PREALPI SANBIAGIO
BANCA DI CREDITO COOPERATIVO
GRUPPO CASSA CENTRALE
CREDITO COOPERATIVO ITALIANO

Consorzio di Tutela
CONEGLIANO VALDOBBIADENE DOCG
PROSECCO SUPERIORE
DAL 1876

Il vigneto e il clima che cambia

Azioni di contrasto alle avversità climatiche per il Conegliano Valdobbiadene Prosecco

PREALPI SANBIAGIO
BANCA DI CREDITO COOPERATIVO
GRUPPO CASSA CENTRALE
CREDITO COOPERATIVO ITALIANO

Consorzio di Tutela

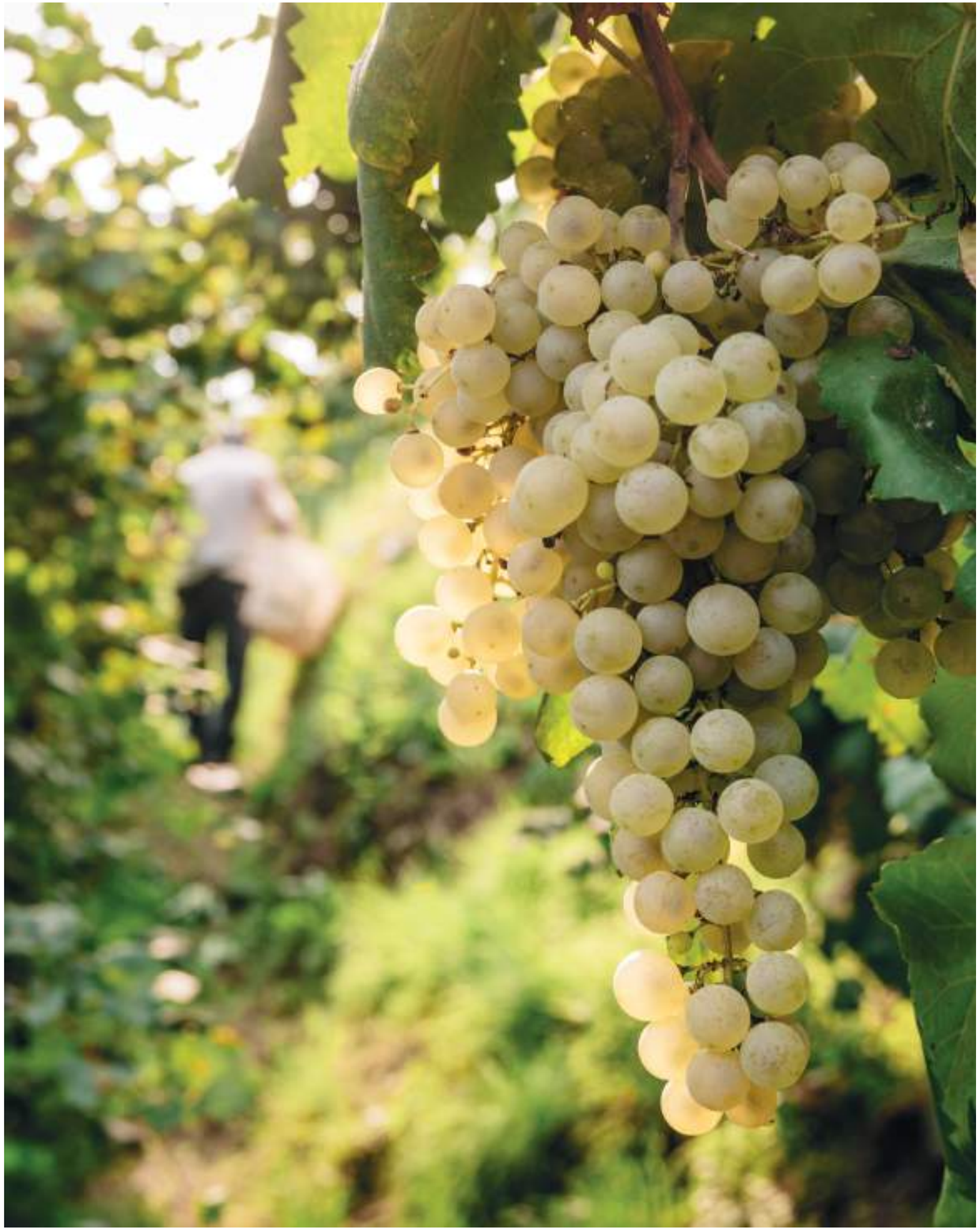
CONEGLIANO VALDOBBIADENE DOCG
PROSECCO SUPERIORE
DAL 1876

Con il Patrocinio di

MINISTERO DELL'AGRICOLTURA
DELLA SOVRANITÀ ALIMENTARE
E DELLE FORESTE

PATROCINIO
REGIONE DEL VENETO

LE COLLINE DEL PROSECCO DI
CONEGLIANO E VALDOBBIADENE



Indice

Cap. **01** pag.

Il Conegliano Valdobbiadene Prosecco DOCG: una identità da preservare 10

Cap. **02**

Soluzioni per la difesa dalla grandine in vigneto 36

Cap. **03**

Precipitazioni nei vigneti eroici: cosa ci riserva il futuro? 44

Cap. **04**

Eccessi termici, meccanismi protettivi e tecniche di mitigazione 56

Cap. **05**

Suolo ed apparato radicale: la vera strategia per fronteggiare le sfide climatiche del futuro 64

Cap. **06**

Sostanza organica e “vitalità” del suolo per mitigare gli effetti del cambiamento climatico 75

Cap. **07**

Biodiversità e gestione del suolo. Strumenti utili per mitigare gli effetti del cambio climatico 82

Cap. **08**

Il portinnesto: scelta sempre più importante 90

Bibliografia (prima parte) 100

Approfondimento

Insetti e acari della vite in un clima che cambia 103

Approfondimenti su alcuni fitofagi di interesse 108

Implicazioni per la difesa integrata 114

Conclusioni 117

Bibliografia (seconda parte) 118

Franco Adami
Presidente Consorzio di Tutela
Conegliano Valdobbiadene Prosecco

Il cambiamento climatico rappresenta oggi una delle sfide più complesse e urgenti per il mondo della viticoltura. Un fenomeno che non appartiene più al futuro, ma che si manifesta già con evidenza nei vigneti, influenzando equilibri agronomici, produttivi e territoriali costruiti nel tempo grazie alla profonda relazione tra uomo, ambiente e cultura agricola.

Nel territorio del Conegliano Valdobbiadene questa relazione è centrale. Le nostre colline, modellate dal lavoro paziente di generazioni di viticoltori, sono il frutto di un equilibrio unico che va tutelato e preservato con responsabilità e visione. È proprio a partire da questa consapevolezza che il Consorzio di Tutela è da tempo impegnato nel promuovere un approccio concreto e tecnico rispetto al tema del cambiamento climatico, con l'obiettivo di accompagnare la Denominazione nell'affrontare le trasformazioni in atto. Oggi è fondamentale comprendere gli scenari climatici che ci attendono nei prossimi anni e ciò significa dotarsi di strumenti necessari per agire con maggiore preparazione, ridurre i rischi e continuare a garantire qualità, identità e sostenibilità alla nostra viticoltura. Questo studio nasce dunque dalla volontà di approfondire, attraverso analisi rigorose e modelli previsionali avanzati, i possibili cambiamenti che interesseranno il vigneto, affinché le scelte future possano essere guidate dalla conoscenza approfondita dei contesti in cui operiamo e non dall'emergenza.

In questo percorso di ricerca e condivisione, un ringraziamento particolare va alla Banca Prealpi San Biagio, che ha scelto di sostenere questo progetto di grande valore per il territorio, una collaborazione concreta tra mondo produttivo, istituzioni e realtà economiche locali. Questo volume rappresenta quindi non solo un importante contributo scientifico, ma anche un segno di attenzione verso il nostro territorio, verso chi lo vive e lo lavora ogni giorno, e verso le generazioni future, affinché possano continuare a riconoscere nelle colline del Conegliano Valdobbiadene Prosecco un patrimonio da custodire, valorizzare e tramandare.

Diego Tomasi
Direttore Consorzio di Tutela
Conegliano Valdobbiadene Prosecco

Il cambiamento climatico in atto spinge tecnici e viticoltori ad adattare la tecnica colturale del vigneto alle nuove condizioni ambientali, nell'obiettivo principale di aiutare la vite a sopportare le mutate condizioni del clima.

Questo ci porta innanzitutto alla piena evidenza che la pianta è un organismo vivo, che ha delle ben precise necessità ambientali, ma che sa anche reagire e, in tempi non troppo lunghi, riassestarsi e ritrovare un nuovo piano di efficienza quali-quantitativa nella piena conservazione dei suoi caratteri genetici originali. L'uomo dal canto suo non è in grado in tempi brevi di fermare il cambio in atto e tantomeno far rientrare i parametri atmosferici ai livelli di 40-50 anni fa. Ciò che può fare invece è mettere in atto strategie in grado di ridurre l'impatto climatico facilitando e accelerando l'adattamento della vite alle nuove condizioni di coltura. Tutto questo diventa tanto più importante per denominazioni come il Conegliano Valdobbiadene Prosecco che sono basate su un vitigno predominante e non possono prevedere consistenti integrazioni o sostituzioni varietali. Diventa allora strategico non perdere tempo e per questo l'affidarsi al mondo della ricerca è la strada più breve; quanto riportato nelle pagine a seguire prende spunto o è diretta testimonianza di una stratta collaborazione che il Consorzio di Tutela del Conegliano Valdobbiadene ha instaurato con le Accademie scientifiche e Università italiane.

Una Denominazione non può subire in toto le alternanze e gli estremi del clima, deve poter garantire al consumatore uno standard e un ritrovarsi qualitativo che non possono variare da un anno all'altro, per questo non si può stare inermi o delegare ad altri problematiche così urgenti: il Consorzio di Tutela del Conegliano Valdobbiadene Prosecco, grazie all'aiuto e alla collaborazione con Banca San Biagio Prealpi non ha voluto fare questo bensì reagire con validi argomenti ed azioni. Un ringraziamento speciale va inoltre ad Arpa Veneto per i dati forniti alla ricerca, al professor Carlo Duso e al ricercatore Davide Scaccini che hanno arricchito la pubblicazione con il loro importante contributo scientifico.

Il vigneto e il clima che cambia. Azioni di contrasto alle avversità climatiche per il Conegliano Valdobbiadene Prosecco

AUTORI DEL PROGETTO

DIEGO TOMASI
Direttore Consorzio di Tutela Conegliano Valdobbiadene Prosecco

CARLO DUSO
Professore Ordinario del Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse Naturali e Ambiente dell'Università degli Studi di Padova

DAVIDE SCACCINI
Ricercatore del Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse Naturali e Ambiente dell'Università degli Studi di Padova

CO-AUTORI

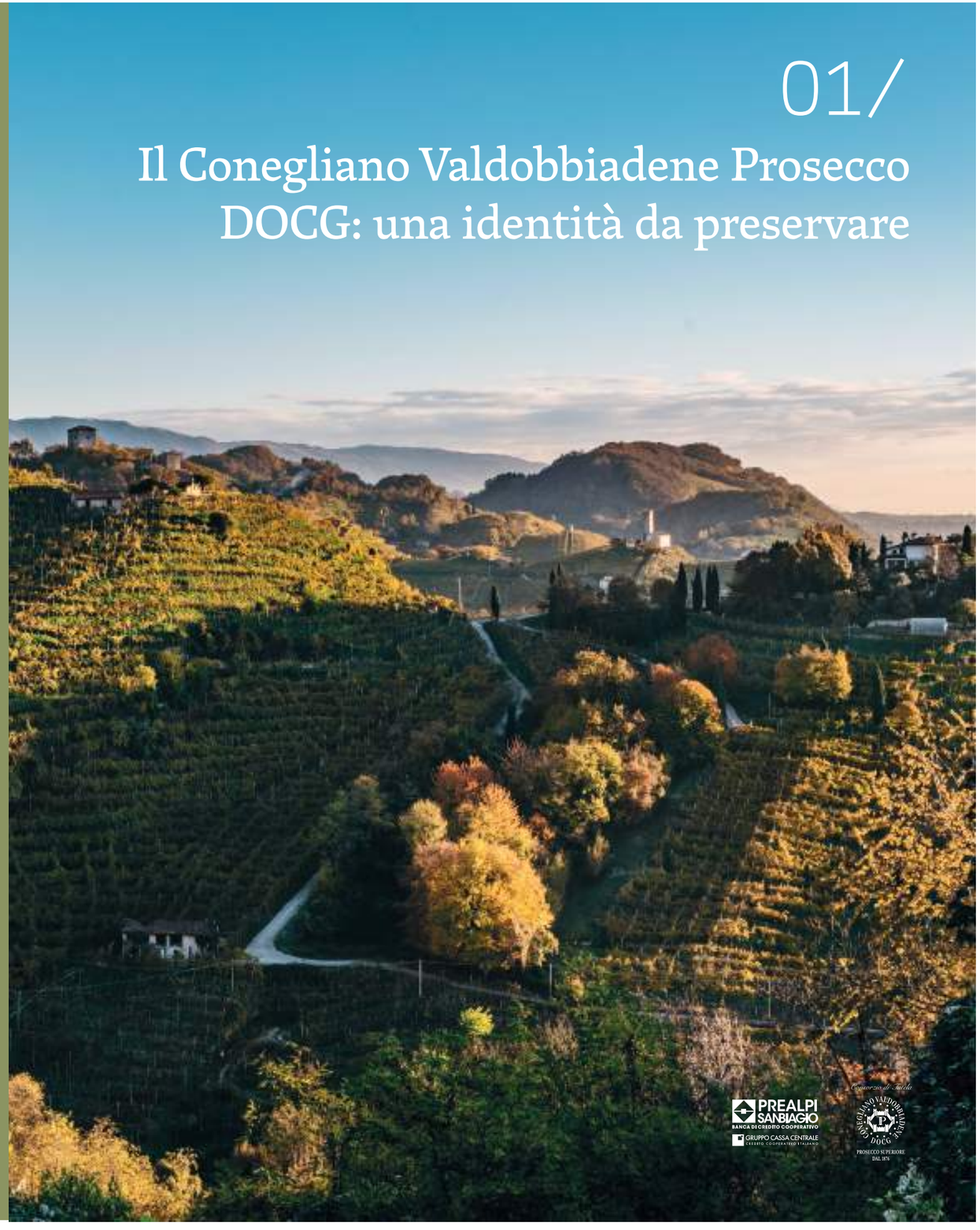
CAMILLA CANAL
MARIO PIZZOL

FINANZIAMENTO

Questo progetto è stato reso possibile grazie al sostegno di:
BANCA PREALPI SANBIAGIO (Ufficio Agricoltura)
CONSORZIO DI TUTELA DEL VINO CONEGLIANO VALDOBBIADENE PROSECCO DOCG

