e disidratazione delle uve). Gli effetti sulla pianta possono essere avvizzimenti, rallentamenti alla crescita di germogli e apparato fogliare (fino a totale arresto della crescita) e conseguente riduzione della fotosintesi e accumulo di fotosintetati.
- **Fotoinibizione** è un danno subito dalle cellule fotosintetizzanti delle foglie a causa di eccesso di radiazione solare (oltre la soglia di saturazione luminosa). Questo avviene a causa di un danneggiamento spesso irreversibile dei fotosistemi I e II, con conseguente impossibilità delle cellule di effettuare ancora fotosintesi, comparsa di macchie clorotiche e successiva necrosi (Figura 0.2).



Figura 0.2 Viti colpite da elevato stress idrico e radiativo, presentanti sintomi di fotoinibizione (Fonte: Vigneto in Nova edagricole.it)

Le uve cresciute in situazioni di stress estivo maturano velocemente, con bacche piccole e molto zuccherine, caratterizzate da pH elevato e richiedono spesso raccolte precoci, con una conseguente maturità fenolica incompleta e inadeguata ai rispettivi progetti vitivinicoli. Altre volte si verifica l'avvizzimento dell'acino che può essere esteso a tutto il grappolo o solamente a parte di esso, questo consiste nella perdita di turgore della bacca, insieme alla diminuzione del contenuto zuccherino e del colore, soprattutto nelle varietà a bacca rossa (Jensen., 1970).

Le viti invece, a causa delle carenze idriche e dell'inibizione della fotosintesi, subiranno avvizzimenti e un minore accumulo di fotosintetati (sostanze di riserva necessarie per la ripresa vegetativa che risulterà stentata o ritardata); e laddove questi stress siano continuativi e ripetuti, le piante potrebbero arrivare gradualmente alla morte.

Negli anni, molte sono le tecniche studiate per contrastare gli effetti dei cambiamenti climatici in viticoltura sia nel breve che nel medio-lungo termine. Se per il medio-lungo periodo si può ricorrere a strategie riguardanti nuovi sesti d'impianto e forme di allevamento, uso di varietà resistenti e l'impianto di vigneti già dotati di sistemi di irrigazione; per il breve termine, sono da anni usati l'adacquamento, la potatura tardiva, la defogliazione, la cimatura e l'uso di reti schermanti (Pallioti, et al., 2014). Inoltre, è in studio l'uso di prodotti di origine naturale quali polveri di roccia o estratti di alghe, che sono strumenti "flessibili", perciò attuabili anche a stagione avanzata, e dunque solo nel caso in cui lo stress si verifichi. Questi prodotti vengono applicati in copertura per svolgere un'azione schermante nei confronti della radiazione luminosa e dell'eccessiva evapotraspirazione provocata dalle ondate di calore (Garrido et al., 2019).

Sarà l'obiettivo di questo elaborato porre un focus sui diversi prodotti in fase di studio a questo scopo: il caolino, la zeolite e gli estratti di alghe *Ascophyllum Nodosum*.

Capitolo 1

PRODOTTI DI COPERTURA DA UTILIZZARE CONTRO GLI STRESS ESTIVI

Ognuno ha le sue particolarità e usi “standard”, sono state però notate nel tempo delle caratteristiche che li rendono degli ottimi alleati in vigneto, non solo contro le patologie ma anche come strategia di adattamento agli stress estivi. Sono definiti strumenti “flessibili”, ovvero possono essere applicati all’occorrenza, non sono “permanenti” e sono molto spesso molto economici.

1.1 Il Caolino ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$)

Il caolino è un’argilla inerte micronizzata e venduta sotto forma di polvere bianca composta soprattutto da alluminio e silicio. La sua origine è sedimentaria ed è facilmente miscibile in acqua (grazie al processo di micronizzazione), caratteristica che lo rende perfetto in agricoltura per trattamenti fogliari. Una volta asciugate, le parti vegetali trattate con il caolino presentano una patina biancastra uniforme. Essendo una sostanza di origine organica, questo può essere utilizzato anche in agricoltura biologica. È sostanzialmente un’argilla; dunque, non è inquinante ed è molto apprezzato perché efficace già a concentrazioni basse (3% cioè 3 kg di caolino su 100 L di acqua), di facile uso ed inoltre è molto economico.

Il limite più grande di questa argilla è la sua dilavabilità: con la pioggia, infatti, questo viene lisciviato e il suo effetto fisico svanisce. Deve essere perciò riapplicato ad ogni bagnatura dei vegetali.

1.1.1 *Caolino contro gli stress estivi*

Inizialmente utilizzato come sostanza deterrente (schermo fisico) contro alcuni insetti (Knapp, et al., 2019), la sua efficacia è stata notata anche contro stress idrici e termici (Shellie, et al., 2008; Shellie, et al., 2013; Brillante, et al., 2016; Dinis, et al., 2018; Lobos, et al., 2015; Frioni, et al., 2019); il caolino agisce infatti come schermo solare per la vegetazione ed i grappoli; la copertura del fogliame (Figura 1.1) non impedisce infatti la fotosintesi clorofilliana, ma riflette la luce (radiazioni UV e infrarossi) e riduce la

temperatura tra le chiome fino a 4-6°C (Frioni et al., 2019). Questo preserva le piante dall'insolazione eccessiva, riparando da ingiallimenti fogliari (dovuti da fenomeni di foto-inibizione) e scottature dei grappoli (Figura 1.2). L'applicazione del prodotto, inoltre, permette di ristabilire i livelli di fotosintesi che si erano temporaneamente ridotti, e così da evitare fenomeni di foto-inibizione a carico dei fotosistemi I e II. Grazie alla barriera fisica che crea, il caolino riduce inoltre traspirazione e conduttanza stomatica, di conseguenza, il potenziale idrico negativo delle foglie è ridotto e minori quantitativi di acqua sono persi dalla pianta (Shellie e Glenn, 2008).



Figura 1.1 Viti trattate in copertura con caolino (Fonte Università del Sacro Cuore)



Figura 1.2 Grappolo trattato con caolino (Fonte Università del Sacro Cuore)

1.2 La Zeolite

La zeolite è un minerale facente parte degli allumino-(tecto)silicati di origine vulcanica che si estrae da giacimenti naturali, essa è composta quasi esclusivamente da ossidi di Silicio ed Alluminio. La sua origine vulcanica è il fattore che determina la sua struttura cristallina granulare e ricca di microporosità, che permette alla zeolite di assorbire grandi quantitativi di acqua (disidratazione reversibile) e un buono scambio cationico (Wikipedia).

In agricoltura la zeolite si presta a moltissimi usi: deterrente per insetti, lotta contro patogeni vegetali che sviluppano in condizioni di umidità, migliorativo del terreno, correttore di pH, regolatrice termica (Wikipedia), ritenzione idrica e miglioramento dello scambio cationico, etc...

L'azione della zeolite contro gli insetti deriva dalla forma delle particelle del minerale, le lamelle di cui questa si compone sono percepite come fossero degli spilli dagli insetti a corpo molle o insetti striscianti, rendendo loro il movimento difficoltoso (ne risultano feriti).

Le caratteristiche chimiche e fisiche delle zeoliti si traducono in campo agricolo nella capacità di 'intrappolare' nelle sue cavità vari elementi e rilasciarli via via nel terreno (L'Informatore Agrario).

La sua capacità assorbente nei confronti dell'acqua è infatti alla base di uno degli usi più comuni della Zeolite in agricoltura: se distribuita nella vegetazione umida, aiuta a diminuire l'umidità e ad asciugare più rapidamente il velo d'acqua, sfavorendo tutti quei patogeni che si sviluppano e diffondono grazie a queste condizioni (come la peronospora e la botrite). Inoltre aiutano i terreni sabbiosi a trattenere l'acqua rilasciandola poi gradualmente, nei terreni argillosi invece contribuiscono a ridurre la ritenzione idrica così da evitare pericolosi ristagni e marciumi del colletto (difesapiante.com). In alternativa, questo minerale può essere utilizzato come fertilizzante/migliorativo del terreno naturale: le zeoliti sono in grado di apportare e trattenere molti micro e macronutrienti naturalmente presenti nella loro struttura al terreno come: Silicio, Fosforo, Ferro, Magnesio, Potassio, Calcio, Manganese, etc...

Oltre l'apporto di nutrienti, nel terreno contribuiscono a migliorare lo scambio cationico.

Altra proprietà di questo minerale è la capacità di fare da adesivante: se applicato con altri corroboranti o insetticidi, questi saranno resi più attivi, efficaci, e persistenti e necessiteranno di dosi d'impiego inferiori, grazie alla capacità della zeolite di aderire agli organi vegetali.

In commercio si trovano zeoliti del gruppo delle Chabasite o Clinoptilolite, reperibili in formato granulare (adatta a trattamenti al terreno, dove rimane in modo persistente) o micronizzato (utilizzata come corroborante mediante trattamenti di copertura).

1.2.1 Zeolite contro gli stress estivi

La Zeolite per contrastare gli stress estivi agisce principalmente grazie alla sua capacità di trattenere acqua. Il suo uso può essere infatti rilegato a quei periodi in cui la scarsità e l'irregolarità delle piogge provocano una ridotta disponibilità idrica per le viti.

Nei terreni trattati con zeolite lo stress idrico manifestato dalle piante potrebbe dunque risultare inferiore, poiché l'acqua è trattenuta dalla struttura dell'argilla e rilasciata gradualmente (Cataldo et al, 2021). Altra possibilità è legata ai trattamenti vaporizzati sui vegetali: la patina biancastra che si posa sulla vegetazione, infatti, ha gli stessi benefici riportati dai trattamenti con il caolino: la barriera fisica che si crea sembrerebbe infatti utile a ridurre la conduttanza stomatica e dunque, la perdita di acqua sotto forma di vapore.

1.3 Estratti di Alghe (*Ascophyllum nodosum*)

L'alga *Ascophyllum nodosum*, anche conosciuta come “Alga norvegese” è un'alga bruna appartenente alla famiglia delle Fucaceae, unica specie del genere *Ascophyllum* (Figura 1.3). Cresce abitualmente nei mari freddi, come le coste dell'oceano Atlantico settentrionale, a largo dell'Irlanda e della Norvegia. L'alga norvegese è caratterizzata da filamenti più o meno lunghi e vesciche caratteristiche a forma di uovo (Wikipedia). Per essere utilizzata in agricoltura è estratta naturalmente dalle coste e sottoposta a processi di minima trasformazione (per non alterarne le proprietà) e confezionamento.



Figura 1.3 Alga Ascophyllum Nodosum (fonte foto Wikipedia)

Per evitare la perdita dei fitormoni, la pratica di estrazione consigliata è quella che pone le alghe ad elevate pressioni; estrazioni a caldo o mediante solventi chimici sono invece sconsigliate, perché provocano la perdita dell'attività funzionale di ormoni ed enzimi. L'*Ascophyllum nodosum* è attualmente acquistabile in polvere, fiocchi, liquido concentrato o liquido miscelato con altri nutrienti.

Essa è stata recentemente oggetto di molte attività di ricerca poiché promette numerosi ambiti di applicazione.

Nello specifico in agricoltura quest'alga bruna è apprezzata ed usata perché considerata biostimolante; è ricca di polisaccaridi, macroelementi (azoto, fosforo e potassio) e microelementi (ferro, zinco, manganese, boro, molibdeno, rame, etc...), antiossidanti (polifenoli, xantofille, carotenoidi), enzimi, sostanze ormonali (fitormoni) e regolatori naturali come citochinine, auxine, giberelline, fitoalessine, betaine, etc..., è in grado infatti di migliorare lo stato sanitario e la resa delle colture sulle quali è applicata, grazie all'azione che ha nei confronti di alcuni processi fisiologici come l'assorbimento e il trasporto dei nutrienti, dunque favorisce la crescita radicale e aerea delle piante, e tutti i processi alla base delle fasi fenologiche di fioritura, allegagione, crescita e maturazione dei frutti.

Altra proprietà fondamentale è quella di favorire la tolleranza a stress biotici e abiotici attivando le difese naturali delle piante (acido jasmonico, salicilico, protossido d azoto, etc...) (van Oosten et al., 2017).

Nonostante questi prodotti a base d'alghe siano di origine naturale, la presenza di ormoni contenuti in essi ne impone un uso moderato, rispettando delle dosi precise, per evitare stimoli negativi dall'eccesso di ormoni come le giberelline e le auxine.

1.3.1 Estratti di alghe contro gli stress estivi

In viticoltura una delle problematiche maggiori derivanti dal cambiamento climatico è la necessità di spingersi a vendemmie sempre più anticipate, per evitare che il grado zuccherino delle uve s'innalzi oltre i livelli desiderati per il singolo progetto vitivinicolo. Questo anticipo nella vendemmia però, nelle cultivar a bacca rossa, spesso comporta che le uve raccolte non siano ancora mature dal punto di vista fenolico, provocando dunque uno squilibrio dei parametri tecnologici del raccolto.

L'uso delle alghe *Ascophyllum nodosum*, grazie alla loro attività biostimolante, sembra essere uno strumento vincente per favorire un ottimale sviluppo dei polifenoli stimolando il metabolismo responsabile della loro biosintesi e proteggendone la degradazione foto-ossidativa (Frioni et al., 2021).

Capitolo 2

STUDI RIGUARDANTI L'USO DEI PRODOTTI CONTRO GLI STRESS ESTIVI

2.1 Studi sul caolino

Il caolino è da anni al centro di studi per dimostrare la sua efficacia contro gli stress che il vigneto può subire a causa dei cambiamenti climatici.

Una delle sue caratteristiche principali è la riflettanza nei confronti della luce: infatti permette alla radiazione fotosinteticamente attiva di arrivare alle cellule, mentre riflette radiazioni UV e infrarossi potenzialmente dannose, riducendo la temperatura della vegetazione e il rischio di scottature solari (Shellie et al., 2013).

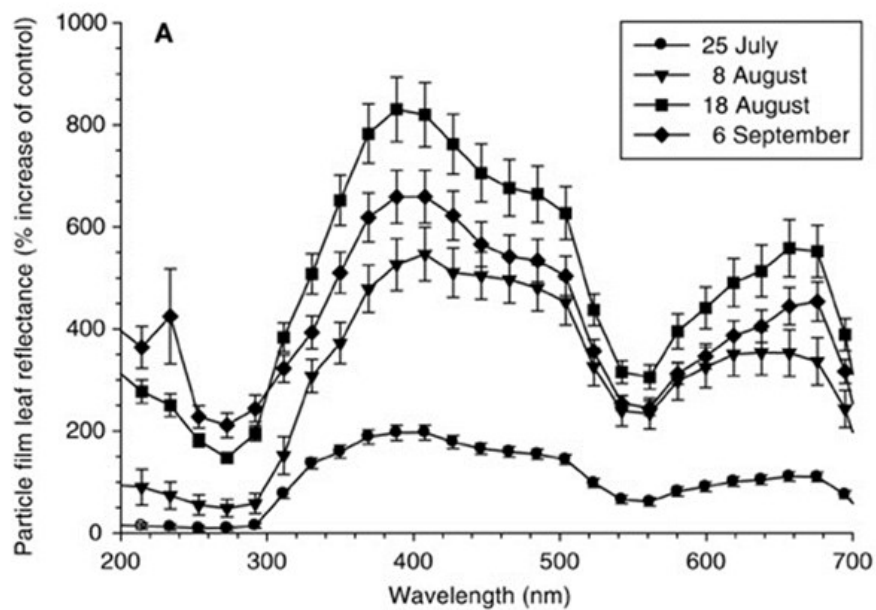


Figura 2.1 Riflettanza superficie delle foglie trattate con caolino (Fonte Shellie et al., 2013)

Nel lavoro di Shellie, et al. (2013), svolto all'Università di Idhao Parma (Stati Uniti d'America), per un triennio su viti irrigate di Malbec (clone 6), il caolino veniva applicato subito dopo l'allegagione (in dose di 60 g/L in 950 L/ha sospensione acquosa) per tre applicazioni settimanali usando uno spruzzatore a spalla. Nello studio la riflettanza fogliare, su viti trattate con caolino, aumentava con applicazioni successive del prodotto ed avevano una riflessione maggiore da due a nove volte rispetto al controllo nelle lunghezze d'onda dell'UV (da 315 a 400 nm) e visibile (da 400 a 700 nm) (Figura 2.1).

Nel 2018 il Centro di ricerca e Tecnologia Agro-ambientale e delle scienze biologiche ha pubblicato i risultati di prove, effettuate nel biennio 2012 e 2013 nella zona “Quinta do Vallado” regione di Douro, Portogallo basate sul confronto tra viti trattate con caolino e viti controllo (non trattate) di una varietà portoghese, la Touriga Nacional (*Vitis vinifera* L.), per verificare come i trattamenti influenzavano il contenuto idrico, i livelli di fotosintesi e i danni ossidativi. In questa prova l'applicazione del caolino era stata effettuata dopo l'invasatura, con una concentrazione di caolino pari al 5%.

Da tali studi è risultato che quest'argilla può essere un valido alleato per abbassare la temperatura della vegetazione fino al 18% (1-6 °C), contribuisce ad alzare il potenziale idrico delle foglie e massimizza l'efficienza fotosintetica del PSII. Due mesi dopo l'applicazione, nelle piante trattate con caolino, la fotosintesi netta ($10,8 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ vs $7,43 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ a giugno 2012; $7,85 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ vs $4,19 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ a settembre 2012 e $9,14 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ vs $3,96 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ nel 2013) e la conduttanza stomatica sono aumentate rispetto al controllo. I valori più bassi di P_n e g_s nelle piante di controllo al mattino e a mezzogiorno hanno suggerito che il declino di P_n potrebbe essere correlato a limitazioni stomatiche che sono strettamente associate al potenziale idrico fogliare inferiore. La regolazione dell'apertura stomatica limita l'ingresso di CO_2 nelle foglie e di conseguenza porta ad una diminuzione di P_n a causa della ridotta disponibilità di CO_2 (Centritto et al. 2005). Inoltre, la Traspirazione (E) era anche più bassa nelle piante di controllo, il che è in stretta associazione con la variazione di g_s , come riportato da Poni et al. (2009) (Tabella 2.1). Le piante trattate hanno, inoltre, aumentato la riflettanza fotochimica, la produzione di pigmenti fotosintetici (clorofilla e carotenoidi), proteine solubili, zuccheri e amido, mentre il contenuto dei polifenoli totali è diminuito (Tabella 2.2). Inoltre, la resa in uva in tali piante è aumentata rispetto al controllo del 15-16% (Dinis et al., 2018).

Tabella 2.1 Effetti dell'applicazione del caolino su conduttanza stomatica (g_s , $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), assimilazione netta di CO_2 (P_n , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), efficienza intrinseca dell'uso dell'acqua (P_n/g_s , $\mu\text{mol mol}^{-1}$), rapporto tra concentrazione di CO_2 intercellulare e concentrazione di CO_2 ambientale (C_i/C_a) e tasso di traspirazione (E , $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) in luglio (una settimana dopo l'applicazione del caolino) e settembre (due mesi dopo l'applicazione del caolino) nel biennio 2012 e 2013 (Fonte Dinis et al., 2018).

	g_s	P_n	P_n/g_s	C_i/C_a	E	g_s	P_n	P_n/g_s	C_i/C_a	E
July 2012	Morning					Midday				
Control	199.7	7.43	57.8	0.688	3.79	99.8	5.92	60.8	0.659	3.16
Kaolin	165.5	10.8	65.8	0.640	4.39	123.0	7.80	64.8	0.631	3.81
Significance	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
September 2012	Morning					Midday				
Control	47.5 ^a	4.19 ^a	80.2	0.493	2.20	30.2 ^a	2.65 ^a	85.1	0.555	1.49 ^a
Kaolin	93.6 ^b	7.85 ^b	88.5	0.543	2.73	45.9 ^b	3.98 ^b	87.1	0.544	2.02 ^b
2013										
Control	67.8 ^a	3.96 ^a	57.4 ^{a*}	0.675 ^{a*}	3.46 ^{a*}	35.9 ^a	1.87 ^a	46.6 ^{a*}	0.755 ^{a*}	1.12 ^a
Kaolin	132 ^{b*}	9.14 ^b	71.7 ^{b*}	0.588 ^b	5.42 ^{b*}	69.7 ^{b*}	6.58 ^{b*}	96.4 ^b	0.515 ^b	2.27 ^b
Two-way ANOVA (<i>p</i> -values)										
Treatment	<0.001	<0.001	0.039	0.533	0.010	<0.001	<0.001	0.027	0.016	<0.001
Year	0.035	0.552	0.001	0.001	<0.001	0.003	0.119	0.193	0.088	0.738
Treatment × year	0.494	0.398	0.565	0.028	0.117	0.05	0.007	0.039	0.025	0.086

*I valori sono presentati come media, n = 8 per trattamento. L'analisi statistica è stata eseguita utilizzando l'ANOVA fattoriale a due vie. Lettere minuscole diverse rappresentano differenze significative tra il trattamento (controllo vs. caolino), nello stesso anno, e * rappresenta differenze significative tra gli anni all'interno dello stesso trattamento ($p < 0,05$).*

Tabella 2.2 Concentrazione di zuccheri solubili (SS), amido (St), fenoli totali (TP), proteine solubili (SP) e totale concentrazione di sostanze reattive all'acido tiobarbiturico (TBARS) nelle foglie, quantificata a settembre 2012 e 2013, dopo applicazione di caolino in luglio. I valori sono presentati come media (n = 6 per trattamento) (Fonte Dinis et al., 2018).

	SS [mg g ⁻¹ (DM)]	St [mg g ⁻¹ (DM)]	TP [mg g ⁻¹ (DM)]	SP [mg g ⁻¹ (DM)]	TBARS [μmol g ⁻¹ (DM)]
July 2012					
Control	110.7	19.7 ^a	316.0 ^a	79.2 ^a	10.8 ^a
Kaolin	117.8	10.3 ^b	236.8 ^b	64.8 ^b	8.55 ^b
2013					
Control	183.5 [*]	20.9	308.2	69.5 [*]	6.10 [*]
Kaolin	197.9 [*]	19.0 [*]	301.9 [*]	71.2 [*]	5.98
Two-way ANOVA (p-values)					
Treatment	0.228	0.046	0.012	0.031	0.536
Year	<0.001	0.010	0.078	<0.001	0.043
Treatment × year	0.679	0.004	0.029	<0.001	0.491
September 2012					
Control	145.4	42.3 ^a	268.0	103.0	4.96
Kaolin	180.7	79.0 ^b	285.2	146.3	4.73
2013					
Control	197.5 ^{a*}	16.4 [*]	364.7 ^{a*}	128.0 ^{a*}	5.93 ^a
Kaolin	227.3 ^{b*}	17.5 [*]	292.8 ^{b*}	204.8 ^{b*}	5.13 ^b
Two-way ANOVA (p-values)					
Treatment	0.020	<0.001	0.119	0.049	0.041
Year	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.283
Treatment × year	0.832	<0.001	0.049	0.461	0.648

*L'analisi statistica è stata eseguita utilizzando l'ANOVA fattoriale a due vie. Lettere minuscole diverse rappresentano differenze significative tra il trattamento (controllo vs. caolino), nello stesso anno, e * rappresenta differenze significative tra gli anni all'interno dello stesso trattamento (p<0,05).*

L'Università Cattolica del Sacro Cuore ha condotto uno studio nel 2017 riguardante l'influenza del caolino su viti adulte di Sangiovese, allevate in vaso e sottoposte a stress idrico. In questo studio, le piante sono state trattate con caolino prima dell'invasatura. Tutte le viti sono state irrigate quando si è raggiunto un valore di potenziale idrico tra 1,3 e 1,6 MPa.

È stato osservato che nel periodo di mancanza di acqua le viti trattate con caolino hanno dimostrato temperature medie inferiori di circa 2,7 °C (fino all'irrigazione) rispetto al controllo, mentre in condizioni idriche ottimali la temperatura delle viti trattate è risultata più alta rispetto al controllo (+1,4 °C). Questo dimostra che l'efficacia del caolino nell'abbassamento della temperatura della vegetazione è strettamente legata a condizioni (idriche) di stress. Le foglie trattate con caolino hanno accumulato un minor numero di ore a $T > 30^{\circ}\text{C}$, preservato la funzione fogliare ed evitato surriscaldamenti eccessivi. I dati raccolti dallo studio riguardo lo scambio di CO_2 e i parametri riguardanti la fluorescenza della clorofilla sono a supporto della teoria secondo la quale il caolino sembra uno strumento molto efficace per preservare l'integrità fotosintetica in condizioni di stress idrico elevato; infatti, le viti trattate hanno mantenuto valori di assimilazione della CO_2 maggiori e una maggiore efficienza d'uso dell'acqua. Il potenziale idrico non è stato influenzato dal trattamento in questo studio. I parametri tecnologici delle uve delle piante trattate e del controllo (Tabella 2.3), al momento della raccolta, sono stati simili per quanto riguarda il pH (variabile tra 3,54 e 3,72), il contenuto di malati e tartrati, mentre il contenuto totale di antociani (1,13 mg/g vs 1,02 mg/g nelle viti irrigate e 1,02 mg/g vs 0,84 mg/g nelle viti stressate) e polifenoli totali è risultato maggiore nelle uve di viti trattate (si sono ottenute dunque uve più colorate a parità di contenuto zuccherino) (Frioni et al., 2019).