01/

Il Conegliano Valdobbiadene Prosecco DOCG: una identità da preservare



Il Conegliano Valdobbiadene Prosecco DOCG: una identità da preservare

Nel 1772 si ha il primo riferimento certo alla presenza del vitigno Glera sulle colline di Conegliano e Valdobbiadene; 1962 per volontà di 11 illuminati produttori nasce il Consorzio di Tutela del Vino Conegliano Valdobbiadene Prosecco; nel 1969 nasce la DOC Conegliano Valdobbiadene Prosecco a testimoniare l'esistenza di uno specifico terroir che conferisce al vitigno Glera caratteri qualitativi unici e distintivi; nel 2009 il Conegliano Valdobbiadene assurge a DOCG, massimo riconoscimento legislativo riservato solo alle più alte espressioni qualitative nazionali; nel 2016 il paesaggio del Conegliano Valdobbiadene viene iscritto al Registro Nazionale dei Paesaggi di Interesse Storico e nel 2019 la denominazione Conegliano Valdobbiadene Prosecco ottiene il riconoscimento a patrimonio immateriale dell'Umanità UNESCO, tutto questo solo ed unicamente grazie alla sua secolare tradizione viticola.

Ma perché proprio i colli di Conegliano e Valdobbiadene? Perché proprio il vitigno Glera e non qualche altra combinazione genotipo/ambiente? La risposta si basa sull'esposizione ed altitudine dei colli, sulla composizione dei suoli, sul clima mite, ventilato e giustamente piovoso, tutti elementi questi che sposano perfettamente le esigenze del vitigno e già a partire dalla metà del 1800 la viticoltura si presentava, pur ancora in alcune sue antiche forme, quale coltivazione principale sempre più specializzata e indirizzata verso la sola coltivazione del Glera.

Due quindi gli elementi che hanno creato la distintività che oggi conosciamo:

1. La tenacia e la dedizione degli abitanti che hanno creduto nella loro terra e hanno rinunciato al sogno proveniente da oltralpe o oltreoceano. Per anni si sono dedicati alle loro Rive e per anni hanno costruito quel senso di appartenenza che solo il lavorare la terra crea, neanche l'averla difesa dagli invasori produce lo stesso sentimento di attaccamento. Una rapida stima ci porta oggi a quantificare in oltre 4.760 i km di ciglioni realizzati a mano tra il 1800 e il primo Novecento.
2. Il Terroir, ovvero quell'insieme di fattori naturali e antropici che creano le condizioni ideali, uniche ed eccezionali per dare vita ad un prodotto le cui caratteristiche organolettiche sono inimitabili o non riproducibili altrove: l'aver compreso questa unicità di relazione Glera/ambiente ha dato un futuro ad una comunità di viticoltori e di enologi.

Il terroir è l'insieme di tutti gli elementi naturali e umani che rendono un'area unica e non trasferibile per la produzione di un determinato prodotto.

Ecco allora che, anche grazie alla presenza della Scuola Enologica Cerletti e del Centro Sperimentale per la Viticoltura (ora CREA-VE), questi colli già negli anni 1970/1980 avevano sperimentato nuove e ancora attuali tecniche di coltivazione ed è qui che anche il metodo Martinotti vede affinarsi i suoi processi di spumantizzazione. Tecnica viticola e tecnica enologica strettamente dipendenti una all'altra ed unite per valorizzare nel migliore dei modi la vocazione di un territorio e le unicità di un vitigno. Il risultato già a metà del secolo scorso era conosciuto negli Stati Uniti grazie alle esportazioni della Carpenè Malvolti, antesignana ed esempio per molte altre aziende future. Poi è stato un continuo succedersi di successi e di apprezzamenti ottenuti grazie alla qualità del vino dove eleganza, delicatezza, profumi, non solo hanno conquistato un pubblico mondiale, ma hanno anche cambiato modo di bere sostituendo i vini più impegnativi con la finezza e la bevibilità del Conegliano Valdobbiadene Prosecco Superiore DOCG. Oggi ci stiamo preparando al futuro continuando a proteggere e studiare il nostro territorio.

Oggi possiamo proporre al consumatore ben 43 diverse espressioni del nostro spumante dove le differenze nascono dalle 43 Rive che rappresentano altrettante combinazioni interattive tra vitigno e luogo. Questo perché le colline sono rimaste integre ed estremamente variegate nei loro microclimi e nelle diverse tipologie di suolo, così da creare una vasta gamma di sfumature organolettiche.

Tornando al domani, il Consorzio di Tutela del vino Conegliano Valdobbiadene Prosecco sta perseverando nel dialogo tra viticoltori dove: i) l'adozione del protocollo viticolo atto a gestire e regolamentare la gestione del vigneto, ii) la drastica riduzione dell'uso del Glifosate seguita dalla maggioranza dei viticoltori, iii) nuovi progetti che stanno dimostrando la possibilità di coltivare la vite sulle nostre colline senza l'uso di Azoto chimico e, iv) altre iniziative legate a valutare le nuove selezioni di Glera resistente, l'utilità della biodiversità nel soprassuolo e sottosuolo, sono **gli argomenti attuali, ma che segneranno anche il futuro.**

Vi è però un elemento perturbativo che sta mettendo in serio pericolo quanto sopra esposto e quanto si cerca di prevedere per il futuro: stiamo parlando del Cambiamento Climatico (CC), già in atto da almeno un trentennio, ma che in questo ultimo quinquennio sembra aver assunto una accelerazione senza precedenti ed una connotazione sempre più precisa.
I cambiamenti del clima hanno sempre fatto parte della storia della Terra, quello che desta maggiore preoccupazione oggi è proprio la rapidità nella variazione del clima, dove **l'intensità, la frequenza, la persistenza e l'estensione** con cui si stanno manifestando i fenomeni climatici estremi non si era mai registrata. I mutamenti del clima (riconducibili in prevalenza ad un surriscaldamento alquanto generalizzato della superficie terrestre con aumenti significativi a carico delle temperature medie) sono attribuibili in massima parte all'immissione nell'atmosfera terrestre di crescenti quantità di gas ad effetto serra prodotte quasi esclusivamente dalle attività antropiche che vanno ad intensificarsi di anno in anno. Le concentrazioni atmosferiche dei principali gas ad effetto serra, ovvero anidride carbonica, metano e protossido di azoto sono costantemente in crescita a partire dal 1750 e prevalentemente dovute, come ricordato, alle

attività umane. A conferma si ricorda che il 2023 e il 2024 si sono confermati gli anni più caldi mai registrati, con temperature che hanno superato di oltre 1.5°C il periodo preindustriale 1850-1900, ciò sta creando serie preoccupazioni soprattutto per le viticolture di pianura e costiere dove si temono gli effetti per la loro reale sopravvivenza.
È quindi evidente che in tutto questo uno dei settori maggiormente colpiti è quello agricolo e vi è la necessità di individuare e introdurre nuove strategie e modelli colturali per adattarsi alle mutate condizioni.

Specificatamente nel settore viticolo a destare maggiore preoccupazione sono:
1. la straordinaria variabilità atmosferica all'interno di ogni singola annata così che la variabilità intra-annuale sta superando di molto quella tra le annate.
2. alla base di quanto sopra vi è il costante incremento degli estremi climatici e del loro impatto sul vigneto.

Quindi tutto ciò che un tempo era prevedibile oggi non lo è più. Non lo sono più la distribuzione delle piogge, le temperature massime, la gradualità nel cambio stagionale, gli eventi grandinigeni, l'intensità radiativa e altro ancora.
Cerchiamo però di non sentirci inermi e ricordiamo che dovendo relazionarci con una pianta vegetale (la vite) sensibile a tutti gli elementi del clima e non potendo noi intervenire almeno nel breve periodo sui fattori climatici, possiamo almeno proporre degli interventi di mitigazione dei loro effetti nel rispetto della fisiologia della vite. Dobbiamo essere, però, anche consapevoli che un'altra limitazione deriva dal fatto che la nostra viticoltura si è sviluppata su un territorio ben definito e con un vitigno altrettanto unico, non è quindi pensabile spostare i nostri vigneti in nuovi siti (vedi quota altimetrica) e altrettanto utopica è l'idea di introdurre altre varietà. Altrettanto lontana è la possibilità di poter disporre a breve del vitigno Glera migliorato per gli aspetti fisiologici con le nuove tecniche genetiche TEA.
Sembrerebbe quindi una battaglia difficile da vincere, troppo impari le armi in campo, ma, come detto, non vogliamo rinunciare al confronto e non pretendiamo la vittoria assoluta.

Quindi dobbiamo spostare l'attenzione sui seguenti elementi:

1. Il nostro territorio è riconosciuto altamente vocato per il vitigno Glera; questo ci pone già su una soglia di maggior garanzia nonostante i primi riflessi del clima sulla vocazione ambientale si stiano già manifestando.
2. Chi scrive è convinto che il Glera stia già mostrando i primi segnali di "adattamento" alle alte temperature e a periodi più lunghi di scarse precipitazioni. Forse apparati radicali che si spingono più in profondità? Forse l'aumento di CO_2 atmosferica che mitiga la finestra più stretta dell'ottimo fotosintetico nel corso del giorno? Forse diversi equilibri tra ormoni di crescita, di accumulo e di stress?
3. Quello che possiamo concretamente fare è indirizzarci verso una viticoltura che cerchi per via agronomica di porre in essere nuove strategie per proteggere la pianta dagli eccessi climatici e dalla temporanea carenza idrica stagionale, riducendone così gli effetti negativi sulla sua espressione fisiologica e metabolica.

Proponendo queste riflessioni in altro modo, possiamo anche dire che gli estremi climatici, più frequenti, più intensi e più duraturi, vedi piogge più concentrate, ondate di calore, eventi grandinigeni, sono il vero timbro che il nuovo clima sta ponendo al nostro vivere e agire quotidiano. In particolare, pensando al viticoltore questo il nuovo probabile futuro scenario:

Piogge più intense e concentrate
Periodi prolungati senza piogge

- Incremento erosione
- Instabilità dei ciglioni
- Ristagno idrico
- Minor efficacia delle piogge
- Stress idrici
- Aumento deficit idrico

Aumento di temperatura sia massima che minima (inverni più miti, notti tropicali)

- Anticipo maturazione
- Fase di maturazione più breve
- Cambiamento composizione chimica grappolo
- Perdita tipicità
- Rischio malattie

Stress termici e radiattivi
Eventi estremi

- Arresto attività metabolica della pianta
- Fisiologia compromessa
- Deficit idrico
- Grandine
- Gelate tardive

È nel complesso quindi uno scenario che potrebbe diventare preoccupante, perché i risultati della vendemmia saranno sempre più legati alle incertezze del clima, dove ad ottime annate si potranno verificare sempre più spesso annate non sempre favorevoli per una buona ed equilibrata composizione del grappolo e/o per una soddisfacente resa.

A fronte di questo non possiamo di certo intervenire direttamente sul clima, perlomeno nel breve periodo. Gli sforzi dovranno quindi concentrarsi sul trovare degli interventi e delle pratiche di mitigazione che rispettino la fisiologia della vite e la destinazione enologica del suo prodotto. Altra considerazione va portata sul territorio e sulla sua fragilità e ciò diventa ancor più impegnativo considerando che la viticoltura del Conegliano Valdobbiadene Prosecco si è da sempre sviluppata entro questi confini territoriali e con l'utilizzo della cultivar Glera, come detto non sono quindi prospettabili nuovi vitigni o nuovi territori, di conseguenza dobbiamo proporci di approfondire sempre più la conoscenza del Glera e la conservazione del suo territorio.