Tabella 2.3 Effetti del caolino sulla composizione del frutto di viti stressate e ben irrigate. TSS: solidi solubili; TA: Acidità titolabile; C-WW: controllo ben irrigato; KL-WW: viti trattate e ben irrigate; C-WS: controllo stressato; KL-WS: viti trattate e stressate (Fonte Frioni et al., 2019).

	TSS ¹ (°Brix)	pH	TA ¹ (g/L)	Malic acid (g/L)	Tartaric acid (g/L)	Anthocyanins (mg/g)	Phenolic substances (mg/g)
Treatment ²							
C-WW	22.0 ³	3.57	4.31	0.72	7.40	1.02 ab	3.22 ab
KL-WW	22.8	3.54	4.24	0.76	7.37	1.13 a	3.98 a
C-WS	22.7	3.72	4.56	0.89	7.28	0.84 b	2.52 b
KL-WS	21.5	3.57	4.18	0.91	7.55	1.02 ab	2.82 ab

Lettere diverse indicano differenze significative per $P < 0,05$ (Student-Newman-Keuls test); assenza di lettere significa nessuna differenza tra i trattamenti.

Un altro studio, effettuato nel biennio 2017 e 2018 in due regioni portoghesi:

- i) Regione delimitata del Douro (“Quinta do Orgal” vigneto commerciale: 41° 04' N, 7° 04' W, 169 m), nel nord-est del Portogallo, denominato come «Douro»,
- ii) Regione delimitata dell'Alentejo (“Herdade do Esporão”, 38° 23' N, 7° 33' O, 220 m), nella parte sud-est del paese, denominato "Alentejo".

Ha avuto lo scopo di valutare come il caolino potesse influenzare le performance fisiologiche e i bilanci ormonali, su due varietà di vite rossa, Touriga-Franca (TF) e Touriga-Nacional (TN), in due regioni con due mesoclimi differenti.

Entrambe le annate sono state caratterizzate da ondate di calore (due nel 2017) in ambedue le regioni. Come dimostrato dagli studi precedenti i trattamenti fogliari a base di caolino (al 5%) si sono confermati un valido alleato nei confronti degli stress estivi.

Le viti hanno evidenziato una maggiore efficienza dell'uso dell'acqua, maggiori valori di assimilazione del carbonio e un maggiore contenuto degli zuccheri solubili nelle foglie (Figura 2.2).

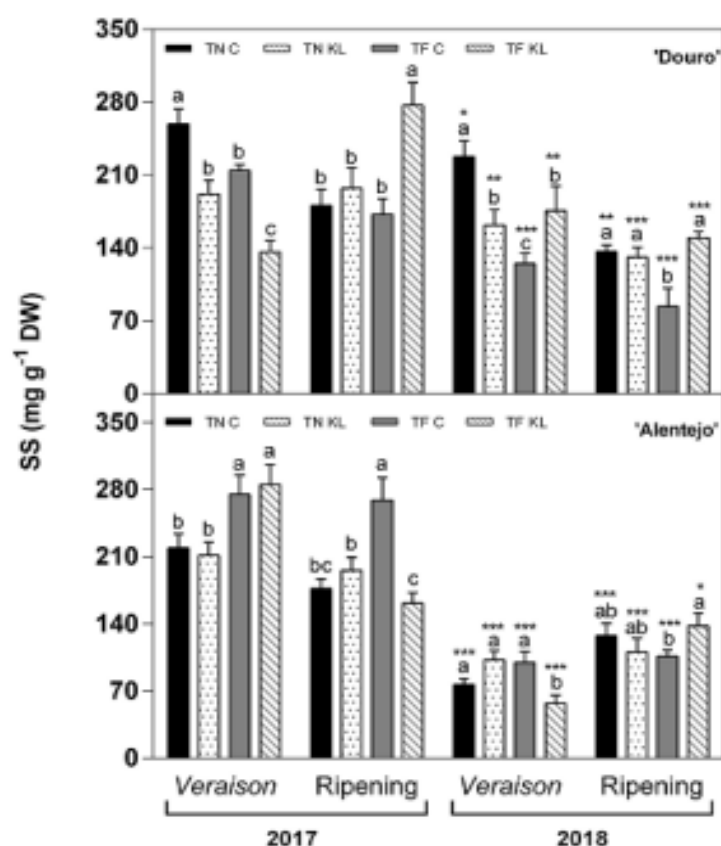


Figura 2.2 Contenuto totale di zuccheri solubili (SS) fogliari nelle foglie di vite «Douro» e «Alentejo» (controllo Touriga Nacional – TN C e caolino – TN KL; controllo Touriga-

Franca – TF C e caolino – TF KL) allo stadio di invaiatura e maturazione nel biennio 2017 e 2018.

*I dati sono media $\pm$ SD di tre repliche. Lettere minuscole diverse rappresentano differenze significative tra trattamenti e varietà all'interno di ciascuna fase di sviluppo e anno di campionamento. *** $p < 0,001$, ** $p < 0,01$ e * $p < 0,05$ rappresentano differenze significative tra gli anni di campionamento (2017 vs 2018) all'interno di ciascuna varietà, trattamento e stadio di sviluppo (Fonte Bernardo et al., 2021).*

Minore è stato invece l'accumulo dei regolatori di crescita delle piante (differente in base ad annata e varietà) come l'acido abscissico (Figura 2.3), l'acido salicilico e l'acido 3-indolacetico, responsabili della chiusura stomatica. È dunque stata dimostrata l'efficacia del caolino nel favorire un migliore status idrico (Bernardo et al., 2021).

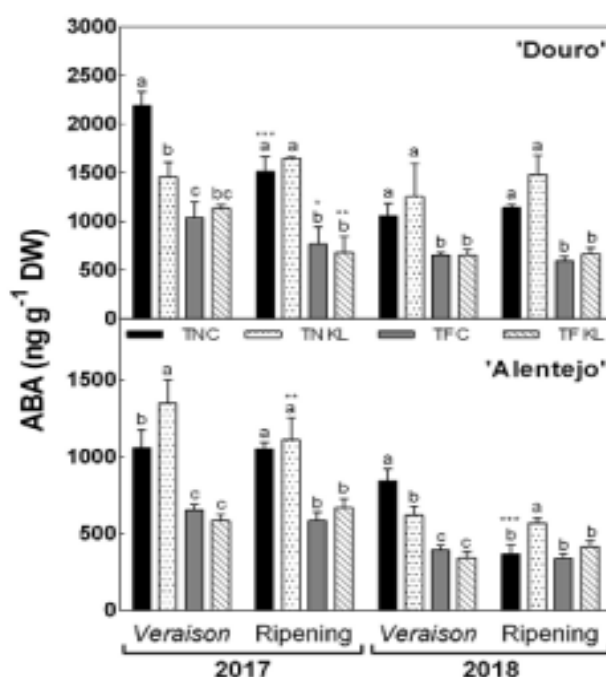


Figura 2.3 *Contenuto di Acido Abscissico (ABA) nelle foglie di vite «Douro» e «Alentejo» (controllo Touriga Nacional – TN C e caolino – TN KL; controllo Touriga-Franca – TF C e caolino – TF KL) nel biennio 2017 e 2018.*

*I dati sono media $\pm$ SD di tre repliche. Lettere minuscole diverse rappresentano differenze significative tra trattamenti e varietà all'interno di ciascuna fase di sviluppo e anno di campionamento. *** $p < 0,001$, ** $p < 0,01$ e * $p < 0,05$ rappresentano differenze significative tra gli anni di campionamento (2017 vs 2018) all'interno di ciascuna varietà, trattamento e stadio di sviluppo (Bernardo et al., 2021).*

Un'ulteriore ricerca riguardante varie tecniche di adattamento agli stress è stata effettuata da Cataldo et al, (2022), nel biennio 2020 e 2021, su viti di varietà Sauvignon Blanc di 5 anni a San Miniato, in Italia. Le viti trattate con caolino erano confrontate con viti controllo e viti a cui erano applicate reti fotoselettive con percentuale di ombreggiamento del 30% e 70%, per un totale di 4 tesi. Le viti trattate con caolino hanno mostrato una minore suscettibilità alla fotoinibizione grazie alla maggiore efficienza del fotosistema II (tra 6,91 e 10,97 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ nel mese di agosto 2020 e tra 4,78 e 5,31 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ nel mese di agosto 2021), minore temperatura fogliare e minori perdite di acqua (Tabella 2.4).

Tabella 2.4 Fotosintesi netta (Pn), conduttanza stomatica (gs), efficienza nell'uso dell'acqua (eWUE) e temperatura fogliare (Tleaf), delle viti controllo, trattate con caolino e ombreggiate da reti (30% e 70%). Le misurazioni sono state effettuate a piena invaiatura (10 agosto 2020 e 4 agosto 2021), a metà maturazione, (21 agosto 2020 e 19 agosto 2021) e raccolta (31 agosto 2020 e 24 agosto 2021) (Fonte Cataldo et al., 2022).

Stage	Pn ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)				gs ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)			
	SD30%	SD70%	K	CTRL	SD30%	SD70%	K	CTRL
10 August 2020	4.21 $\pm$ 1.24 c	3.36 $\pm$ 1.34 c	6.91 $\pm$ 3.16 b	8.29 $\pm$ 2.40 a	129.10 $\pm$ 30.44 c	120.24 $\pm$ 12.82 c	167.50 $\pm$ 27.63 a	142.40 $\pm$ 24.10 b
21 August 2020	3.42 $\pm$ 1.03 b	2.21 $\pm$ 0.37 c	10.97 $\pm$ 4.10 a	10.40 $\pm$ 1.31 a	145.65 $\pm$ 27.87 ab	139.35 $\pm$ 33.54 b	154.21 $\pm$ 27.31 a	156.00 $\pm$ 32.11 a
31 August 2020	3.61 $\pm$ 1.95 c	1.52 $\pm$ 0.29 d	8.40 $\pm$ 1.31 b	9.76 $\pm$ 2.11 a	148.00 $\pm$ 13.12 a	140.4 $\pm$ 21.22 a	148.40 $\pm$ 31.31 a	152.8 $\pm$ 35.51 a
4 August 2021	2.44 $\pm$ 1.10 bc	1.66 $\pm$ 0.34 c	4.78 $\pm$ 1.27 a	2.98 $\pm$ 0.98 b	100.50 $\pm$ 22.10 b	75.11 $\pm$ 5.23 c	131.40 $\pm$ 37.67 a	125.70 $\pm$ 31.07 a
19 August 2021	3.25 $\pm$ 1.01 b	1.71 $\pm$ 0.20 c	5.31 $\pm$ 1.55 a	4.05 $\pm$ 2.14 b	42.23 $\pm$ 15.01 a	44.62 $\pm$ 9.72 a	59.34 $\pm$ 21.00 a	48.75 $\pm$ 26.27 a
24 August 2021	2.95 $\pm$ 1.60 b	1.51 $\pm$ 1.57 c	4.93 $\pm$ 1.94 a	4.35 $\pm$ 2.14 a	41.30 $\pm$ 8.37 b	49.55 $\pm$ 2.13 b	63.50 $\pm$ 15.78 a	62.00 $\pm$ 55.18 a

Stage	eWUE ($\mu\text{mol CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$)				T leaf ($^{\circ}\text{C}$)			
	SD30%	SD70%	K	CTRL	SD30%	SD70%	K	CTRL
10 August 2020	1.67 $\pm$ 1.38 b	1.28 $\pm$ 1.46 b	3.33 $\pm$ 0.75 a	3.10 $\pm$ 1.12 a	32.17 $\pm$ 0.84 ab	31.88 $\pm$ 2.68 b	32.27 $\pm$ 0.86 a	32.48 $\pm$ 2.58 a
21 August 2020	2.81 $\pm$ 0.88 c	2.05 $\pm$ 0.42 c	4.02 $\pm$ 0.66 b	5.80 $\pm$ 0.32 a	31.71 $\pm$ 1.37 a	31.11 $\pm$ 1.13 a	31.89 $\pm$ 0.95 a	31.99 $\pm$ 0.62 a
31 August 2020	2.00 $\pm$ 1.37 a	2.33 $\pm$ 1.12 a	2.13 $\pm$ 1.67 a	2.14 $\pm$ 1.05 a	20.94 $\pm$ 0.68 a	20.27 $\pm$ 1.92 a	20.96 $\pm$ 0.96 a	20.93 $\pm$ 1.41 a
4 August 2021	1.03 $\pm$ 0.77 ab	0.84 $\pm$ 0.91 b	1.59 $\pm$ 1.52 a	1.87 $\pm$ 0.82 a	34.32 $\pm$ 0.60 b	32.95 $\pm$ 1.01 d	33.61 $\pm$ 0.68 c	35.89 $\pm$ 0.66 a
19 August 2021	2.39 $\pm$ 0.32 ab	1.35 $\pm$ 0.52 c	3.22 $\pm$ 1.30 a	2.09 $\pm$ 1.00 b	36.16 $\pm$ 0.48 b	35.88 $\pm$ 1.31 bc	35.32 $\pm$ 0.37 c	38.38 $\pm$ 0.81 a
24 August 2021	2.64 $\pm$ 0.51 a	0.70 $\pm$ 1.35 b	2.86 $\pm$ 1.10 a	2.09 $\pm$ 1.56 a	36.93 $\pm$ 1.06 b	34.52 $\pm$ 2.65 c	35.06 $\pm$ 1.59 c	39.20 $\pm$ 1.13 a

I dati (media $\pm$ SE, n = 10) sono stati sottoposti ad ANOVA unidirezionale. Lettere diverse indicano differenze significative (test LSD, $p \leq 0,05$).

I mosti ottenuti dalle piante di controllo hanno mostrato valori di pH più alti, segnale che il trattamento può aiutare a preservare gli acidi naturalmente presenti nelle bacche.

Le uve delle piante trattate con caolino associato a reti fotoselettive hanno presentato un grado zuccherino più basso, un maggiore peso delle bacche (maggiori rese) (Tabella 2.5) e maggiore contenuto dei precursori tiolici rispetto al controllo. Anche in questo caso, il caolino è stato un ottimo strumento per ottenere produzioni più abbondanti, ritardate ed equilibrate, con una conseguente produzione di vini bianchi meno alcolici e più aromatici (Cataldo et al., 2022).

Tabella 2.5 Contenuto di zucchero ($^{\circ}\text{Brix}$), acidità totale (TA), pH e peso dell'acino delle viti controllo, trattate con caolino e ombreggiate da reti (30% e 70%). Le misurazioni sono state effettuate a piena invaiatura (10 agosto 2020 e 4 agosto 2021), a metà maturazione, (21 agosto 2020 e 19 agosto 2021) e raccolta (31 agosto 2020 e 24 agosto 2021) (Fonte Cataldo et al., 2022).

Stage	Sugar Content ($^{\circ}\text{Brix}$)				TA (g L^{-1} Tartaric Acid)			
	SD30%	SD70%	K	CTRL	SD30%	SD70%	K	CTRL
10 August 2020	12.88 $\pm$ 0.35 a	12.85 $\pm$ 0.15 a	12.35 $\pm$ 0.12 a	13.31 $\pm$ 0.25 a	13.35 $\pm$ 0.22 a	13.54 $\pm$ 0.68 a	13.23 $\pm$ 0.28 a	11.17 $\pm$ 0.73 b
21 August 2020	15.95 $\pm$ 0.70 ab	15.00 $\pm$ 0.47 b	15.80 $\pm$ 0.45 ab	16.00 $\pm$ 0.55 a	9.55 $\pm$ 0.23 b	10.00 $\pm$ 0.43 ab	10.30 $\pm$ 0.26 a	9.05 $\pm$ 0.12 b
31 August 2020	18.58 $\pm$ 0.42 b	18.25 $\pm$ 0.15 b	18.02 $\pm$ 0.37 b	19.82 $\pm$ 0.09 a	7.22 $\pm$ 0.50 b	8.41 $\pm$ 0.53 a	8.15 $\pm$ 0.40 ab	7.20 $\pm$ 0.33 b
4 August 2021	14.95 $\pm$ 0.15 a	13.54 $\pm$ 0.32 b	13.88 $\pm$ 0.30 b	15.18 $\pm$ 0.50 a	12.11 $\pm$ 0.47 ab	12.64 $\pm$ 0.46 a	12.60 $\pm$ 0.41 a	11.30 $\pm$ 0.33 b
19 August 2021	18.40 $\pm$ 0.32 a	17.21 $\pm$ 0.22 b	17.36 $\pm$ 0.25 b	18.72 $\pm$ 0.25 a	6.48 $\pm$ 0.20 b	8.00 $\pm$ 0.15 a	7.90 $\pm$ 0.10 a	6.44 $\pm$ 0.35 b
24 August 2021	21.72 $\pm$ 0.22 a	19.00 $\pm$ 0.33 c	20.40 $\pm$ 0.41 b	22.46 $\pm$ 0.20 a	4.22 $\pm$ 0.02 b	5.91 $\pm$ 0.07 a	6.16 $\pm$ 0.08 a	4.04 $\pm$ 0.04 b
Stage	pH				Berry Weight (g)			
	SD30%	SD70%	K	CTRL	SD30%	SD70%	K	CTRL
10 August 2020	2.94 $\pm$ 0.05 a	3.01 $\pm$ 0.08 a	2.95 $\pm$ 0.07 a	3.00 $\pm$ 0.07 a	1.34 $\pm$ 0.13 a	1.27 $\pm$ 0.11 a	1.31 $\pm$ 0.13 a	1.15 $\pm$ 0.15 a
21 August 2020	3.30 $\pm$ 0.06 a	3.21 $\pm$ 0.10 a	3.18 $\pm$ 0.11 a	3.20 $\pm$ 0.03 a	1.54 $\pm$ 0.27 a	1.51 $\pm$ 0.17 a	1.49 $\pm$ 0.14 a	1.51 $\pm$ 0.29 a
31 August 2020	3.28 $\pm$ 0.04 a	3.25 $\pm$ 0.11 a	3.22 $\pm$ 0.06 a	3.55 $\pm$ 0.07 a	1.77 $\pm$ 0.07 a	1.71 $\pm$ 0.80 a	1.73 $\pm$ 0.16 a	1.69 $\pm$ 0.13 a
4 August 2021	3.01 $\pm$ 0.08 a	3.09 $\pm$ 0.07 a	3.08 $\pm$ 0.11 a	3.26 $\pm$ 0.11 a	0.95 $\pm$ 0.21 b	1.11 $\pm$ 0.18 ab	1.28 $\pm$ 0.12 a	0.88 $\pm$ 0.09 b
19 August 2021	3.21 $\pm$ 0.07 a	3.16 $\pm$ 0.05 a	3.30 $\pm$ 0.04 a	3.33 $\pm$ 0.12 a	1.27 $\pm$ 0.15 b	1.54 $\pm$ 0.12 a	1.49 $\pm$ 0.08 a	1.33 $\pm$ 0.08 b
24 August 2021	3.24 $\pm$ 0.10 b	3.28 $\pm$ 0.07 b	3.46 $\pm$ 0.05 ab	4.02 $\pm$ 0.09 a	1.30 $\pm$ 0.07 b	1.51 $\pm$ 0.11 a	1.44 $\pm$ 0.08 a	1.27 $\pm$ 0.12 b

2.2 Studi sulla Zeolite

La zeolite può essere utilizzata come trattamento di copertura sulla vegetazione o direttamente sul terreno, grazie alle sue proprietà migliorative del suolo; proprio in quest'ultima modalità è stata utilizzata per lo studio svolto dal 2019 al 2021 a San Miniato in Toscana, Italia (Cataldo et al., 2021). I trattamenti sono stati compiuti su un vigneto di varietà Sanforte (*Vitis vinifera* L.) piantato nel 2018, mettendo a confronto 2 tesi di lavorazione del suolo:

- i. Vigneto lavorato con Zeowine (30t/ha): zeolite (30%) addizionata a sostanza organica derivante dal compostaggio degli scarti della filiera enologica (raspi, polpa d'uva, vinacce, etc...). Il trattamento è stato fatto a febbraio nell'intero appezzamento e poi interrato di circa 30cm di profondità.
- ii. Vigneto trattato con compost (20t/ha)

I risultati ottenuti in tre anni di studi hanno evidenziato livelli di attività fotosintetica molto più alti e di conduttanza stomatica tendenzialmente maggiori nelle viti soggette a lavorazione del suolo con zeolite rispetto a quelle in cui è stato usato il compost nel periodo più caldo, inoltre la temperatura fogliare nelle viti trattate con compost è stata maggiore rispetto alla tesi zeolite (Figura 2.4).

La zeolite sembra, inoltre, aver influito positivamente sullo stato idrico delle viti, poiché quelle sottoposte a gestione del suolo con compost, sono state caratterizzate da un potenziale idrico più negativo (cioè un maggiore stress) rispetto alle viti sottoposte a gestione del suolo con uso della Zeowine.

Alla vendemmia, le analisi tecnologiche non hanno evidenziato grandi differenze per valori di pH e acidità, mentre il contenuto zuccherino (espresso in °Brix) è risultato più alto nelle uve da viti della tesi con zeolite, probabilmente grazie al più elevato livello di fotosintesi (a causa della mancata fotoinibizione rispetto alle viti della tesi compost) (Tabella 2.6). In questa tesi, le uve sono, inoltre, risultate molto più ricche in antociani totali ed estraibili rispetto al controllo (Tabella 2.7). Interessante è anche la resa produttiva: le viti trattate con Zeolite sembrerebbero aver prodotto grappoli più pesanti (0,19 kg vs 0,15 kg alla vendemmia 2020; 0,21 kg vs 0,18 kg alla vendemmia 2022) e in maggior numero (a pianta), con un conseguente aumento della resa produttiva, 0,98 kg/vite contro 0,88 kg/vite nel 2020 e 1,25 kg/vite contro 0,88 kg/vite nel 2021 (Tabella 2.8).

In sostanza la zeolite applicata al suolo insieme al compost è stata utile a trattenere acqua e scambiare nutrienti con il suolo, dando alle viti una maggiore forza per superare lo stress

idrico e migliorare la produzione sia qualitativamente che quantitativamente (Cataldo et al.; 2021).

Figura 2.4 Conduttanza stomatica (g_s , $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), ((A), 2019; (C), 2020; (E) 2021) e temperatura fogliare ($^{\circ}\text{C}$) ((B), 2019; (D), 2020; (F), 2021) in *Vitis vinifera* con due diverse gestioni del suolo: Zeowine (Z, linea verde) e Compost (C, linea marrone). Lettere diverse all'interno dello stesso parametro indicano differenze significative (Fonte Cataldo et al., 2021).

I dati (media $\pm$ SE, $n = 12$) sono stati sottoposti ad ANOVA unidirezionale (test LSD, $P \leq 0,05$)