Il terroir del Conegliano Valdobbiadene Prosecco e i suoi vigneti di Glera

Nelle regioni di lunga tradizione viticola il viticoltore ha selezionato nel corso dei secoli le varietà più adatte e le tecniche viticole più opportune per il proprio territorio, trovando un equilibrio ottimale fra produttività e qualità e riducendo di molto la vulnerabilità del risultato annuale. Ogni varietà ha infatti un adattamento preferenziale verso determinate condizioni climatiche e pedologiche e qui sta il grande valore della viticoltura italiana che presenta un elevatissimo numero di vini ottenuti da interazioni sito specifiche tra vitigno e luogo.
Diventa quindi preoccupante pensare ad un futuro dove le condizioni ambientali che hanno permesso la massima espressione qualitativa di una varietà stiano oggi cambiando, ponendo a rischio la tipicità organolettica conosciuta ed affermata dei rispettivi vini.
Il riscaldamento globale sta quindi amplificando i fattori di rischio ambientali e aumentando sia il numero sia l'intensità degli eventi meteorologici deleteri per la vite, ma anche per il territorio, soprattutto se, come nel caso del Conegliano Valdobbiadene Prosecco, esso è composto da colline molto ripide con vigneti sostenuti dal ciglione e non da terrazze con muro a secco.

Oltre 4.760 km di ciglioni compongono parte della viticoltura del Conegliano Valdobbiadene Prosecco

La ricerca, condotta dall' Università di Cantabria, sui probabili scenari climatici nel comprensorio del Conegliano Valdobbiadene Prosecco da oggi all'anno 2.100, ci propongono fondamentalmente questi aspetti del clima:

1) Oltre all'incremento già rilevato di circa 1.5°C dal 1991 al 2020, si assisterà ad un aumento delle temp. medie nel periodo aprile-settembre di ulteriori 1.9°C, dovuto soprattutto ad un incremento delle temp. massime diurne; di conseguenza aumenteranno i giorni con soglie termiche superiori ai 30 (+28 giorni) e 35°C (+8 giorni).
2) Ulteriore forte aumento delle notti con temperature minime superiori ai 18 e 20°C (+28 e + 26 giorni rispettivamente), questo un fattore climatico estremamente importante per l'impatto sui metaboliti presenti nell'acino.
3) Sensibile diminuzione delle precipitazioni nei mesi di luglio (-30%) e agosto (-22%).
4) Continua la tendenza in atto ad avere piogge sempre più concentrate nei mesi primaverili di maggio e giugno.
5) Si avrà un calo dell'Umidità Relativa dell'aria.

Su questi aspetti sarà basata l'analisi a seguire, portando l'attenzione specificatamente sul nostro territorio e sul vitigno Glera, tenendo come guida la constatazione che dovremmo attenderci in generale un clima **più caldo e più secco** soprattutto in estate, con **forti variazioni** annuali e tra annate.

Il cambio climatico sta modificando le condizioni ambientali delle aree viticole ponendo a rischio il comportamento dei vitigni e la struttura generale del territorio

Ciò che oggi è già in molti casi realtà è l'effetto delle temperature sulle fasi del ciclo fenologico della vite, anticipando soprattutto le tempistiche della maturazione. A ciò conseguono uve più ricche in zuccheri e meno in acidità ma a germogliamenti anticipati possono conseguire rischi di gelate nel mese di aprile (si ricorda la gelata del 20 aprile 2017 che ha interessato molte aree viticole italiane e che ha colpito la vite in uno stadio vegetativo avanzato). Il corredo aromatico potrebbe cambiare il suo profilo con aromi che si dirigono verso note più marcate di frutta matura legate ai composti norisoprenoidi favoriti dal caldo e dal sole. Le ondate di calore si stanno dimostrando negative sia prima che dopo l'invaiatura con ripercussioni sia sul metabolismo primario (zuccheri e acidi) che secondario (aromi e colore).
Condizioni di carenza idrica possono compromettere in ogni fase il regolare decorso vegetativo, produttivo e qualitativo e ciò diventa tanto più vero per il Glera bisognoso di uno stato idrico del suolo regolare. Temperature notturne superiori ai 20°C stanno aumentando di frequenza, sono le così dette "notti tropicali" e ciò implica un maggior consumo di acido malico notturno per fenomeni di respirazione e il mancato effetto positivo che l'escursione termica notte/dì ha sul profilo aromatico. Numerose zone ad alta vocazionalità vitivinicola iniziano quindi ad avere disponibilità termiche e luminose in esubero rispetto ai fabbisogni dei vitigni coltivati e ciò porta a conseguenze sotto molti punti di vista che si concretano come ora ricordato in una minor stabilità della composizione e degli equilibri chimici dell'acino. Ciò rende più vulnerabile il futuro stesso di interi sistemi economici che si basano su produzioni di alta qualità come le numerose DOP italiane. Da più parti si prospettano cambiamenti nelle tecniche colturali (vedi sistemi di allevamento) in grado di ritardare la maturazione, oppure adozione di nuovo materiale genetico compresi nuovi portinnesti. In ogni caso bisognerà tenere separate le strategie per far fronte all'aumento di temperatura rispetto alle condizioni di carenza idrica.

Unica nota di speranza, sta nella **resilienza** ovvero capacità di **adattamento** o ancora **plasticità** di molti vitigni alle mutate condizioni, supportati però anche dagli interventi dei viticoltori; il tutto dovrebbe portare a condizioni di **mitigazione** degli effetti climatici già così evidenti.

Tipici vigneti di Glera nel comprensorio del Conegliano Valdobbiadene Prosecco

Il vitigno glera e gli effetti del cambio climatico

La fenologia è considerata uno dei più robusti indicatori biologici per evidenziare gli effetti del cambio climatico. Nel nostro territorio, nell'ultimo trentennio abbiamo già assistito ad un accorciamento del ciclo fenologico tra germogliamento e raccolta di circa 13/16 giorni con conseguenti vendemmie sempre più anticipate (si calcola che il ciclo si accorci di 8 giorni per ogni grado centigrado (°C) di incremento termico) **(vedi Fig. 1).** Se da un punto di vista dell'organizzazione aziendale la vendemmia sempre più anticipata può essere sostenuta, non altrettanto accade per il complesso quadro chimico compositivo dell'acino che vede le sue fasi di maturazione svolgersi in un periodo pienamente estivo (mediamente dal 20 di luglio ai primi giorni di settembre) e quindi più caldo. Mediamente per quasi tutti i vitigni ciò comporta più zucchero e meno acidi. Per il Glera, geneticamente non predisposto ad oltrepassare una soglia di 17/18 °Brix anche in condizioni termiche in aumento **(vedi Fig. 2)**, il nuovo clima può invece impattare maggiormente sui livelli minimi acidi richiesti per la sua destinazione enologica. Degradazioni acide accelerate e perdita repentina dell'acido malico sono due conseguenze di stati termici in surplus sia diurni che notturni. Bisogna infatti ricordare che l'acidità malica in condizioni di stress diventa un substrato metabolico di soccorso per la sopravvivenza della pianta. In pre-invaiatura, la formazione e l'accumulo dell'acido malico vedono un ottimo termico compreso tra 20 e 25 °C con una soglia massima di 30/33°C, evidenziando già effetti negativi del nuovo clima sulla sua sintesi.

Il calo però a volte rapido e sostenuto dell'acido malico dopo l'invaiatura, è dovuto al fatto che il malico sostituisce gli zuccheri quale sorgente carboniosa nella respirazione notturna, dove quest'ultima è tanto più sostenuta quanto più alta è la temperatura. Quindi in definitiva ciò a cui stiamo assistendo sono annate con minori preoccupazioni per i contenuti zuccherini, ma i livelli acidi complessivi lamentano una minor tenuta dell'acido malico con conseguenze sulle note di freschezza dei vini.

Per quanto riguarda la sanità delle uve nell'ultimo decennio se da un lato si sono avute minori preoccupazioni per i marciumi, dall'altro la difesa dalla peronospora ha messo in piena evidenza la sua pericolosità fortunatamente contrastata dall'esperienza dei nostri viticoltori (a questo proposito vedi parte dedicata alla relazione cambio climatico vs malattie).

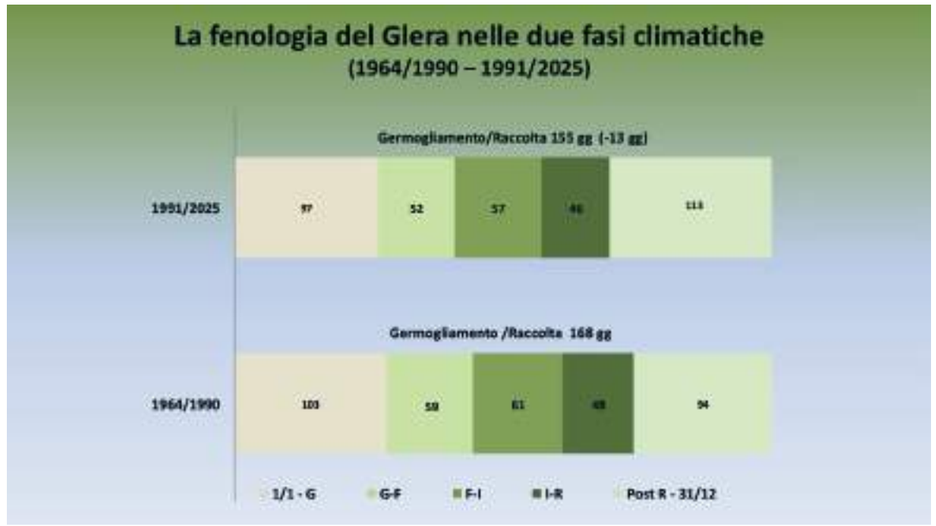


Figura 1

Ciclo fenologico annuale del vitigno Glera distinto nei due periodi pre (1964-1990) e post (1991-2025) cambio climatico. Il ciclo annuale si è accorciato di circa 13 giorni in accordo con quanto riportato dal mondo della ricerca, ovvero circa 6/8 giorni ogni grado Centigrado di incremento termico. Da sottolineare che i) essendo la data di germogliamento anticipata di circa una settimana e ii) che il ciclo è nel suo insieme più corto, la fase di maturazione è anch'essa anticipata e si verifica quasi per intero nel mese di agosto, mese molto caldo con valori a volte non confacenti con una regolare sintesi di composti aromatici, vedi soprattutto notti tropicali. G= germogliamento; F= fioritura; I= invaiatura; R= raccolta. Dati della collezione ampelografica del CREA-VE sita a Susegana TV.

Epoca Fenologica	Media 1964/1990	Media 1991/2025
Germogliamento	13 aprile	7 aprile
Fioritura	11 giugno	29 maggio
Invaiatura	11 agosto	25 luglio
Raccolta	28 settembre	9 settembre

Per una miglior comprensione la tab. riporta in data il succedersi delle epoche fenologiche riportate in Fig. 1

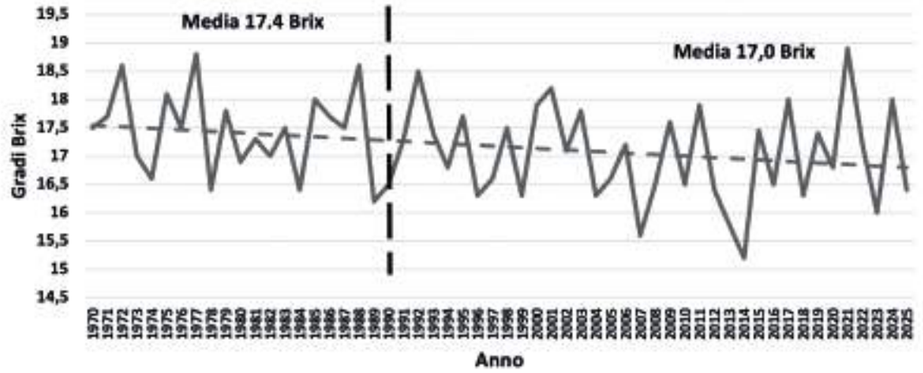


Figura 2

Serie storica dei valori zuccherini (°Brix) delle uve Glera nel comprensorio di Conegliano; è ben evidente che la soglia dei 18°Brix (corrispondenti a 15.5 °Babo), viene superata solo in poche annate. È altrettanto chiaro un leggero calo dei valori zuccherini medi dovuti ad un maggior numero di annate con bassi valori causa l'incremento delle annate estreme negative es. 2007 e 2014 (l'asse verticale tratteggiato indica il passaggio tra la vecchia e la nuova fase climatica).

Considerando l'influenza delle acidità sull'equilibrio zuccheri/acidi delle uve e soprattutto l'importanza dell'acido malico nel conferire freschezza ed eleganza al vino Conegliano Valdobbiadene Prosecco DOCG, si vuole portare un punto di domanda che nasce dall'osservazione della composizione acida media delle stesse 13 basi spumante analizzate a febbraio dal 2013 ad oggi (ad eccezione del triennio 2015/2017 – dati gentilmente forniti dall'Ass. AIS Veneto Orientale).

Ebbene, risulta interessante osservare (tab. 1) che a fronte di una acidità totale e di un contenuto in acido tartarico con poche variazioni negli anni, l'acidità malica nel 2024 e 2025 ha segnato un netto incremento.

Ciò è senz'altro positivo per i riflessi sul vino ricordati, ma è di difficile spiegazione sia osservando gli andamenti giornalieri delle temperature (fig. 3 e fig. 4) che i loro valori medi (tab. 2). Difficile trovare una convergenza tra andamento termico e contenuti in malico, soprattutto considerando le temperature più elevate del 2024 (sappiamo infatti che la temperatura è il primo fattore responsabile di un rapido calo dell'acido malico). Anche associando l'analisi delle piogge dal 1° agosto al 15 settembre (tab. 2) non riesce facile trovare una linea di concordanza se non che nel 2024 le elevate temperature sono state tamponate dalle maggiori precipitazioni e nel 2025 la tenuta del malico è avvenuta grazie alle minori temperature già dalla seconda metà di agosto sino ai primi di settembre.

Se questa tendenza ad avere uve e poi vini con maggior contenuto in acido malico verrà confermata anche nei prossimi anni, potremmo allora porci un'ulteriore domanda sugli effetti del cambio climatico sul vitigno Glera.

Anno	Titolo alcol. % vol.	Acidità totale g/l	pH	Acido malico g/l	Acido tartarico g/l
2013	10,47	5,63	3,21	2,66	2,22
2014	10,36	6,79	3,16	2,68	2,36
2018	9,87	5,57	3,14	2,31	2,00
2019	10,26	6,05	3,12	2,69	2,43
2020	10,50	6,01	3,26	2,90	2,09
2021	10,56	6,06	3,24	2,81	1,98
2022	10,45	5,63	3,22	2,03	2,48
2023	9,86	5,85	3,28	2,51	2,02
2024	9,88	5,83	3,27	3,14	2,31
2025	9,88	5,92	3,28	3,56	2,08

Tabella 1

Serie storica dei principali parametri analitici dei vini base spumante al mese di Febbraio
(Media di 13 vini base ottenuti sempre dagli stessi vigneti. Dati forniti dal Laboratorio Enochimico ex allievi scuola Enologica di Conegliano).

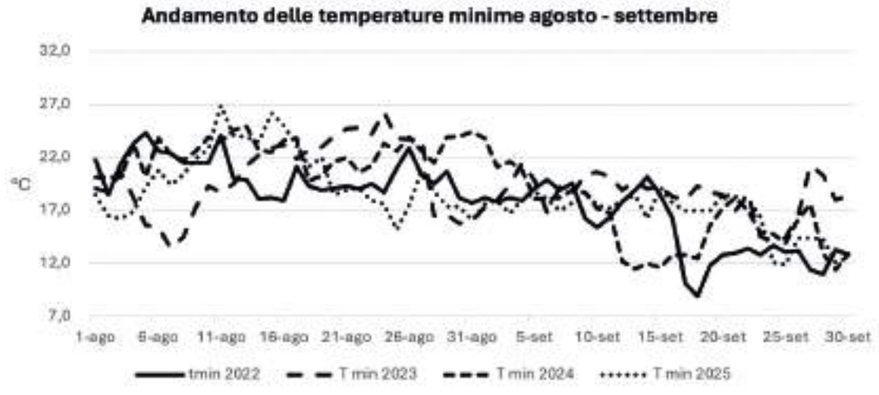


Figura 3

Andamento delle temperature minime nei mesi di Agosto e Settembre per le ultime quattro annate 2022-2025

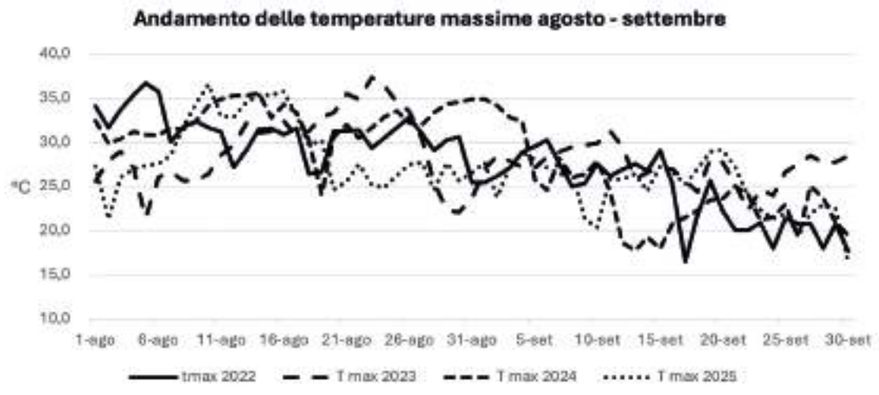


Figura 4

Andamento delle temperature massime nei mesi di Agosto e Settembre per le ultime quattro annate 2022-2025

Anno	Temp. max	Temp. min.	Pioggia (mm)
2022	29.9	19.7	135
2023	29.0	19.9	140
2024	30.3	20.8	270
2025	28.0	19.3	158

Tabella 2

Media delle Tem. Massime e Minime e somma delle piogge nei mesi di Agosto e Settembre

In questo equilibrio zuccheri/acidi si inseriscono anche gli aromi dove il timbro aromatico delle uve e dei vini pur essendo comunque caratterizzato dal fattore varietale è oggi decisamente imposto dal clima di agosto e delle prime due settimane di settembre.

In questo contesto gli aromi con sempre maggior frequenza sono legati alle alte temperature diurne e notturne che stimolano la presenza di sentori di frutta matura, esotica, leggere spezie, rispetto alle medie temperature dove prevalgono le note di frutta fresca, floreale, agrumato.

Infine l'incidenza negativa del clima ha effetti anche sulla resa del vigneto, a questo proposito sono ancora freschi di memoria i danni da gelo già ricordati del 2017, quelli dovuti alla grandine nel 2019/2023/2025; quasi certamente una concausa legata alle alte temperature i danni da Flavescenza dorata a partire dal 2022, e un grappolo in molti casi inusualmente spargolo e sotto peso a seguito delle frequenti precipitazioni dei mesi di aprile, maggio e giugno come verificatosi nel 2024 che hanno portato ad un calo produttivo medio nella Denominazione di circa il 7/8%.

Un’altra caratteristica genetica del vitigno Glera consiste nell’essere particolarmente sensibile agli stress idrici e nel non recuperare completamente il suo status fotosintetico dopo una carenza idrica sostenuta. I meccanismi che innescano la risposta della pianta alla carenza idrica sono complessi e implicano segnali ormonali e idraulici non facili da comprendere e molto variabili da un vitigno o da un portinnesto all’altro.

Ad esempio le varietà più resistenti al secco rallentano o arrestano prime di altre lo sviluppo vegetativo (vedi minori femminelle), per ridurre le necessità idriche (tra queste il Grenache, Carignano, ma anche se in misura inferiore il Cabernet s. e lo Chardonnay). Ciò spiega il perché il Glera dopo il girovagare in alcuni areali friulani e veneti (vedi ad es. Colli Berici ed Euganei) a inizio/metà 1.700 si è stabilito definitivamente sulle colline di Conegliano e Valdobbiadene dove le precipitazioni da Aprile a Settembre garantiscono circa 650/700 mm li pioggia.

Le persistenti piogge verificatesi nel 2024 nel corso della fioritura (fine maggio-inizio giugno) hanno compromesso una regolare allegagione: i grappoli alla raccolta sono risultati spargoli con peso sotto la media.

Questa sua alta necessità idrica è stata confermata da una prova sperimentale condotta di recente (2019) presso il CREA-VE di Conegliano dal Dott. Nicola Belfiore (comunicazione personale), i cui risultati confermano **(vedi Fig. 5)** che rispetto ad altre varietà il Glera abbisogna di uno stato idrico mai carente nel corso del ciclo vegetativo annuale pena la compromissione della sua attività fotosintetica che sappiamo fondamentale per l’equilibrio vegeto, produttivo e qualitativo. Sulla base dei dati climatici di previsione presenti nello studio dedicato alla nostra Denominazione, nei prossimi decenni dovremmo attenderci estati sempre più povere in acqua a favore invece di primavere sempre più ricche con frequenti eccessi. Questo un punto fondamentale sul quale riflettere e sul quale cercare elementi di mitigazione per il periodo estivo (luglio/agosto) pena il rischio di veder compromessa la qualità delle uve.

Per comprendere quali potrebbero essere gli effetti a livello fisiologico della carenza idrica estiva sui vigneti di Glera, compariamo nella tabella sottostante diversi vitigni oggi coltivati constatando che esiste una diversità varietale nella soglia di tolleranza alla carenza idrica e come già anticipato il Glera è tra quelli più sensibili con presumibili esiti negativi riguardanti, in estrema ipotesi, soprattutto la perdita di acidità e tipicità aromatica, privando il futuro vino dell’eleganza e della finezza consueta. Questa dipendenza del nostro vitigno alla disponibilità idrica è un fattore genetico ad oggi non modificabile, unica soluzione efficace diventa quindi il creare le condizioni affinchè il vitigno non debba affrontare condizioni che oltrepassino la soglia di tolleranza.

Potremmo quindi dire che il Glera da un punto di vista idrico è poco resiliente.

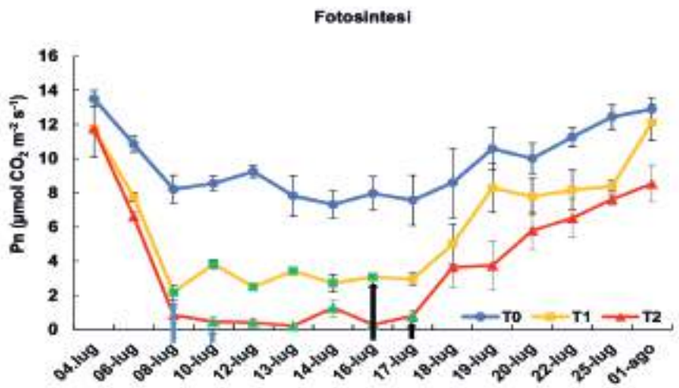
Per prevenire l’insorgenza di tali problematiche è fondamentale evitare che il vigneto raggiunga livelli di stress idrico tali da innescare processi che abbiano ripercussioni negative in primis sui processi fotosintetici. Ma anche a questo riguardo vi è una diversa capacità varietale di ristabilire una attività fisiologica pre-stress una volta ripristinate le normali condizioni di disponibilità idrica. Purtroppo, anche in questo senso il Glera non è tra le più performanti e a riprova di questo i risultati della prova sperimentale condotta presso il CREA-VE di cui si è fatto cenno ne sono una conferma.

Varietà	Sensibilità alla carenza idrica			Capacità di ripresa dopo l'irrigazione		
	Bassa	Media	Alta	Bassa	Media	Alta
Chardonnay						
Pinot Bianco						
Pinot Grigio						
Sauvignon						
Glera						
Merlot						
Cabernet Sauvignon						
Cabernet Franc						
Raboso Piave						
Tocai Friulano						
Verduzzo Trevisano						
Manzoni Bianco						

Per contrastare i possibili effetti dannosi dello stress idrico, la vite attiva meccanismi di controllo basati sulla chiusura degli stomi che sono finalizzati a limitare la perdita di acqua attraverso la riduzione della traspirazione. Per contro però questa strategia rappresenta la principale causa di limitazione degli scambi gassosi con una netta riduzione dell'attività fotosintetica con conseguenze sia a livello fisiologico (vedi fotosintesi) che metabolico (vedi sintesi di composti primari e secondari). Dalla prova di stress idrico controllato è emerso che il Glera nel momento in cui la disponibilità idrica del suolo ha iniziato a diminuire (il giorno 4 luglio) ha immediatamente ridotto l'apertura stomatica per ridurre la traspirazione e limitare così le perdite di acqua. Questo comportamento è continuato per tutti i 13 giorni della prova (5 giorni per arrivare a condizioni di forte carenza idrica, mantenute poi per 8 giorni).

È interessante notare che la riduzione della fotosintesi è stata perfettamente coincidente con quella della traspirazione (dati non riportati). La tesi T2, quella che ha previsto il maggior livello di carenza idrica per 8 giorni sottoponendo la vite ad un severo stato di sofferenza, una volta posta nuovamente in ottimali condizioni di umidità del suolo ha recuperato solo il 60% della sua capacità fotosintetica iniziale probabilmente quale conseguenza di danni strutturali permanenti al sistema fotosintetico e alla denaturazione proteica. Quando invece lo stress idrico è di tipo moderato (tesi T1) il Glera è stato in grado di recuperare appieno i parametri fotosintetici e di traspirazione con conseguenze non impattanti sui valori produttivi e qualitativi. Nel caso della tesi T2 invece (quella con stress idrico severo), le analisi hanno evidenziato un calo produttivo del 30% mentre i mosti si sono presentati meno zuccherini (quasi 2°Brix in meno rispetto al testimone), minore acidità (soprattutto malica prossima all'1 per mille) e comunque un pH inferiore (3,35 contro 3.27 del testimone). A questo punto potremmo spingerci a dire che il **"tallone d'Achille"** del vitigno Glera è la sua estrema sensibilità alla carenza idrica.