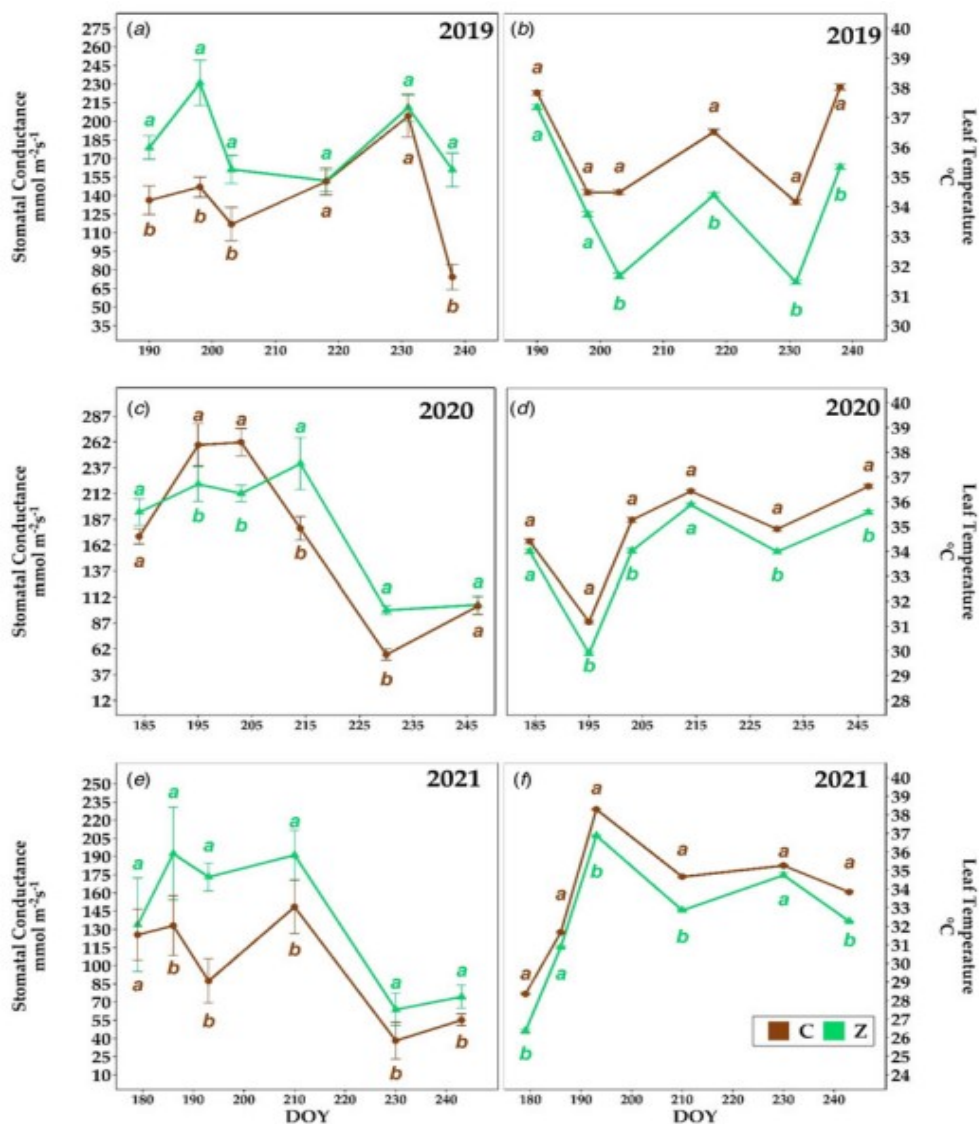


Tabella 2.6 Contenuto zuccherino (°Brix), acidità titolabile (TA), pH e peso dell'acino di uve di Sanforte, provenienti da filari trattati con due diverse gestioni del suolo: Zeowine (Z) e Compost (C) (Fonte Cataldo et al., 2021)

Survey date	Sugar content (°Brix)		TA (mg/l Tartaric acid)	
	Z	C	Z	C
3 August 2020	17.00 ± 0.06a	16.00 ± 0.09b	10.80 ± 0.02a	10.40 ± 0.04b
17 August 2020	22.05 ± 1.00a	22.80 ± 0.08a	8.60 ± 0.03b	8.90 ± 0.02a
3 September 2020	22.25 ± 0.04a	21.05 ± 0.06b	7.12 ± 0.06a	7.00 ± 0.06a
8 September 2020	27.25 ± 0.05a	25.85 ± 0.03b	6.52 ± 0.02b	6.65 ± 0.05a
29 July 2021	17.40 ± 0.01a	16.80 ± 0.03a	12.60 ± 0.02b	13.8 ± 0.05a
18 August 2021	20.20 ± 0.04a	19.10 ± 0.03b	10.20 ± 0.04b	11.20 ± 0.03a
31 August 2021	24.80 ± 0.07a	23.40 ± 0.05b	8.10 ± 0.04b	9.20 ± 0.06a
10 September 2021	26.12 ± 0.02a	25.68 ± 0.08b	7.70 ± 0.02a	7.66 ± 0.07a
Survey date	pH		Berry weight (g)	
	Z	C	Z	C
3 August 2020	2.95 ± 0.01a	2.90 ± 0.01a	1.45 ± 0.05a	1.92 ± 0.07b
17 August 2020	3.21 ± 0.01a	3.14 ± 0.01b	1.71 ± 0.04b	2.03 ± 0.02a
3 September 2020	3.29 ± 0.02a	3.29 ± 0.01a	2.25 ± 0.04a	1.97 ± 0.08b
8 September 2020	3.41 ± 0.02a	3.39 ± 0.02b	1.95 ± 0.02a	1.59 ± 0.05b
29 July 2021	2.91 ± 0.01a	2.89 ± 0.01a	1.78 ± 0.03a	1.80 ± 0.05a
18 August 2021	3.01 ± 0.01a	2.99 ± 0.02a	1.73 ± 0.04a	1.25 ± 0.02b
31 August 2021	3.12 ± 0.02b	3.22 ± 0.01a	1.40 ± 0.06a	1.11 ± 0.03b
10 September 2021	3.40 ± 0.01a	3.36 ± 0.01b	1.60 ± 0.05a	1.22 ± 0.07b

I dati (media ± SE, n = 12) sono stati sottoposti ad ANOVA unidirezionale. Lettere diverse all'interno dello stesso parametro e riga indicano differenze significative (test LSD, P ≤ 0,05) (Fonte Cataldo et al., 2021).

Tabella 2.7 *Contenuto in antociani totali (Tot. Anth.), antociani estraibili (Extr. Anth.), polifenoli totali (Tot. Polyp.) e polifenoli estraibili (Extr. Polyp.) delle bacche di Sanforte trattate con due diverse gestioni del suolo: Zeowine (Z) e Compost (C).*

Survey date	Total anthocyanin (mg/l)		Extractable anthocyanin (mg/l)	
	Z	C	Z	C
3 August 2020	505.75 ± 15.06a	498.75 ± 22.54a	264.25 ± 12.80a	262.50 ± 20.10a
17 August 2020	848.75 ± 31.45a	803.25 ± 13.90b	379.75 ± 24.66a	350.55 ± 11.74a
3 September 2020	965.45 ± 17.75a	810.49 ± 24.31b	570.61 ± 28.90a	460.00 ± 24.89b
8 September 2020	1042.2 ± 22.87a	844.34 ± 32.78b	610.45 ± 25.76a	485.13 ± 27.87b
29 July 2021	297.50 ± 21.77a	269.50 ± 11.57a	122.50 ± 12.74a	113.75 ± 10.21a
18 August 2021	810.25 ± 33.80a	586.25 ± 15.90b	375.00 ± 20.70a	241.50 ± 18.29b
31 August 2021	938.00 ± 25.55a	745.50 ± 23.56b	350.00 ± 18.33a	290.50 ± 16.33b
10 September 2021	715.05 ± 18.49a	632.80 ± 31.43b	312.9 ± 23.78a	252.00 ± 22.15b
Survey date	Total polyphenol (mg/l)		Extractable polyphenol (mg/l)	
	Z	C	Z	C
3 August 2020	2188.81 ± 40.01a	2041.55 ± 48.65b	2046.63 ± 25.65a	1977.66 ± 27.32a
17 August 2020	1725.22 ± 37.80b	2011.09 ± 33.12a	1724.20 ± 30.13b	1864.97 ± 12.54a
3 September 2020	2025.25 ± 39.45b	2156.90 ± 35.15a	1783.87 ± 28.34a	1708.34 ± 29.04a
8 September 2020	1940.31 ± 42.57a	1976.26 ± 39.76a	1535.61 ± 22.10b	1613.36 ± 23.05a
29 July 2021	2003.47 ± 45.31a	1894.31 ± 35.50b	1835.91 ± 37.41a	1488.10 ± 20.50b
18 August 2021	1757.21 ± 35.25a	1543.95 ± 32.22b	1455.09 ± 34.21a	1401.78 ± 24.37a
31 August 2021	1635.34 ± 38.32a	1450.01 ± 37.41b	1137.74 ± 28.16b	1312.92 ± 28.25a
10 September 2021	1540.90 ± 40.75a	1338.81 ± 39.55b	1434.27 ± 27.72a	1183.95 ± 28.50b

I dati (media ± SE, n = 12) sono stati sottoposti ad ANOVA unidirezionale. Lettere diverse all'interno dello stesso parametro e riga indicano differenze significative (test LSD, $P \leq 0,05$) (Fonte Cataldo et al., 2021).

Tabella 2.8 *Peso grappolo (kg), resa/ceppo (kg) e numero di grappolo/ceppo della cv Sanforte, trattata con due diverse gestioni del suolo: zeowine (Z) e compost (C).*

Survey date	N° cluster/vine		Cluster weight (kg)		Yield/vine (kg)	
	Z	C	Z	C	Z	C
8/9/2020	5.26 ± 0.06a	4.80 ± 0.04b	0.19 ± 0.06a	0.15 ± 0.08b	0.98 ± 0.03a	0.88 ± 0.04b
10/9/2021	6.00 ± 0.03a	6.60 ± 0.07a	0.21 ± 0.07a	0.18 ± 0.07b	1.25 ± 0.05a	0.88 ± 0.03b

Lettere diverse all'interno dello stesso parametro indicano differenze significative. I dati (media ± SE, n = 12) sono stati sottoposti ad ANOVA unidirezionale (test LSD, $P \leq 0,05$)(Fonte Cataldo et al., 2021)

Date le sue interessanti caratteristiche, la Zeolite è stata messa a confronto con il Caolino in uno studio effettuato da Valentini et al. (2021) tra il 2019 e il 2020 a Bologna, su viti di 7 anni di cultivar Sangiovese (*Vitis vinifera* L.).

Per questo studio sono state formulate 3 tesi:

- i. Controllo (costituito da viti non trattate)
- ii. Viti trattate con Caolino (CAO)
- iii. Viti trattate con Chabasiti (Zeoliti) (ZEO)

I trattamenti con i minerali sono stati effettuati irrorandoli sull'intera superficie fogliare per 2 volte intorno l'invasatura, con soluzioni al 3% di concentrazione.

La ricerca è stata svolta al fine di valutare l'effetto dei due minerali sulla capacità di abbassare la temperatura dei frutti, sullo scambio di gas, sulla produzione e composizione delle uve.

Per quanto riguarda le temperature dei grappoli, sia le viti CAO che ZEO hanno registrato valori inferiori rispetto al controllo in entrambe le annate (Figura 2.5), mentre una riduzione della temperatura fogliare è stata registrata solo per l'anno 2019 in cui è stato più caldo. I risultati supportano l'ipotesi di Brillante et al. (2016) che ha riferito una significativa diminuzione della temperatura fogliare solo nelle annate calde in cui si verificano stress multipli estivi.

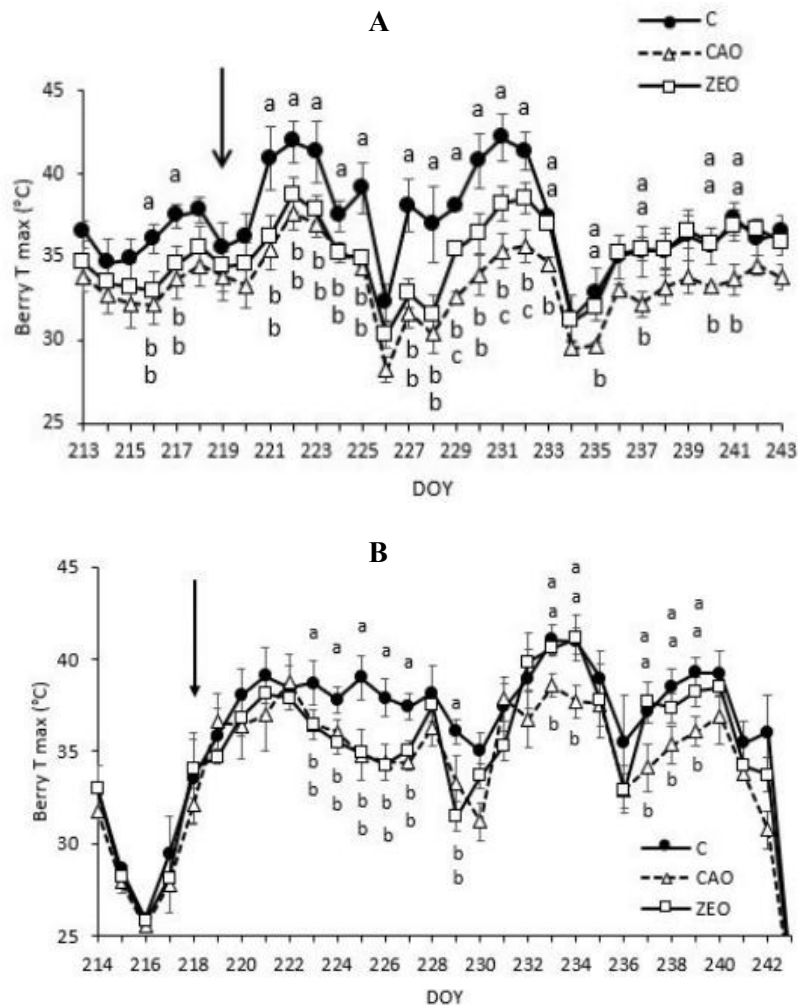


Figura 2.5 Andamento della temperatura degli acini (T_{max} °C) misurata con termosonde ad agosto 2019 (A) e agosto 2020 (B). I valori sono presentati come media $\pm$ errore standard (SE) ($n = 8$ per trattamento). Lettere diverse indicano differenze significative tra i trattamenti secondo il test di Tukey ($p \leq 0,05$). La freccia indica la data del secondo trattamento con le particelle minerali. (Fonte Valentini et al., 2021)

Essendo l'appezzamento caratterizzato da una buona capacità di assorbimento dell'acqua, non si sono verificati stress idrici e non si sono registrate variazioni sui livelli di scambio gassoso e della fotosintesi, ad eccezione delle piante trattate con caolino, confermando ciò che è stato documentato da vari autori: in condizioni di mancato stress idrico, il caolino tende a diminuire il tasso di assimilazione della CO₂ (Shellie et al., 2013; Dinis et al., 2018; Frioni et al., 2019; Cataldo et al., 2022); a differenza della zeolite che la mantiene a livelli alti.