Prove di stress idrico su Glera: effetti sull'assimilazione della CO_2



- **T0** = Viti non sottoposte a carenza idrica
- **T1** = Viti sottoposte a stress idrico moderato
- **T2** = Viti sottoposte a stress idrico severo

Figura 5

Prove condotte presso il CREA-VE di Conegliano

Per un comprensorio viti-vinicolo come quello di Conegliano Valdobbiadene dove la varietà quasi unica è il Glera, diventa fondamentale a fronte delle esperienze appena descritte, ma dall'altro lato anche grazie alle previsioni climatiche a lungo termine, porsi dei seri interrogativi sul come affrontare il futuro innanzitutto sul come soddisfare le necessità idriche dei vigneti.

Come vedremo dobbiamo quindi tesorizzare tutte le fonti idriche da precipitazioni meteoriche, utilizzare portinnesti più resistenti alla carenza idrica, gestire l'equilibrio della vite e operare per rendere il suolo il vero alleato nel contrasto al cambio climatico. Se come risaputo la *Vitis vinifera* ha una grande capacità di adattarsi a svariate condizioni climatiche e pedologiche, è quindi credibile che vi possa essere una vera resilienza della vite nelle sue innumerevoli varietà alle nuove condizioni del clima. La nuova frontiera degli studi di epigenetica lo stanno confermando attraverso l'analisi di fenomeni di adattamento guidati da modifiche ereditabili nell'espressione dei geni e dei metabolismi a loro legati, ma bisogna in ogni caso porre la vite nelle condizioni di essere resiliente attraverso tutti gli interventi di mitigazione delle nuove condizioni del clima.

Al di là dei risultati che si possono ottenere applicando nuove tecniche di gestione del vigneto, non va scordata la grande diversità varietale e clonale esistente nell'ambito della *Vitis vinifera* e la conseguente ampia differenziazione nella composizione del grappolo e la grande diversità nella adattabilità ambientale.

Nel caso del Conegliano Valdobbiadene Prosecco, si è consolidata una tradizione produttiva basata praticamente sul solo vitigno Glera grazie al quale si è costruita una fama enoica a livello mondiale. **Risulta oggi difficile per questa denominazione pensare ad un cambio varietale,** ciononostante rispettando comunque l'obbligo dell'85% del vitigno base Glera, vi è pur sempre il restante 15% che potrebbe essere occupato da un nuovo vitigno che risponda ai requisiti richiesti di adattamento al nuovo clima e di perfetta combinazione organolettica con il Glera. Possiamo però anche spingerci a pensare in un futuro climatico che metta in serio pericolo la capacità produttiva e qualitativa del Glera, ad una via principale di piena valorizzazione dell'ambiente produttivo ricco di storicità, bellezza paesaggistica, unicità ed eroicità colturale, ed essere più deroganti sulla fissità e immobilità nei caratteri organolettici dei vini.

L'introduzione di nuovo materiale genetico varietale (varietà, clone, portinnesto) è una delle strategie di contrasto al clima

In ultimo, ci dovremmo porre una serie di domande riguardante gli effetti che il nuovo clima potrebbe avere sulla complessità organolettica che nasce dalla ricchezza morfologica e pedologica del terroir del Conegliano Valdobbiadene Prosecco, ovvero:

- *Il nuovo clima potrebbe ridurre la diversità organolettica dei vini legata ai diversi microclimi e ai diversi suoli portando il prodotto verso una omologazione sensoriale di territorio?*
- *L'aumento di temperatura e le frequenti carenze idriche stanno rendendo simili le composizioni in metaboliti primari e secondari delle nostre uve?*
- *Avrà ancora un valore la suddivisione della nostra area produttiva in 43 Rive?*

Questi interrogativi nascono dall'estrema variabilità del nostro territorio totalmente collinare che presenta condizioni colturali caratterizzate da differenti altitudini, esposizioni, pendenze, tipologie di suoli, morfologia, tutti elementi che incidono sui meso e microclimi dei nostri vigneti e che oggi garantiscono il permanere di una netta differenziazione tra luoghi di produzione (da qui è nato il concetto di Riva). Differente sarebbe se il Conegliano Valdobbiadene non fosse così ricco di mutevoli e persino opposte situazioni ambientali, questa è una ricchezza ad oggi immutata, e che in futuro deve essere conservata grazie a scelte colturali differenziate in funzione dei luoghi (viticoltura di precisione territoriale).

Le verifiche eseguite nel corso dell'ultima vendemmia (2025) confermano quindi che ad oggi il Conegliano Valdobbiadene Prosecco ha conservato la sua unicità e originalità data dalla diversificazione organolettica legata ai siti di produzione (le Rive), che compongono un valore contro una piatta omologazione di prodotto. I caratteri di base legati all'eleganza, alla finezza e alla freschezza permangono i capisaldi dei nostri vini a cui si aggiungono però le note e le sfumature aromatiche e le diverse complessità legate al singolo sito di produzione.

Le figure 4-5-6 sotto riportate confermano che a circa una settimana dalla vendemmia vi era una differenza di oltre 2°Babo tra le diverse aree della Denominazione, altrettanto evidente il divario nell'acidità con zone più o meno ricche in acidi conseguenza dovuta ai suoli, ma anche all'esposizione e altitudine del vigneto; infine gli amminoacidi ovvero i mattoni su cui si costruiscono le diverse forme degli aromi presentano una altrettanta ricchezza rispetto al testimone da cui conseguirà una interessante variabilità ambientale. Da evidenziare che in funzione della data di raccolta queste differenze potrebbero ridursi, ma non certo appiattirsi.

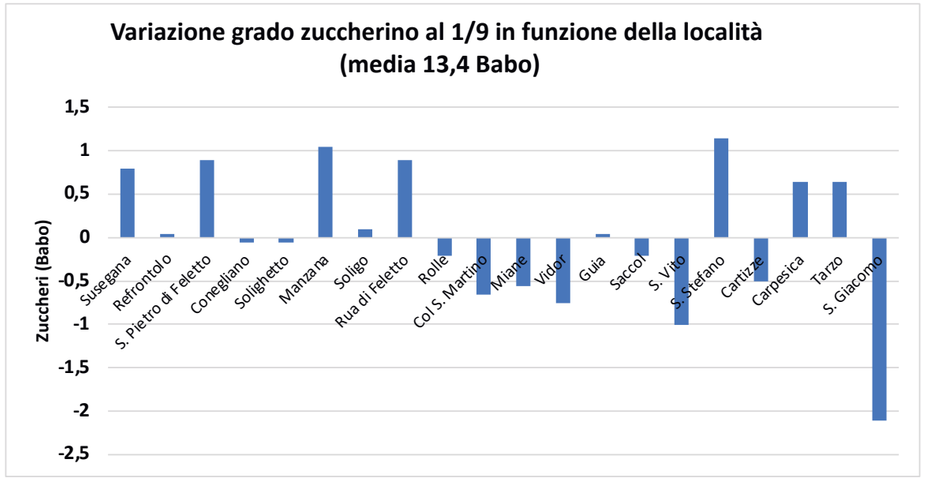


Figura 4

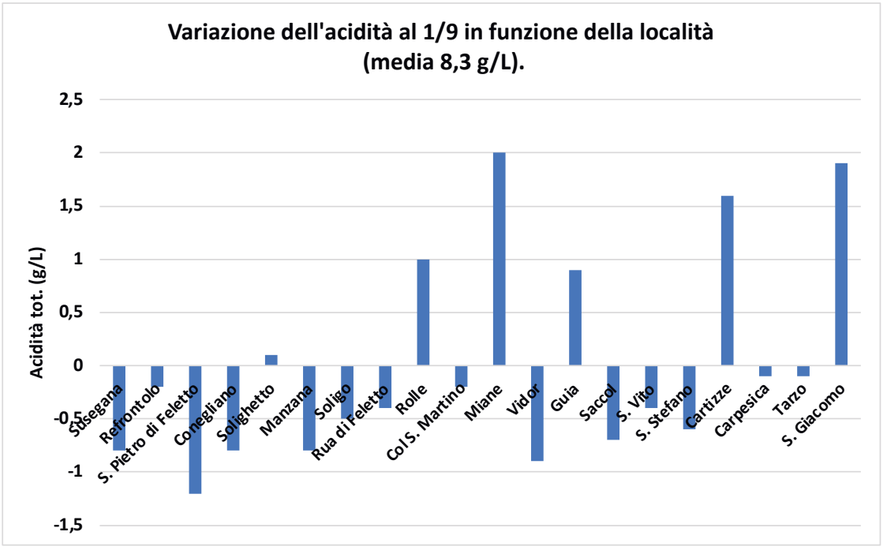


Figura 5

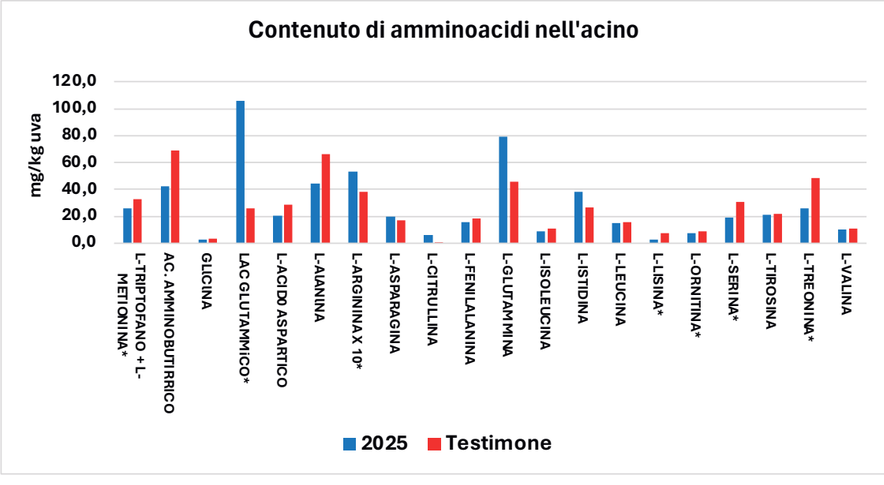


Figura 6

Figure 4-5-6

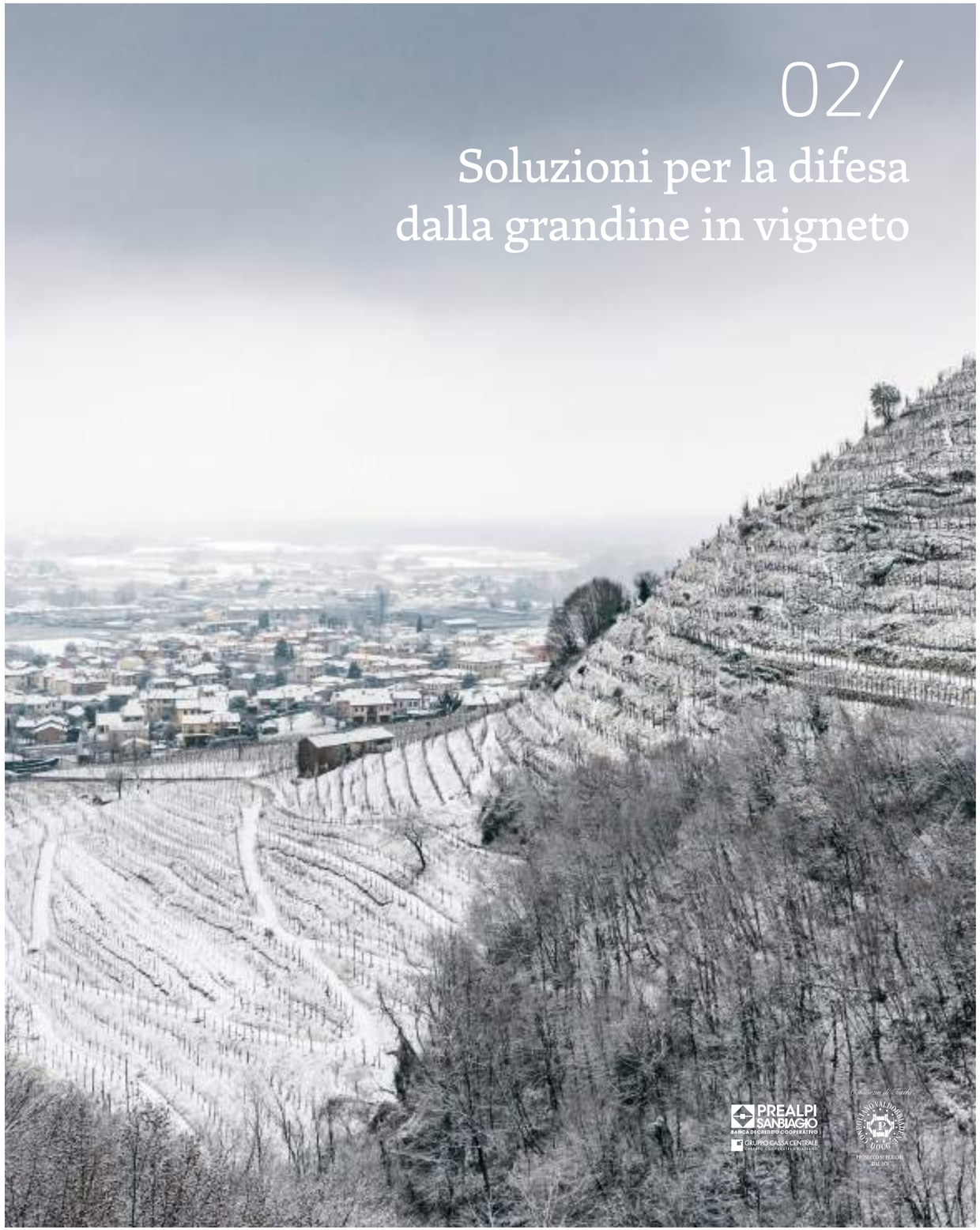
Ad oggi il nuovo clima non ha compromesso la diversità nella composizione delle uve (i grafici riportano in sequenza i contenuti zuccherini, acidi e in amminoacidi in diverse aree), frutto della ricchezza ambientale del Conegliano Valdobbiadene Prosecco (il Testimone nel caso del confronto amminoacidico è dato dai contenuti ottenuti in precedenti esperienze negli stessi areali).

Quanto esposto in queste prime pagine fa comprendere quanto concrete e complesse siano le conseguenze del nuovo clima e quanto per certi versi incerte siano ancora le azioni di contrasto. Gli effetti sul settore vitivinicolo (che interessano il territorio, il comparto viticolo e quello enologico) stanno diventando sempre più evidenti ed ad oggi non vi sono risultanze scientifiche che possano smentire un ulteriore aggravamento nel prossimo futuro. Non possiamo rimanere inerti, ma corre l'obbligo di affrontare il problema in tutte le sue sfaccettature tra le quali prevedere, sulla base dei trend storici e di algoritmi in grado simulare il clima futuro, quale sarà il clima della Denominazione Conegliano Valdobbiadene Prosecco nei prossimi decenni. Ciò servirà per programmare con maggior cognizione di causa le azioni di mitigazione che faranno parte di una naturale evoluzione ed innovazione del sistema produttivo.

Come sarà il clima all'anno 2100?
Sarà ancora sostenibile coltivare la vite?
Quali ad oggi i primi segnali del Cambio Climatico sul vitigno Glera?
Cosa concretamente proporre per mantenere la vite sulle nostre colline?

Questo quanto troverete nei risultati dello studio condotto dal Meteorology Group del Dept. Applied Mathematics and Computer Science dell'Universidad de Cantabria e nei prossimi capitoli di questo resoconto.

02/
Soluzioni per la difesa dalla grandine in vigneto



Soluzioni per la difesa dalla grandine in vigneto

Probabilità e frequenza delle grandinate sono in aumento, in particolare nel nord dell'Italia. Necessario mettere al riparo le piante per difendere la produzione dell'annata e l'integrità stessa delle piante. Utilizzando le reti è importante conoscere gli "effetti secondari" sulla fisiologia della pianta e sul microclima della chioma.

La grandine è una forma di precipitazione solida associata ai fenomeni temporaleschi e indubbiamente costituisce l'evento meteorologico più temuto dai viticoltori per i danni che può portare alla produzione e alla pianta. La previsione nel tempo e nello spazio di questa idrometeora è tuttora affetta da grossi margini di incertezza a causa della sua elevata variabilità evolutiva. Lo stesso vale per la sua misurazione in quanto spesso gli eventi sono molto localizzati con intensità che varia in spazi molto limitati.

Una cosa però è certa, questo tipo di fenomeno è sempre più abituale e uno studio condotto dall'ESSL *(European Severe Storms Laboratory)* lo conferma. I ricercatori dell'ESSL hanno ricostruito la climatologia della grandine di grandi dimensioni in Europa dal 1950 e hanno scoperto che, in tutta Europa, la grandine grande (≥ 2 cm) e molto grande (≥ 5 cm) è più comune nella Francia sud-occidentale, nella Spagna orientale e nel nord Italia, quest'ultima purtroppo è la regione che ha registrato negli ultimi decenni il maggior aumento nella frequenza degli eventi grandinigeni rispetto alle altre regioni europee. In generale l'aumento della frequenza della grandine è causato dall'aumento dell'umidità negli strati più bassi dell'atmosfera.

I dati mostrano anche come in tutto il nord Italia la caduta di grandine molto grande sia oggi 3 volte più probabile rispetto agli anni 50 ed inoltre, la stagione in cui si verificano grandinate di grandi dimensioni si è allungata in tutto il nord Italia, soprattutto a causa di un inizio anticipato in primavera.

L'area interessata dall'evento grandinigeno dell'estate 2025 ha avuto un'estensione di oltre 700 ettari, portando ad una perdita di prodotto dal 20 al 30%. Da sottolineare che in quest'area si sta assistendo ad un incremento della frequenza degli eventi maggiore rispetto al resto della Denominazione: frutto del Cambio Climatico che sta portando alla coincidenza di alcuni elementi climatici proprio su quest'area?

La difesa dalla grandine e dai danni che essa provoca alle colture, nonostante i passi in avanti fatti dalla ricerca, rimane ancora un problema di grande attualità.
Possiamo distinguere le soluzioni che oggi abbiamo a disposizione in due categorie:

1. difese attive, che hanno l'obiettivo di prevenire o annullare gli effetti di un evento grandinigeno;
2. difese passive che hanno, invece, lo scopo di proteggere le produzioni attraverso il sistema assicurativo.

Difesa attiva

RETI A PARETE: MATERIALI, COSTI, GESTIONE ED EFFETTI "SECONDARI"

Il principale sistema di difesa attiva di sicura garanzia ed efficacia è rappresentato dalle reti antigrandine che impediscono al chicco di ghiaccio di entrare in contatto con la produzione e la parte vegetativa della pianta proteggendola da eventuali lesioni che potrebbero compromettere la produzione nell'annate successive. In pianura sono ancor oggi diffuse le reti a "capannina" ovvero a coperture dell'intero vigneto posizionando la rete ad una altezza da terra tale da facilitare sia il passaggio sottostante delle macchine, che lo sviluppo verticale dei germogli. Per l'ambiente collinare dove la pendenza del versante rende difficile il sistema a copertura totale (capannina), si opta per una soluzione più semplice denominata a "grembiule" o a "parete verticale" per facilitare soprattutto la messa in opera primaverile e la chiusura prevendemmiale. Di norma la rete utilizzata è tessuta a giro inglese, realizzata in polietilene ad alta densità (HDPE) stabilizzato ai raggi UV per una maggior resistenza all'usura, con dimensioni della maglia da un minimo di 2 mm a un massimo di 8 mm. Essa può avere altezze che variano dagli 80 ai 120 cm, nelle colorazioni nero, grigio e bianco. La rete viene fissata al filo più alto con le classiche placchette e fatta scendere fino a circa 50 cm da terra avvolgendo uno o entrambi i lati del filare. Può essere fissata nelle testate con dei tubi rotanti e utilizzando particolari braccetti è possibile agevolare le operazioni di stesura. Nel periodo invernale la rete viene avvolta su se stessa nel filo superiore e bloccata; l'operazione di chiusura e apertura delle reti (senza sistemi di agevolazione) richiede all'incirca 10 ore ad ettaro.

La vita utile di una rete nera arriva a 15 anni, mentre si dimezza per quelle bianche. Ad oggi il costo per l'acquisto dei materiali e la loro messa in opera si aggira fra gli 8.000 e i 9.000 € ad ettaro. La presenza della rete crea nella parete vegetativa una variazione di temperatura, umidità relativa, interferenza col vento e modifica dello spettro della radiazione solare che avviene in misura diversa a seconda del colore della rete proteggendo i grappoli dalle scottature. Le reti antigrandine attenuano le escursioni termiche e possono esercitare un certo effetto protettivo nei confronti di venti caldi estivi, inoltre riducono anche l'evapotraspirazione (quelle nere in misura più accentuata). Infine, possono indurre anche un leggero ritardo della maturazione e, da alcune recenti esperienze sembra che la copertura da entrambi i lati del filare già ad inizio stagione, comporti una riduzione della produttività in quanto le gemme ibernanti, che si formano in maggio e giugno all'ascella delle foglie, mostrano una fertilità più bassa rispetto alle gemme presenti sui tralci ottenuti fuori rete che non ne subiscono l'ombreggiamento. Per questo, alcune aziende hanno scelto di accendere una polizza assicurativa fino a inizio giugno, per poi stendere le reti e proseguire con la difesa attiva fino alla vendemmia. Dal punto di vista fitosanitario la difesa risulta più problematica in quanto si viene a creare un ambiente più umido e per cui più favorevole ai patogeni, diventa quindi fondamentale la gestione della chioma sia con la potatura secca che con quella al verde.

Rete antigrandine a rapido avvolgimento grazie alla presenza del tubo rotante

I danni da grandine a volte sono così intensi da avere ripercussioni anche sulla produzione dell'anno successivo

INSEMINAZIONE CON IODURO D'ARGENTO

Fra le tecniche di difesa attiva preventive ovvero quelle che agiscono sul meccanismo di formazione del chicco, troviamo una tecnica diffusasi soprattutto in Francia, che mira ad aumentare il numero di nuclei di aggregazione dei chicchi portando a una riduzione delle loro dimensioni e perciò della loro pericolosità. Può avvenire dall'alto, per mezzo di aerei che sorvolano la nube rilasciando: i) razzi che loro volta rilasciano candelotti fumogeni, ii) pulviscolo formato da particelle di ioduro d'argento; oppure o dal basso attraverso bruciatori a terra che liberano vapori contenenti particelle di ioduro d'argento che arrivano alla nube grazie alle correnti ascensionali interne alla stessa. Il problema principale è l'identificazione della zona di accumulo che all'interno della nube è in continua evoluzione, inoltre, l'efficacia non sembra completamente dimostrata tanto che l'impiego di questa tecnica è stato assai ridimensionato anche perché l'uso di ioduro d'argento non è più consentito in Italia. In alternativa si sta sperimentando la dispersione di pulviscolo non inquinante, e soprattutto ghiaccio secco. Queste procedure sono altrettanto efficaci al pari dello ioduro d'argento, e l'eventuale utilizzo ripetuto nel tempo, non produce danni all'ambiente, persone e animali.

CANNONI AD ONDA D'URTO

Questa tecnica sfrutta le onde d'urto a frequenza costante per alterare i processi di formazione del chicco. Queste onde vengono create dall'esplosione di un gas in una camera di combustione (attualmente è diffuso l'uso di gas propano o GPL). Tuttavia, anche in questo caso, l'efficacia è molto discussa.

Esempio di cannone a Colbertaldo

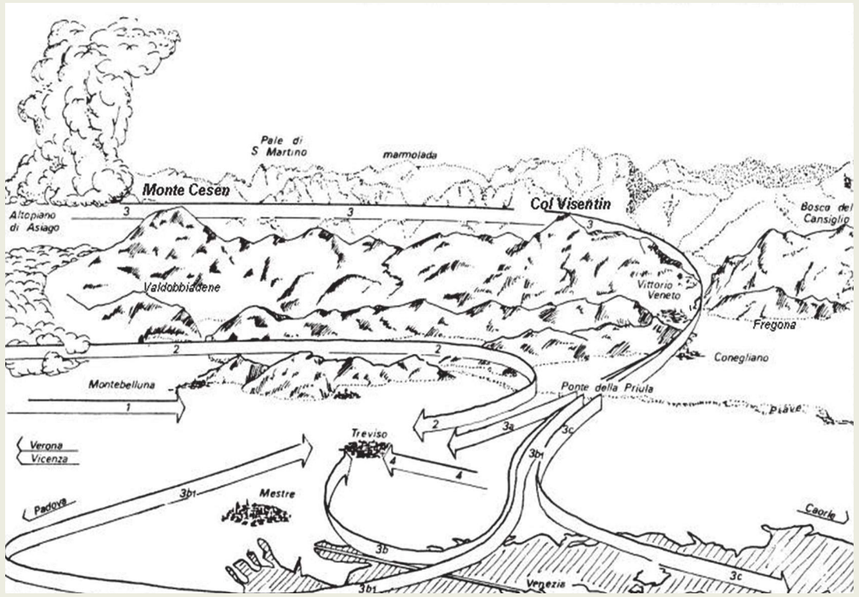
Difesa passiva

POLIZZE ASSICURATIVE

Per quanto riguarda le difese passive, come detto, lo strumento più diffuso è la polizza assicurativa, con la quale l'azienda agricola può trasferire a terzi il rischio di danni dovuti alla grandine, coprendo due tipologie di danno: qualitativo e quantitativo.