I parametri tecnologici dei frutti non hanno evidenziato differenze importanti riguardo le rese produttive, il contenuto di solidi solubili e il pH; l'acidità è stata più alta nelle viti trattate con caolino, pari a 7,22 g/L nel 2019 e 7,17 g/L nel 2020, rispetto al controllo (6,84 g/L e 6,79 g/L rispettivamente nel 2019 e nel 2020) e zeolite (6,65 g/L e 6,76 g/L rispettivamente nel 2019 e 2020), mentre il contenuto di antociani è stato superiore sia nei test CAO che ZEO (intorno a 600 mg/kg nel 2019 e intorno a 700 mg/kg nel 2020) rispetto il controllo (Tabella 2.9).

Ne consegue che entrambi i minerali sono in grado di favorire un aumento di composti fenolici come gli antociani, poiché ne favoriscono la biosintesi e impediscono la degradazione enzimatica causata dalle alte temperature. Le uve trattate con questi minerali sono state classificate come più intensamente colorate, dall'intenso aroma fruttato e dotate di una migliore struttura rispetto le uve prodotte dal controllo.

Un'importante differenza riguarda la persistenza di questi prodotti sulle superfici fogliari: il film protettivo del caolino è risultato più persistente rispetto a quello generato dalla zeolite, e ciò si è tradotto in un più prolungato effetto "rinfrescante" nei confronti di foglie e grappoli. È probabilmente grazie alla sua maggiore persistenza che le uve CAO alla vendemmia avevano un'acidità maggiore rispetto alle ZEO, poiché l'efficacia dello 'schermo solare' è stata più duratura (Valentini et al., 2021).

Tabella 2.9 Parametri produttivi e qualitativi registrati nelle viti di Sangiovese sottoposte a trattamenti con Caolino (CAO), Chabasite (ZEO) e viti di controllo (C) nel 2019 e 2020.

Vintage	Treatment	Yield per Vine (kg) ¹	Bunch Weight (g)	Berry Mass (g)	Soluble Solids (°Brix)	pH	Total Acidity (g/L)	Total Anthocyanins (mg/kg)
2019	C	5.82 ^a	338 ^a	2.54 ^a	20.0 ^a	3.5 ^a	6.84 ^b	509 ^b
	CAO	5.36 ^a	317 ^a	2.54 ^a	20.6 ^a	3.4 ^a	7.22 ^a	603 ^a
	ZEO	5.46 ^a	327 ^a	2.42 ^a	20.7 ^a	3.4 ^a	6.65 ^b	618 ^a
2020	C	4.57 ^a	326 ^a	2.79 ^a	21.9 ^a	3.5 ^a	6.79 ^b	613 ^b
	CAO	4.21 ^a	292 ^a	2.77 ^a	21.8 ^a	3.4 ^a	7.17 ^a	710 ^a
	ZEO	4.59 ^a	332 ^a	2.71 ^a	21.9 ^a	3.4 ^a	6.76 ^b	692 ^a

Lettere diverse in una colonna per un determinato anno indicano differenze significative dopo il test di analisi statistica Tukey ($p \leq 0,05$) (Fonte Valentini et al., 2021).

2.3 Studi sugli Estratti di alga *Ascophyllum Nodosum*

L'estratto di alga bruna *Ascophyllum* spp. è considerato un biostimolante (Figura 2.6), poiché grazie ai regolatori della crescita in esso contenuto (Auxine, Citochine e loro derivati) permette di migliorare la crescita delle piante e la loro produttività, andando a modificare gli equilibri ormonali e ad aumentare il metabolismo secondario delle piante (Samuels et al., 2022).

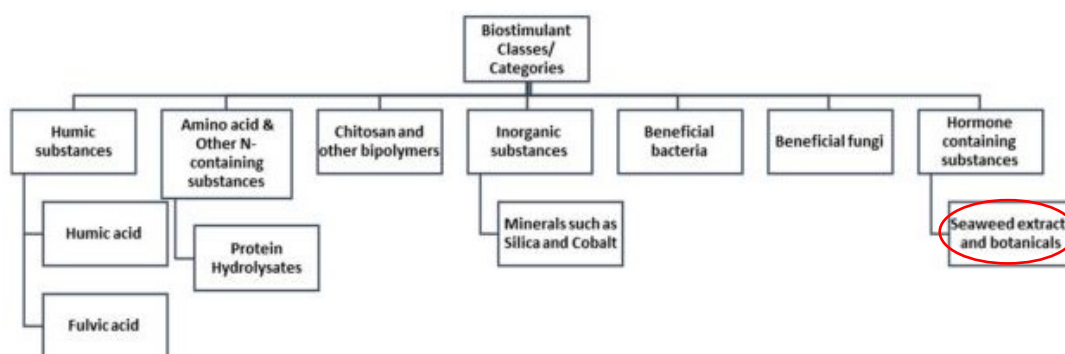


Figura 2.6 Classi di biostimolanti (Samuels et al.,2022)

L'applicazione dei biostimolanti può essere fogliare (spray) o al terreno e proprio su questa differenza si basa lo studio condotto nel 2014 presso la serra del Dipartimento dell'Orticoltura nella Michigan State University da Frioni et al. (2021) dove 24 viti di 2 anni di Pinot Nero (*Vitis vinifera* L.) sono state cresciute in serra in vasi da 30L e assegnate casualmente a sei trattamenti (4 viti a trattamento) in base a condizioni idriche e trattamento:

- i. Controllo ben irrigato (WW-C)
- ii. Viti con trattamento fogliare ben irrigate (WW-ANEfl)
- iii. Viti con trattamento al suolo ben irrigate (WW-ANEsI)
- iv. Controllo con stress idrico (WS-C)
- v. Viti con trattamento fogliare e stress idrico (WS-ANEfl)
- vi. Viti con trattamento al suolo e stress idrico (WS-ANEsI)

Tutte le viti sono state irrigate giornalmente con 3L di acqua fino agli inizi di giugno, dopo questa data alle viti WS non è stata più rifornita acqua. I trattamenti con estratto di alga sono

stati ripetuti sei volte durante la stagione sulle piante campione (tranne il controllo) con le seguenti modalità:

- ANEfl: estratto diluito in acqua deionizzata e addizionata di un tensioattivo e poi distribuito con pompa a mano;
- ANEsl: estratto diluito nei 3L di acqua di irrigazione giornaliera.

I risultati di questo test non hanno mostrato grandi differenze riguardo la crescita delle viti tra il controllo e le trattate sia in condizioni di stress idrico che con irrigazione; le viti sottoposte a stress idrico hanno sviluppato una superficie fogliare molto limitata, intorno ai 0,3 m² per vite, rispetto a quelle irrigate e l'ANEfl ha influenzato significativamente l'area fogliare (meno sviluppata rispetto le tesi WS-C e WS-ANEsl) e incrementato la percentuale di sostanza secca fogliare (42% per le viti irrigate e 56% per le stressate) se comparata ai rispettivi controlli (Tabella 2.10)

Tabella 2.10 Effetti dell'applicazione fogliare (ANEfl) e al suolo (ANEsl) di *Ascophyllum nodosum* sulla superficie fogliare e sui parametri vegetativi di viti ben irrigate (WW) e sottoposte a stress idrico (WS).

(Fonte Frioni et al.,2021)

Treatment	Vine leaf area (m ²)	Specific leaf area (cm ² /g)	Leaf dry matter (%)	Leaf soluble sugars (mg/g DW)	Cane ^a soluble sugars (mg/g DW)	Roots ^b soluble sugars (mg/g DW)	Roots ^b starch (mg/g DW)
WW-C ^d	0.461 a ^c	74.34 bc	38 c	80.89 b	96.12	56.32	146.11
WW-ANEsl	0.466 a	72.45 bc	37 c	89.18 b	98.57	61.12	132.12
WW-ANEfl	0.409 a	81.24 b	42 b	111.83 a	95.11	58.32	129.99
WS-C	0.318 b	96.23 a	48 b	76.58 b	77.12	40.23	118.89
WS-ANEsl	0.302 b	91.13 a	52 ab	88.91 b	79.18	51.31	122.11
WS-ANEfl	0.269 b	81.21 b	56 a	103.88 a	81.33	50.12	103.32
W	***	**	ns	ns	ns	ns	ns
ANE	ns	*	*	***	ns	ns	ns
W x ANE	ns	***	ns	ns	ns	ns	ns

^a Internode between nodes.2-3.

^b Fine roots about 2 mm diam.

^c Different letters indicate significant difference per P < 0.05 (SNK test). ns = not significant; * P < 0.05, **P < 0.01, ***P < 0.005.

^d WW = well-watered, WS = water stressed, C = untreated controls, ANEfl = multiple ANE foliar sprays, ANEsl = multiple ANE soil drench. W = water regime; ANE = *A. nodosum* extract application.

Controllo ben irrigato (WW-C), viti con trattamento fogliare ben irrigate (WW-ANEfl), viti con trattamento al suolo ben irrigate (WW-ANEsl), controllo con stress idrico (WS-C), viti con trattamento fogliare e stress idrico (WS-ANEfl), viti con trattamento al suolo e stress idrico (WS-ANEsl)

Lettere diverse indicano differenze significative per * p < 0,005, ** p < 0,01 e * p < 0,05**

Il trattamento fogliare con ANE effettuato sulle piante stressate, sembra essere stato efficace per mantenere i livelli di fotosintesi più alti rispetto al controllo, che a causa della mancanza di acqua ha diminuito la sua efficienza fotosintetica; inoltre ha ristabilito il livello di scambio gassoso delle foglie nel momento in cui queste sono state re-irrigate (Figura 2.7).

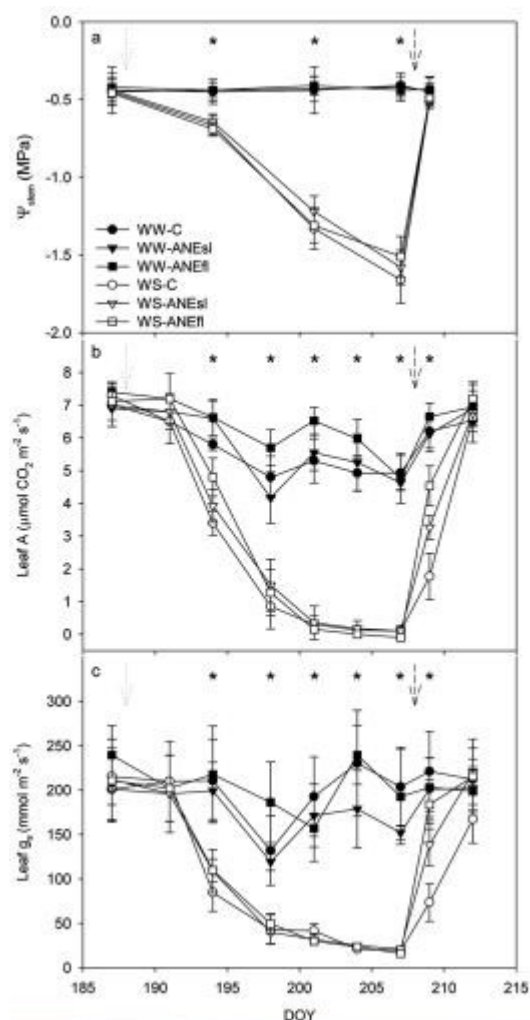


Figura 2.7 Potenziale idrico dello stelo (Ψ_{stem}), tassi di assimilazione fogliare (Leaf A) e conduttanza stomatica fogliare (g_s) in risposta all'applicazione dell'estratto (ANE) e diverso regime idrico. Le barre verticali rappresentano errori standard ($n = 3$ per Ψ_{stem} , $n = 4$ per foglia A e g_s). Gli asterischi indicano una differenza significativa tra i trattamenti entro la data ($P < 0,05$). La freccia punteggiata indica l'imposizione di stress idrico e la freccia tratteggiata indica la re-irrigazione.