Anche grazie al concreto contributo pubblico sul premio assicurativo, previsto nell'ambito della Politica Agricola Comune (PSP PAC 2023–2027) e disciplinato annualmente dal Piano di Gestione dei Rischi in Agricoltura (PGRA), nonché dalla relativa normativa nazionale e comunitaria, questa soluzione rappresenta una valida opportunità nelle zone più esposte e per vigneti di dimensioni importanti, in particolare laddove opera il supporto di Consorzi di Difesa ben organizzati, come Condifesa TVB, attivo da oltre 50 anni e presente nel territorio del Conegliano Valdobbiadene.

Negli anni si sono diffuse anche polizze che, oltre al rischio grandine, coprono ulteriori avversità, fino ad arrivare alle polizze multirischio, che assicurano il vigneto anche dai possibili danni da gelo e brina, vento e siccità. Rispetto alle polizze grandine tradizionali cambiano alcuni parametri (ad es. franchigia a scalare dal 30% al 10%), ma, nel contesto del cambiamento climatico, esse rappresentano una buona opportunità: anche in un territorio storicamente percepito come meno esposto a stress idrici prolungati, la siccità tende infatti a diventare un fattore di rischio sempre più rilevante (resa, equilibrio vegeto-produttivo e qualità), mentre episodi di vento forte e raffiche improvvise possono determinare danni diretti (lesioni e rotture dei tralci) e indiretti (stress meccanico, disidratazione, maggiore suscettibilità a patogeni e scottature).



Agostino Puppo
Genova 1900 - Padova 1985

Docente presso la Scuola Cerletti dal 1925 al 1945 si occupò attivamente di Meteorologia e di Climatologia; sua la mappa qui riportata e tratta da: Il Clima e la Vite a Conegliano. Saggi di biometeorologia e biomatematica vegetale – A. Puppo 1941, rappresenta le sorgenti e le direzioni delle correnti temporalesche sulle nostre colline. Quella più intensa e foriera di eventi temporaleschi e grandinigeni, origina dall'Altopiano di Asiago e passa proprio per la nostra area che da Vittorio Veneto scende a Ogliano che in questi ultimi anni è sempre più soggetta a danni da grandine. Forse il cambio climatico sta intensificando questa corrente d'aria o qualche altro elemento la sta rendendo sempre più pericolosa?

03/
Precipitazioni nei vigneti eroici: cosa ci riserva il futuro?

PREALPI SANBIAGIO
BANCA DI CREDITO COOPERATIVO
GRUPPO CASSA CENTRALE
CREDITO COOPERATIVO ITALIANO
Consorzio di Tutela
CONEGLIANO VALDOBBIADENE
DOCG
PROSECCO SUPERIORE
DAL 1876

Precipitazioni nei vigneti eroici: cosa ci riserva il futuro?

Le previsioni climatiche al 2100 per l'area del Conegliano Valdobbiadene Prosecco, lasciano poco spazio ai dubbi: assisteremo ad estati (mesi di luglio e agosto) sempre più calde e con minori precipitazioni e a primavere sempre più piovose. La risorsa idrica diventa quindi un bene sempre più aleatorio e per questo va valutata nel duplice aspetto dell'eccesso e della carenza ricordando che l'acqua, bene irrinunciabile, è alla base della sussistenza di qualsiasi agro-ecosistema.

I vigneti in forte pendenza sono ampiamente distribuiti nella regione mediterranea e svolgono un importante ruolo nella produzione vinicola, nello sviluppo economico locale e nel mantenimento del territorio, fatto di antichi saperi legati a tradizioni centenarie. Coltivare in alta pendenza richiede una specializzazione specifica e un dispendio di risorse fisiche (circa 800 ore/Ha/anno), ed economiche (i costi ad ettaro superano i 17.000 € anno), non paragonabile alla gestione del vigneto in pianura dove la meccanizzazione riduce di molto i costi. Il cambiamento climatico in atto pone un ulteriore aggravio alle criticità che la viticoltura eroica deve affrontare. Il 2023 si è confermato l'anno più caldo dal 1850, con l'aumento della temperatura media globale di 1.48 °C rispetto al livello preindustriale 1850-1900. Un lungo periodo siccitoso è iniziato nel 2022 e si è concluso solo ad aprile 2023. Il 2024 sarà ricordato per le abbondanti precipitazioni dei mesi di maggio e giugno.

Questi fenomeni saranno sempre più frequenti ed estremi. La viticoltura eroica, soprattutto per ciò che riguarda la risorsa idrica, è più minacciata e fragile di altre viticolture ed è particolarmente esposta agli effetti dell'estremizzazione del clima sia nello scenario di piogge di forte intensità e localizzate, che di siccità di lunga durata.

ECCESSO IDRICO

In aree a forte pendenza dove il filare è sorretto dal ciglione inerbito (come nel caso del Conegliano Valdobbiadene Prosecco) dove la stabilità è dovuta agli apparati radicali della vite e dell'erba, e non dal muro a secco come in molte altre realtà viticole italiane, una pioggia di intensità sino agli 80/100 mm è sopportata senza conseguenze. L'esperienza insegna però che, superare questa soglia, a causa di una seconda quantità di pioggia, anche se ben inferiore, ma a poca distanza dalla prima, può essere sufficiente per superare il limite di stabilità del ciglione per un eccessivo peso del terreno bagnato e generare processi che portano a smottamenti superficiali fino a frane di diversa entità. Questo fenomeno sempre più frequente è particolarmente gravoso nei suoli marnosi, argillosi e da arenaria molto rappresentativi nel comprensorio in esame.

L'immagine riferita all'area del Collagù, evidenzia piccoli smottamenti conseguenti agli eccessi idrici

Una analisi portata sulle precipitazioni cumulate nei mesi di aprile e maggio dal 1959 al 2024 a Conegliano (vedi fig. 1), porta a costatare che le quattro annate di maggior cumulo idrico nel periodo indicato si sono avute a partire dal 2013 ovvero: 2013, 2019, 2021 e 2024.
Questa tendenza sembra a questo punto molto probabile nel suo ripetersi con sempre maggior frequenza negli anni a venire. Ciò comporterà maggiori costi di manutenzione del vigneto e ciò colliderà con la sostenibilità economica dello stesso a cui vanno aggiunte le ripercussioni sul piano paesaggistico.

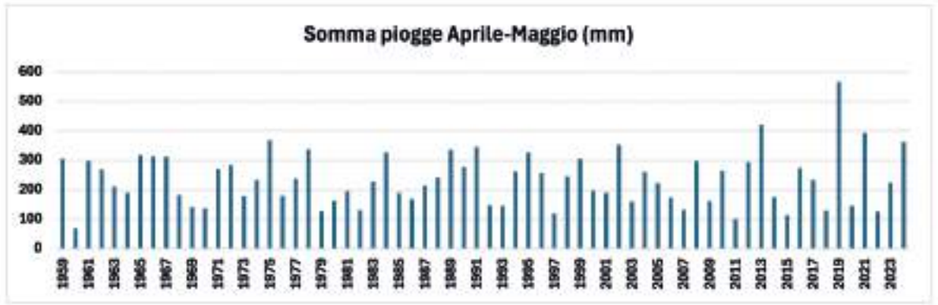


Figura 1

Serie storica delle precipitazioni cumulate nei due mesi di aprile e maggio a Conegliano

A questa problematica non si intravvedono soluzioni immediate se non il prestare sempre maggior attenzione alle opere di drenaggio superficiale e sotto-superficiale evitando l'accumularsi delle acque ed impedendo dannosi percorsi preferenziali. **Sempre uno smottamento è associato ad un accumulo d'acqua!** Una accurata gestione del sistema vigneto nel suo complesso diventa sempre più necessaria in un'ottica di prevenzione del dissesto idrogeologico, dove l'attenzione allo smaltimento idrico in eccesso sarà un caposaldo. È stata condotta una valutazione esaustiva di diversi metodi di downscaling statistico utilizzando diversi set di predittori. In particolare, tutti i metodi e le configurazioni dei predittori sono stati testati concentrandosi specificamente sugli indici climatici rilevanti per la viticoltura (Tabella 4). I risultati per i set di predittori selezionati sono mostrati in Figura 20.

Nel complesso, si riscontrano lievi distorsioni per gli indici di temperatura media e massima giornaliera, mentre si riscontrano prestazioni peggiori per gli indici relativi alla temperatura minima giornaliera. Distorsioni relativamente ridotte si riscontrano per le precipitazioni cumulate (la maggior parte delle quali inferiori al 10%) e per l'HU85 (inferiore a 5 giorni). Maggiori dettagli sulla distribuzione spaziale delle distorsioni nell'esperimento di validazione incrociata e sulla logica alla base dell'utilizzo della regressione lineare anziché dei metodi analoghi per le temperature sono disponibili nell'Allegato 2.

Grande frana verificatasi in seguito alle piogge del giorno 24 luglio 2025 sotto l'abitato di Rolle nel comune di Cison di Valmarino. Come si nota la frana è conseguente alle piogge dei giorni 6/7/8 non ancora smaltite. Il rapido smaltimento delle acque piovane è condizione fondamentale per ridurre gli eventi franosi, in quanto il loro ripristino comporterà un costo che annullerà la redditività del vigneto per alcuni decenni.

Inoltre, altro punto importante sarà quello di mettere in pratica nuovi sistemi di ripristino degli smottamenti affinché siano rapidi, meno costosi e che si rifacciano ai principi dell'ingegneria naturalistica per ridurre al minimo l'impatto ambientale espressamente richiesto dal disciplinare di gestione del nostro sito Unesco.

Briglia in legno ancorata con ancoraggi passivi in barra cava autoperforante (Sirive R32P a dx), nell'ambito dei lavori di messa in sicurezza di una frana sopra il Molinetto della Croda nel Comune di Refrontolo - TV (foto F.lli Vidori Srl, 2022)

Soluzione Nesa-Maccaferri per il ripristino di microfrana nell'area Conegliano Valdobbiadene con tecnologie a basso impatto ambientale: terre rinforzate Terramesh e gabbioni. Il rivestimento Polimac consente una vita utile superiore a 120 anni, rafforzando ulteriormente il concetto di sostenibilità.
Il sistema proposto Nesa-Maccaferri permette inoltre il monitoraggio continuo nel tempo dell'efficienza dell'opera tramite sistemi di diagnostica elettronica della stabilità (vedi sensore bianco su palo).
Per migliorare ulteriormente la stabilità e l'impatto visivo ambientale si è provveduto ed eseguire idrosemina in modo da mascherare completamente l'intervento di ripristino (dettaglio a destra).

Nella realizzazione del nuovo vigneto sempre maggior attenzione dovrà essere prestata al rapido smaltimento dell'acqua evitando accumuli o ruscellamento. In evidenza: ogni filare ha il suo punto di raccolta e smaltimento dell'acqua piovana.

CARENZA IDRICA

Il cambio climatico ci pone di fronte però anche alla situazione opposta, ovvero: l'insufficiente quantità di pioggia per periodi più o meno lunghi non compatibili con le necessità idriche della vite e, come visto nel capitolo introduttivo il Glera da questo punto di vista è molto vulnerabile data la sua alta sensibilità alla carenza idrica. Questo ci fa capire quante siano le ripercussioni negative legate al nuovo clima e come la morfologia collinare e la pendenza siano fattori fortemente limitanti. Gestire la risorsa idrica in eccesso e in difetto su pendenze che possono arrivare e superare il 100% è complesso e in entrambe le condizioni si possono creare situazioni particolarmente critiche.

Ritornando al caso di carenza idrica è assai difficile portare l'acqua dalla pianura alla collina più ripida (per questioni logistiche e di costi, ma anche per la concorrenza con colture cerealicole più sensibili della vite alla mancanza d'acqua). Altrettanto problematico è creare nuovi pozzi in collina dove oltre che portare alla compromissione delle falde vi è anche l'incertezza di arrivare a trovare la falda vista la sua profondità (a volte superiore ai 600/700 metri). Infine, una viticoltura estremamente parcellizzata come quella del Conegliano Valdobbiadene Prosecco, crea limiti di disponibilità economica.

Per tutte queste ragioni sono necessarie delle soluzioni che si basino sull'**ottimizzazione**, sul **risparmio** e sulla **conservazione** delle risorse idriche. Le diverse soluzioni dovrebbero essere applicate assieme, ed anche se non risolutive devono almeno ridurre il rischio e garantire una gestione ottimale e sostenibile della risorsa idrica. Dove un tempo non serviva irrigare, oggi il supporto idrico sebbene di soccorso è diventato importante per garantire il risultato qualitativo. È prospettabile una viticoltura senza supporto idrico di soccorso nelle realtà produttive del Conegliano Valdobbiadene Prosecco? Proprio quando la distribuzione delle piogge sarà meno regolare e la richiesta idrica maggiore causa l'aumento di temperatura e di conseguenza la richiesta evapo-traspirativa? Nella nostra Denominazione i vigneti più a rischio saranno quelli posti su suoli poveri di sostanza organica, su suoli con limitato franco di coltivazione (suoli su conglomerato che da Solighetto arrivano sino a Vidor), vigneti su suolo ricco di scheletro (suolo morenico di Carpesica-Formeniga-Ogliano, o su depositi fluvio glaciale dell'area di Bigolino e di San Giacomo di Veglia).