WW = ben irrigato, WS = stress idrico, C = controlli non trattati, ANEfl = irrorazioni fogliari ANE, ANEsl = trattamento con ANE nel suolo (Fonte Frioni et al., 2021).

Il trattamento fogliare è risultato dunque più efficace del trattamento al suolo per quanto riguarda il miglioramento delle performances fisiologiche della vite sia in condizioni di stress idrico che non. Entrambi i trattamenti sono stati inefficaci a prevenire la chiusura stomatica ad un livello di stress idrico elevato, ma il trattamento fogliare ha ritardato fenomeni di fotoinibizione non reversibile, preservando il funzionamento fotochimico (tramite la protezione del fotosistema II) delle foglie (Frioni et al., 2021).

Un altro studio sull'uso di estratti di alga su vite è stato effettuato nel 2018 e 2019 in Iran, nella provincia di Qom, in questa zona le piogge e l'umidità sono sempre molto basse, mentre le temperature molto alte. Il vigneto utilizzato per la ricerca è costituito da viti di 10 anni, della varietà 'Yaghouti'. Lo studio è stato condotto da Irani et al., (2021) utilizzando diversi biostimolanti (tra cui l'estratto di alga) per rilevarne gli effetti sulla produzione e qualità, sia in condizioni di terreno ben irrigato che di stress idrico. Le diverse tesi formulate:

- i. Controllo (CON)
- ii. Viti trattate in copertura con amminoacidi (allo 0,5% di concentrazione, due trattamenti) (AA)
- iii. Viti trattate con acidi umici insieme all'acqua d'irrigazione (20g a vite, due trattamenti) (HA)
- iv. Viti trattate in copertura con uno spray a base di acidi fulvici (allo 0,5% di concentrazione, due trattamenti) (FA)
- v. Viti trattate in copertura con estratto di alga (allo 0,5% di concentrazione, due trattamenti) (SE)

A causa dello stress idrico, le viti hanno prodotto bacche con peso medio inferiore rispetto al controllo. Tuttavia, tutte le piante trattate con biostimolanti, soprattutto quelle trattate con l'estratto d'alga, hanno prodotto acini più pesanti rispetto al controllo (52 g vs 42g per le viti irrigate e 45g vs 24g per le viti stressate), permettendo maggiori rese produttive (10 kg vs 9 kg per le viti irrigate e 9kg vs 6kg per le viti stressate). In condizioni ottimali, invece, gli acini più pesanti sono stati quelli della tesi AA (Tabella 2.10).

Le viti trattate con i biostimolanti, hanno mostrato dei valori di acidità titolabile inferiore e aumentato il contenuto dei solidi solubili totali rispetto ai valori del controllo (Tabella 2.11).

Tabella 2.11 Influenza dei biostimolanti sulla resa dei frutti e sulla qualità delle uve di varietà "Yaghouti" in condizioni irrigue (WW) e di stress idrico (DS). (fonte Irani et al., 2021)

Irrigation regimes	Biostimulants	Weight of 20 berries (g)	Yield vine ⁻¹ (kg)	TA (g L ⁻¹)	TSS (Brix)
WW	CON	42.32 ± 1.52 cd	9.50 ± 0.43 c	5.43 ± 0.20 b	16.73 ± 0.63 f
	AA	61.56 ± 1.45 a	11.63 ± 0.35 a	4.66 ± 0.15 c	20.23 ± 0.34 cd
	HA	52.23 ± 2.30 b	10.43 ± 0.40 b	4.11 ± 0.44 e	19.31 ± 0.16 de
	FA	53.45 ± 2.08 b	10.76 ± 0.32 b	4.10 ± 0.10 e	19.37 ± 0.28 de
	SE	55.41 ± 0.57 b	10.86 ± 0.32 b	4.04 ± 0.10 e	18.72 ± 1.80 e
DS	CON	24.00 ± 2.64 g	6.70 ± 0.34 f	5.75 ± 0.11 a	19.70 ± 0.52 de
	AA	33.73 ± 3.56 f	7.63 ± 0.70 e	4.81 ± 0.17 c	21.20 ± 0.20 bc
	HA	39.83 ± 0.76 de	8.10 ± 0.36 de	4.70 ± 0.41 c	21.41 ± 0.27 b
	FA	38.33 ± 1.55 e	8.40 ± 0.52 de	4.46 ± 0.16 d	21.70 ± 0.20 ab
	SE	45.00 ± 2.60 c	9.26 ± 0.37 c	4.10 ± 0.15 e	22.70 ± 0.34 a
Significance					
Irrigation regime		**	*	*	**
Biostimulants		**	**	**	**
Irrigation regime x biostimulants		**	**	*	**

*Lettere diverse indicano differenze significative per *** $p < 0,005$, ** $p < 0,01$ e * $p < 0,05$*

Sebbene lo stress da siccità abbia avuto un effetto negativo sul contenuto di clorofilla della vite, questo effetto è stato alleviato dall'applicazione dei biostimolanti, in particolare SE. Inoltre, lo stress causato dalla siccità ha contribuito a innalzare il contenuto di acido abscissico (ABA), prolina, fenoli totali, carboidrati solubili (tabella 2.12), perossido di idrogeno (H₂O₂) e malondialdeide (MDA), insieme all'aumento dell'attività degli enzimi guaiacolo perossidasi (GPX) e catalasi (CAT) (tabella 2.13). Con l'applicazione di biostimolanti (soprattutto SE), l'accumulo di ABA, prolina, fenolo totale e carboidrati solubili e l'attività degli enzimi antiossidanti è aumentata ulteriormente, mentre il livello di MDA e H₂O₂ nelle viti stressate si è abbassato.

Tabella 2.12 Influenza dei biostimolanti sulle concentrazioni di ABA, prolina, fenoli totali, carboidrati solubili e proteine solubili delle foglie di vite cv. "Yaghouti" in condizioni irrigue (WW) e di stress idrico (DS) (Fonte Irani et al., 2021)

Irrigation regimes	Biostimulants	ABA concentration (nmol g FW ⁻¹)	Proline (μmol g FW ⁻¹)	Total phenol (mg g FW ⁻¹)	Soluble carbohydrates (mg g FW ⁻¹)	Soluble proteins (mg g FW ⁻¹)
WW	CON	18.32 ± 0.54 d	1.24 ± 0.08 e	3.31 ± 0.03 e	26.26 ± 0.83 f	4.44 ± 0.26 d
	AA	18.20 ± 0.87 d	1.88 ± 0.10 d	4.91 ± 0.11 d	37.76 ± 1.56 de	5.85 ± 0.18 ab
	HA	18.26 ± 0.51 d	1.74 ± 0.11 d	4.63 ± 0.41 d	35.90 ± 0.62 e	5.35 ± 0.20 c
	FA	18.26 ± 0.53 d	1.72 ± 0.12 d	4.67 ± 0.15 d	36.60 ± 0.45 e	5.47 ± 0.20 bc
	SE	17.85 ± 0.37 d	1.83 ± 0.13 d	4.87 ± 0.15 d	37.06 ± 0.92 e	5.99 ± 0.10 a
DS	CON	35.36 ± 1.51 c	3.62 ± 0.10 c	6.62 ± 0.10 c	39.66 ± 1.52 d	2.36 ± 0.04 f
	AA	38.06 ± 2.00 b	3.80 ± 0.15 b	6.84 ± 0.04 bc	49.03 ± 1.95 b	3.65 ± 0.47 e
	HA	36.46 ± 1.50 bc	3.86 ± 0.17 b	6.89 ± 0.13 bc	46.56 ± 1.20 c	3.33 ± 0.13 e
	FA	36.06 ± 0.90 c	3.94 ± 0.16 b	6.93 ± 0.12 b	46.53 ± 0.83 c	3.34 ± 0.17 e
	SE	40.30 ± 0.70 a	4.29 ± 0.19 a	7.37 ± 0.16 a	51.46 ± 1.92 a	3.45 ± 0.30 e
Significance						
Irrigation regime		**	**	*	**	**
Biostimulants		**	**	**	**	**
Irrigation regime x biostimulants		**	**	**	**	*

Lettere diverse indicano differenze significative per *** $p < 0,005$, ** $p < 0,01$ e * $p < 0,05$

Tabella 2.13 Influenza dei biostimolanti sulle concentrazioni di H₂O₂ e MDA e sulle attività GPX e CAT delle foglie di vite cv. "Yaghouti" in condizioni di buon adacquamento (WW) e stress idrico (DS) (Fonte Irani et al., 2021)

Irrigation regimes	Biostimulants	H ₂ O ₂ concentration (μmol g FW ⁻¹)	MDA concentration (μmol g FW ⁻¹)	GPX activity (units mg ⁻¹ protein)	CAT activity (units mg ⁻¹ protein)
WW	CON	1.44 ± 0.12 c	1.54 ± 0.19 bc	2.37 ± 0.14 e	0.95 ± 0.05 e
	AA	1.01 ± 0.11 d	1.12 ± 0.04 d	3.75 ± 0.36 d	1.30 ± 0.09 d
	HA	0.98 ± 0.09 d	1.34 ± 0.16 cd	3.44 ± 0.19 d	1.16 ± 0.05 d
	FA	0.91 ± 0.08 d	1.33 ± 0.12 cd	3.44 ± 0.14 d	1.22 ± 0.09 d
	SE	0.79 ± 0.13 d	1.20 ± 0.07 d	3.63 ± 0.30 d	1.12 ± 0.02 de
DS	CON	2.30 ± 0.09 a	2.25 ± 0.14 a	4.57 ± 0.12 c	2.27 ± 0.05 c
	AA	1.70 ± 0.22 b	1.73 ± 0.26 b	5.91 ± 0.06 a	3.24 ± 0.11 a
	HA	1.71 ± 0.16 b	1.68 ± 0.14 b	5.46 ± 0.12 b	3.11 ± 0.12 a
	FA	1.76 ± 0.13 b	1.76 ± 0.14 b	5.52 ± 0.18 b	2.92 ± 0.09 b
	SE	1.27 ± 0.08 c	1.34 ± 0.02 cd	6.11 ± 0.21 a	2.75 ± 0.25 b
Significance					
Irrigation regime		*	**	*	**
Biostimulants		**	**	**	**
Irrigation regime x biostimulants		**	**	**	**

Lettere diverse indicano differenze significative per *** $p < 0,005$, ** $p < 0,01$ e * $p < 0,05$

CONCLUSIONI

Questo elaborato si è focalizzato sull'uso del caolino, la zeolite e gli estratti di alga usati allo scopo di aiutare la viticoltura in un contesto climatico in continuo cambiamento. L'uso delle diverse tecniche si può considerare un valido aiuto in tutte le zone dove la coltivazione della vite è tradizione, ma che a causa delle condizioni di stress imposte dal clima, sta diventando sempre più complicata e meno remunerativa a causa della diminuzione delle rese produttive.

Le sostanze trattate in questa tesi possono dunque essere utilizzate come strategia di adattamento a breve termine in viticoltura, ci consentono infatti una risposta rapida e sono flessibili, cioè utilizzabili anche a stagione inoltrata, solamente nel caso in cui si verifichi lo stress.

Questi prodotti hanno tutti una caratteristica in comune: sono di origine organica, naturali e non impattano nell'ambiente; sono infatti utilizzabili senza controindicazioni e permessi anche in regimi di agricoltura biologica. I loro residui non lasciano tracce pericolose per la salute, motivo per il quale non è necessario rispettare tempi di carenza, ma si può procedere con la vendemmia delle uve in qualsiasi momento.

Tra tutti, il caolino è sicuramente quello più studiato e testato in campo. La sua efficacia è stata dimostrata a diverse latitudini e con le più disparate condizioni (climatiche, di coltivazione, etc). Tra i suoi principali pregi ricordiamo la sua capacità di ridurre la temperatura fogliare aumentando la riflettanza nei confronti di radiazioni UV e raggi infrarossi, il film che crea sulla patina fogliare agisce infatti come una “crema solare” e preserva le cellule da fenomeni di fotoinibizione (= efficienza fotosintetica maggiore) e scottature dei grappoli. Le viti trattate con caolino mostrano inoltre e minori sintomi di stress idrico perché l'argilla contribuisce a ridurre la conduttanza stomatica e dunque le perdite di acqua per evapotraspirazione. Le produzioni dalle piante trattate con caolino nei vari studi analizzati sono risultate mediamente più elevate rispetto al controllo con concentrazioni zuccherine minori e maggiori concentrazioni di proteine solubili e sostanze aromatiche e coloranti (polifenoli totali e antociani).

La zeolite invece dagli studi riportati si è rivelata molto utile a combattere gli stress idrici, grazie alla sua capacità di assorbire e trattenere acqua, per poi rilasciarla gradualmente, infatti può essere applicata direttamente nel terreno o in alternativa può essere applicata in copertura, in questo caso assicura performances simili al caolino, creando un film biancastro sulla vegetazione può ridurre la temperatura fogliare, anche se dagli studi precedenti e questi riportati, la sua efficacia sembra associata esclusivamente alla presenza di stress multipli. La zeolite a differenza del caolino in condizioni di mancato stress idrico non sembra diminuire il tasso di assimilazione della CO₂, che si mantiene alta (Shellie et al., 2013; Dinis et al., 2018; Frioni et al., 2019; Cataldo et al., 2022). Come il caolino, anche la zeolite tende a favorire bacche mediamente più pesanti rispetto alle viti non trattate e un maggiore accumulo di zuccheri e composti fenolici, quindi di uve più intensamente colorate e ricche in corpo e aromi primari.

Di più recente interesse è l'uso di estratti di alghe *Ascophyllum Nodosum*. Queste possono essere applicate con trattamenti fogliari o insieme all'acqua d'irrigazione e la loro efficacia è legata alla loro azione di biostimolanti. La concentrazione di ormoni, enzimi e regolatori di crescita in esse contenute, sembra infatti utile a stimolare diversi metabolismi interni della pianta, permettendo alle piante, in condizione di stress idrico, tassi di fotosintesi soddisfacenti rispetto alle viti non trattate. Le uve tendono ad essere più pesanti, con concentrazione zuccherina superiore e acidità titolabile inferiore rispetto alle viti non trattate. Anche a confronto con altri biostimolanti, l'*Ascophyllum* si è dimostrata la più efficace.

In conclusione possiamo sicuramente appurare l'efficacia di questi prodotti, che grazie alla loro versatilità si adattano a condizioni differenti, dando agli agricoltori una maggiore possibilità di scelta e dunque di adattabilità alle diverse necessità.

RINGRAZIAMENTI

In conclusione, vorrei ringraziare tutti i professori che mi hanno ispirata in questo percorso, ma soprattutto la Prof. Vania Lanari, mia relatrice, che è stata di fondamentale aiuto per raggiungere questo grande traguardo; grazie mille per la disponibilità, le preziose correzioni e per il tempo dedicatomi.

Inoltre vorrei ringraziare a chi mi ha sostenuta fuori dall'università....

A mamma e papà, da sempre le mie colonne portanti. Grazie per tutti i sacrifici, per l'amore e la volontà di comprendermi in tutti quei momenti in cui non mi sono capita neanche da sola. Grazie per aver reso ogni mio desiderio possibile, vi devo tutto.

A Dani, che ci ha creduto più di me e mi ha fatto credere nell'impossibile, è stato la spinta che mi serviva ogni volta che la mia convinzione iniziava a vacillare.

A Dani che è stato il più severo degli insegnanti, ma anche la leggerezza che mi serviva quando non ne potevo più di continuare. Che mi ha aiutata a brillare ed è stato sempre pronto a gratificarmi di ogni mio piccolo successo.

A Trilly, che se potesse parlare, a forza di sentirmi ripetere oggi indosserebbe anche lei una corona d'alloro; e Curi, che portandomi in groppa è sempre riuscito a farmi "staccare la spina" negli ultimi 13 anni.

A tutta la mia famiglia, fonte di gioia e amore.

A Chicca e la piccola Franci, i miei sorrisi.

Ai miei nonni, le mie stelle.

A Eli e Leti, amiche e sorelle sempre al mio fianco.

Non ultima a me, che nonostante tutte le battute d'arresto, non si sa come, ho trovato sempre la forza di continuare.

BIBLIOGRAFIA

- Bernardo, Sara & L-T, Dinis & Luzio, Ana & Machado, Nelson & Gonçalves, Alexandre & Vives-Peris, Vicente & Pitarch-Bielsa, Marta & Climent, María Fernanda & Malheiro, Aureliano & Correia, Carlos & Gómez-Cadenas, Aurelio & Moutinho Pereira, José. (2021). Optimising grapevine summer stress responses and hormonal balance by applying kaolin in two Portuguese Demarcated Regions. *OENO One*. 55. 207-222.
- Brillante, L., Belfiore, N., Gaiotti, F., Lovat, L., Sansone, L., Poni, S., & Tomasi, D., 2016. Comparing Kaolin and Pinolene to Improve Sustainable Grapevine Production during Drought. *PLOS ONE* | DOI: 10.1371/journal.pone.0156631, pp. 1-19
- Castellarin SD, Pfeiffer A, Sivilotti P, Degan M, Peterlunger E, Di Gaspero G. Transcriptional regulation of anthocyanin biosynthesis in ripening fruits of grapevine under seasonal water deficit. *Plant Cell Environ*. 2007 Nov;30(11):1381-99.
- Cataldo EC, Salvi LS, Paoli FP, Fucile MF, Masciandaro GM, Manzi DM, Masini CMM, Mattii GBM (2021). Effects of natural clinoptilolite on physiology, water stress, sugar, and anthocyanin content in Sanforte (*Vitis vinifera* L.) young vineyard. *The Journal of Agricultural Science* 1–12.
- Cataldo, E.; Fucile, M.; Mattii, G.B. Effects of Kaolin and Shading Net on the Ecophysiology and Berry Composition of Sauvignon Blanc Grapevines. *Agriculture* 2022, 12, 491.
- L.-T. Dinis, A.C. Malheiro, A. Luzio, H. Fraga, H. Ferreira, I. Gonçalves, G. Pinto, C.M. Correia, J. Moutinho-Pereira, 2018. Improvement of grapevine physiology and yield under summer stress by kaolin-foliar application: water relations, photosynthesis and oxidative damage. *Photosynthetica* 56 (2): 641-651, 2018
- Frioni Tommaso, Saracino Simone, Squeri Cecilia, Tombesi Sergio, Palliotti Alberto, Sabbatini Paolo, Magnanini Eugenio, Poni Stefano, 2019. Understanding kaolin effects on grapevine leaf and whole-canopy physiology during water stress and re-watering. *Journal of Plant Physiology* 242 (2019)

- Tommaso Frioni, Joshua VanderWeide, Alberto Palliotti, Sergio Tombesi, Stefano Poni, Paolo Sabbatini, Foliar vs. soil application of *Ascophyllum nodosum* extracts to improve grapevine water stress tolerance, (2021). *Scientia Horticulturae*, Volume 277, 109807
- Garrido, Andreia & Serôdio, João & De Vos, Ric & Conde, Artur & Cunha, Ana. (2019). Influence of Foliar Kaolin Application and Irrigation on Photosynthetic Activity of Grape Berries. *Agronomy*. 9. 685. 10.3390/agronomy9110685.
- Genovese M., Nuzzo V., Shackel K.A., Matthews M.A., 2010. Scottature solari su vite, come e quando insorgono e come evitarle. *L'informatore Agrarion*, 23: 45-50.
- Guidoni S., Ferrandino A. E Novello V., 2007. Influenza dell'esposizione dei grappoli alla luce sulla composizione polifenolica dell'uva. *Italus Hortus*, 14 (3): 199-203.
- Glenn, D.M., Prado, E., Erez, A., Mc Ferson, J., & Puterka, G.J., 2002. A reflective, processed kaolin particle film affects fruit temperature, radiation reflection, and solar injury in apple. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 127, 188-193.
- Irani, H., Valizadeh Kaji, B. & Naeini, M.R. Biostimulant-induced drought tolerance in grapevine is associated with physiological and biochemical changes. *Chem. Biol. Technol. Agric.* 8, 5 (2021).
- Knapp, L., Mazzi, D., & Finger, R. 2019. Management strategies against *Drosophila suzukii*: insights into Swiss grape growers choices. *Pest Management Science* 75 pp. 2820–2829.
- Lobos, G.A., Opazo, C.A., Moreno, A.G., Gómez, H.V., Taylor, J.A., & Laurie V.F., 2015. Effects of Kaolin-based particle film and fruit zone netting on Cabernet-Sauvignon grapevine physiology and fruit quality. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 49: pp. 137-144.
- Palliotti, A., Panara, F., Famiani, F., Sabbatini, P., Howell, G.S., Silvestroni, O., & Poni, S. 2013. Post veraison application of antitranspirant di-1-p-menthene to control sugar accumulation in Sangiovese grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture* 64(3), pp. 378-385.
- Palliotti, A., Tombesi, S., Silvestroni, O., Lanari, V., Gatti, M., & Poni, S., 2014. Changes in vineyard establishment and canopy management urged by earlier climate-related grape ripening: A review. *Scientia Horticulturae* 178, pp. 43-54.
- Palliotti, A., Poni, S., & Silvestroni, O., 2019. Stress estivi, Avversità non parassitarie della vite e cambiamento climatico. Pp. 39-86

- Samuels, L.J.; Setati, M.E.; Blancquaert, E.H. Towards a Better Understanding of the Potential Benefits of Seaweed Based Biostimulants in *Vitis vinifera* L. Cultivars. *Plants* 2022, 11, 348
- Shellie, K.C., & Glenn, D.M., 2008. Wine Grape Response to Kaolin Particle Film under Deficit and Well-Watered Conditions, *Proc. Vth IS on Irrigation of Hort. Crops*, eds.: I. Goodwin and M.G. O'Connell *Acta Hort.*792. ISHS, pp. 587-591.
- Shellie, K.C., & King, B.A., 2013. Kaolin Particle Film and Water Deficit Influence Malbec Leaf and Berry Temperature, Pigments, and Photosynthesis. *Am. J. Enol. Vitic.* 64:2, pp. 223-230
- 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. *Am J Enol Vitic* 53: pp. 171–182.
- Valentini, G.; Pastore, C.; Allegro, G.; Muzzi, E.; Seghetti, L.; Filippetti, I. Application of Kaolin and Italian Natural Chabasite-Rich Zeolitite to Mitigate the Effect of Global Warming in *Vitis vinifera* L. cv. Sangiovese. *Agronomy* 2021, 11, 1035
- Van Oosten, M. J., Pepe, O., de Pascale, S., Silletti, S., & Maggio, A. (2017). The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. In *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* (Vol. 4, Issue 1). Springer International Publishing.

SITOGRAFIA

<https://www.greenwine.it/it/blog/articolo/9/come-il-cambiamento-climatico-influenza-la-viticoltura/>

<https://www.rivistadiagraria.org/articoli/anno-2019/viticoltura-cambiamenti-climatici/>

<http://www.farmwithscience.org/it/programma-2014-2017/viticoltura/stress-idrico-della-vite-e-qualita-delluva-e-del-vino>

<https://www.asa-press.com/archivio/r-vita-della-vite/vite50.html>

<https://www.ortodacoltivare.it/insetticidi/polveri-roccia.html>

<https://agronotizie.imaginenetwork.com/difesa-e-diserbo/2021/03/23/vigneto-un-alleato-che-non-ti-aspetti-il-caolino/69704>

<https://difesapiante.com/blogs/soluzioni/zeolite-in-agricoltura>

<https://www.informatoreagrario.it/filiere-produttive/vitevino/uve-piu-equilibrate-con-la-zeolite-contro-lo-stress-idrico/>

<https://www.coltivazionebiologica.it/zeolite/>

[Ascophyllum nodosum - Ascophyllum nodosum - Wikipedia](#)

<https://www.ilgiardinocommestibile.it/suggerimenti/come-utilizzare-l-estratto-di-alga-ascophyllum-nodosum-sulle-piante/>

<https://www.fritegotto.it/Info-Aziende-AlgaeFeed-e-AlgaeGreen%2C-estratti-di-ALGHE-da-ascophyllum-nodosum/>

<https://agronotizie.imaginenetwork.com/fertilizzazione/2019/12/17/l-ascophyllum-nodosum-per-migliorare-la-maturazione-fenolica-delle-uve-a-bacca-nera/65306>

<https://doi.org/10.1186/s40538-017-0089-5>

Fonti immagini

[Vigneto inNova - Vigneto InNova \(edagricole.it\)](#)

<https://agronotizie.imaginenetwork.com/difesa-e-diserbo/2021/03/23/vigneto-un-alleato-che-non-ti-aspetti-il-caolino/69704>

[Ascophyllum nodosum - Ascophyllum nodosum - Wikipedia](#)