Di queste tipologie quella appartenente ai suoli da conglomerato è quella più a rischio vista l'estrema difficoltà nel reperire acqua da falda e la loro bassa capacità di riserva idrica; per le altre realtà pedologiche (morenico e fluvio-glaciale) la disponibilità idrica da falda è più accessibile. Come si è visto più in dettaglio nel capitolo introduttivo, il Glera sopporta un grado di stress idrico medio senza particolari conseguenze sulla produttività e sul quadro acido e aromatico. Ben diverse le conseguenze dovute ad uno stress idrico severo anche se limitato ad un breve periodo (5-7 giorni) dove le attese qualitative e produttive saranno compromesse.

Vigneti dove il fattore idrico è l'elemento che maggiormente incide sul risultato quantitativo e qualitativo della vite. Qui la viticoltura è stata permessa dalla quantità di pioggia che fino a 30 anni fa non costituiva un fattore limitante (leggi quantità e distribuzione), ma che oggi pone invece serie sfide sulla sua permanenza e abbisogna di nuove soluzioni.

REALIZZARE INVASI DI PICCOLE DIMENSIONI (MICROINVASI) RISPETTOSI DEL PAESAGGIO

Gli invasi per lo stoccaggio dell'acqua primaverile sono una possibile strategia, che già si è dimostrata efficace in vari contesti agricoli nei Paesi aridi del mondo: accumulare l'acqua nei momenti di eccesso e riutilizzarla nel corso dei periodi più secchi. Oltretutto questi accumuli possono essere strategici per evitare accumuli incoerenti e forieri di smottamenti.

I benefici degli invasi possono quindi essere molteplici e non solo finalizzati all'irrigazione. Infatti, possiamo ricordare:

1. una gestione del vigneto meno soggetta all'andamento delle precipitazioni e quindi più sostenibile da un punto di vista economico. È evidente che accanto all'invaso ci dovrà essere anche un sistema di irrigazione basato su moderni sistemi a goccia con sensori in grado di massimizzare l'efficacia dell'intervento apportando il massimo beneficio alla vite e alla qualità dell'uva;
2. come già anticipato l'invaso può svolgere l'azione di raccolta del deflusso superficiale dell'acqua durante eventi meteo estremi e quindi svolgere una mitigazione di eventuali fenomeni di dissesto idrogeologico. Quasi sempre uno smottamento è legato all'acqua ovvero al superamento del punto di saturazione del suolo o a infiltrazioni sotto superficiali che compromettono la stabilità del ciglione;
3. questa strategia può a volte essere ricondotta al recupero e alla messa in pratica di antichi saperi e pratiche che nel passato vedevano la frequente presenza di piccoli bacini di raccolta o recupero di acque da sorgente per usi prettamente irrigui. Con il passare degli anni gli invasi hanno subito un naturale interramento per scarsa manutenzione perdendo la loro pratica utilità.

Microinvaso capace di raccogliere l'acqua di captazione sottosuperficiale convogliata grazie ad un sistema di drenaggio (Az. Perlage Farra di Soligo)

Nel caso della viticoltura eroica, un sistema di microinvasi dovrebbe essere appositamente studiato e progettato sulla base delle condizioni idro-pedo-morfologiche locali: un conto è progettare un invaso in pianura, un altro è pensarlo in collina, dove lo spazio è limitato e dove le pendenze sono un fattore limitante. Di primaria importanza, quindi, è l'individuazione di siti idonei per l'installazione. La loro corretta progettazione può avvenire sulla base dell'informazione topografica ad alta risoluzione (accurati modelli digitali del terreno con risoluzione di cella inferiore ad 1m) ricavata da rilievo con drone (rilievo fotogrammetrico con tecnica di fotogrammetria *Structure from Motion*) o aereo (rilievo con laser scanner), in questo modo ottimizzando la loro collocazione in punti idrologicamente efficaci per un'effettiva raccolta dell'acqua da deflusso superficiale durante eventi di pioggia intensa.

Nella figura 2 il Prof. P. Tarolli (UniPd) propone una simulazione del funzionamento di un prototipo di microinvasi ipotizzati per un vigneto terrazzato ad alta pendenza (pendenze medie di 30°) considerando due eventi meteo estremi caratterizzati da una precipitazione 82.4 e 182.2 mm/h di intensità e della durata 5 e 10 minuti. Nel dettaglio, considerando un modello digitale del terreno ricavato con rilievo laser scanner (lidar), sono stati progettati 53 invasi con capacità dai 4 m^3 ai 30 m^3 collocati in punti morfologicamente idonei per l'intercettazione del deflusso superficiale dell'acqua durante l'evento simulato. Il sistema proposto è in grado di raccogliere potenzialmente 500 m^3, e per l'evento più estremo considerato è stato possibile raccogliere circa 135 m^3. Le simulazioni sono state effettuate considerando un modello idrologico calibrato e validato sulla base di una dettagliata raccolta di dati di campo inerenti alle proprietà fisico-idrologiche dei suoli (es. tessitura, porosità, struttura, coesione, conducibilità idraulica satura). L'esempio proposto nella figura è un primo tentativo che necessita di essere perfezionato, sia nell'incremento della capacità singola in m3 di raccolta dell'acqua (ideale sarebbe raggiungere i 150 m^3 / ha di volume di acqua stoccata), sia nei materiali e soluzioni progettuali degli stessi.

Una delle sfide future, ad esempio, saranno i sistemi di copertura degli invasi, ovvero soluzioni che vadano a minimizzare le perdite per evaporazione durante giornate estive molto calde. Infatti, il problema emerso nelle recenti estati è l'elevato tasso di evapotraspirazione dovuto alla persistenza di temperature molto alte per più giorni, processo che sta portando alla progressiva aridificazione di alcune aree del Nord Est.

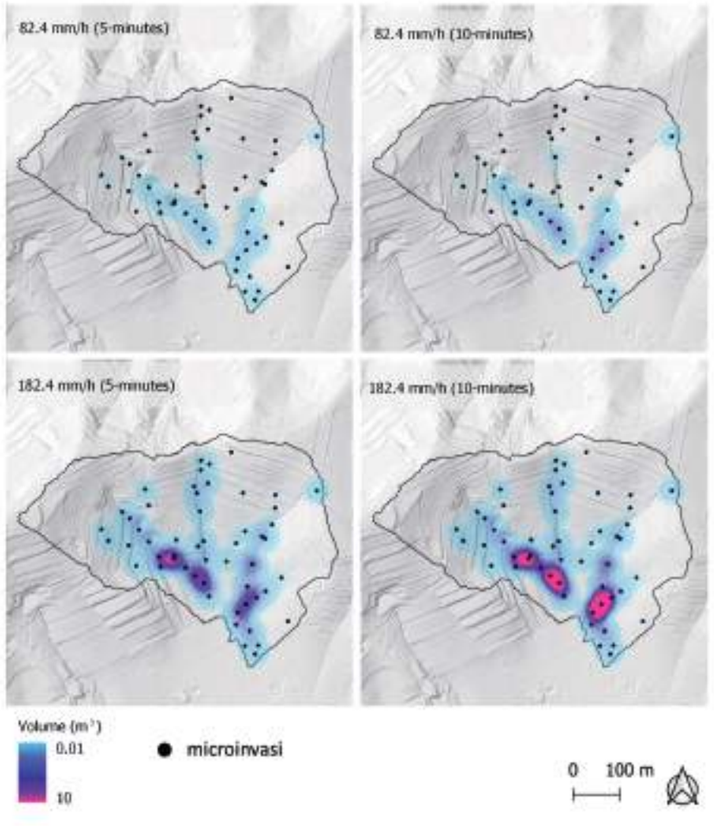


Figura 2

Volume di acqua raccolta in una rete di microinvasi collocata in un bacino terrazzato coltivato a vite, simulando un evento meteo con intensità di pioggia di 82.4 e 182.4 mm/h della durata di 5 e 10 minuti (dal Prof. Paolo Tarolli Università di Padova Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali)

04/

Eccessi termici, meccanismi protettivi e tecniche di mitigazione

Eccessi termici, meccanismi protettivi e tecniche di mitigazione

Disponibilità termiche e luminose elevate rispetto ai fabbisogni del Glera mettono a repentaglio la qualità delle uve. Evitare errori nella gestione della chioma e intervenire con le tecniche disponibili per mitigarne gli effetti permettono di ridurre disidratazioni, scottature degli acini e interferenze sugli aromi.

Temperature e intensità luminose elevate, insieme alla carenza idrica, sono i principali stress ambientali che compromettono la produttività e la qualità dei prodotti agricoli in gran parte del mondo. In Italia gli eccessi termici sono purtroppo in aumento e, in sinergia con elevati irraggiamenti solari, alterano la capacità della vite di condurre un metabolismo "fisiologico" ciò significa un metabolismo che non sia di tipo ossidativo e degenerativo. Le conseguenze sono di tipo morfologico, fisiologico e biochimico a carico delle foglie e degli acini. In particolare, tali condizioni causano riduzioni dell'accrescimento degli acini ed eccessiva disidratazione con danni da scottature solari. Numerose zone ad alta vocazionalità viti-vinicola iniziano ad avere disponibilità termiche in esubero rispetto ai fabbisogni dei vitigni coltivati. In questi casi occorre garantire un uso efficiente della risorsa idrica, non sempre adeguata alle necessità e verificare l'opportunità di intervenire con altre tecniche di adattamento. La mancanza di interventi efficaci rende sempre più frequenti decorsi della maturazione accelerati, perdita di acidità, disidratazioni spinte degli acini, sintesi di aromi sbilanciati verso i sentori specifici della sovramaturazione. Si sottolinea che sempre più di spesso gli stress termici estivi si presentano congiunti alla carenza idrica con un fenomeno moltiplicatore degli effetti negativi sulla qualità dell'uva.

GLI EFFETTI DEGLI ECCESSI TERMICI

Temperature dell'aria superiori a 35 °C, pur non accompagnate da carenza idrica, possono causare disidratazioni spinte e danni da scottature a carico dell'uva, mentre raramente sono responsabili di danni significativi alle foglie.

Il motivo di questo diverso comportamento risiede nelle modalità di trasporto dell'acqua all'interno dei due organi: nelle foglie l'apporto continuo di acqua mediante il sistema xilematico rifornisce i relativi tessuti indipendentemente dalla fase fenologica e i meccanismi preposti alla termoregolazione operano efficacemente. Negli acini, invece, a causa della perdita di funzionalità dei vasi xilematici già all'invaiatura, l'afflusso di acqua da questa fase in poi avviene principalmente per via floematica; l'acino si viene quindi a trovare in una condizione di semi-isolamento idraulico dalla pianta madre e ogni qual volta la domanda evaporativa dell'ambiente diviene particolarmente forte (es. con temperature fogliari superiori a 35 °C e umidità relativa dell'aria minore del 50%) gli acini esposti direttamente ai raggi solari sono facilmente soggetti ad eccessive e continue perdite d'acqua per evaporazione e stante la difficoltà a reintegrare rapidamente tali perdite conduce a diminuzioni del turgore, del volume e del peso dell'acino, con fenomeni di avvizzimento. I danni possono intensificarsi ulteriormente per il perdurare degli stress termici/luminosi e portare a vere e proprie scottature degli acini con gravi necrosi a livello di tessuti sia dell'epidermide che della polpa. A dimostrazione di ciò, vi è il fatto che molto spesso i grappoli permanentemente ombreggiati e/o le porzioni dei grappoli in ombra, ovvero gli acini che si trovano nella parte opposta a quella esposta ai raggi solari, mantengono un buon turgore cellulare, mentre la porzione di grappolo rivolta all'esterno e quindi direttamente esposta ai raggi solari mostra vistosi fenomeni di raggrinzimento e/o imbrunimento, spesso associati anche a necrosi.

Stress da calore su grappoli di Glera nell'annata 2025 in loc. Riva di Col S. Martino.
Le due immagini ben evidenziano, a sinistra, l'inizio dei sintomi di ossidazione enzimatica dei fenoli e chinoni, mentre a destra gli esiti di disidratazione spinta e di scottature nella parte esposta alla radiazione solare diretta.
In entrambi i casi le foglie non presentano ancora sintomi anche perché tendono ad assumere una posizione verticale sfuggendo di conseguenza ai raggi solari diretti.

TECNICHE DI MITIGAZIONE DEGLI ECCESSI TERMICI

Prima di tutto per contenere i fenomeni di eccesso termico/luminoso è necessario evitare le operazioni che nel corso della maturazione possano causare la riesposizione dei grappoli alla piena luce solare. Eccessi termici possono derivare da interventi eseguiti in tempi e modi non corretti, come ad esempio eccessive scacchiature e/o sfemminellature nel tratto basale dei tralci oppure defogliazioni in prossimità dei grappoli. Si viene così a perdere l'effetto protettivo sui grappoli con inevitabili aumenti della temperatura. In tali condizioni si verificano perdite significative di acidità, soprattutto malica e alcuni profumi varietali, soprattutto terpeni. Inoltre, gli acini esposti alla radiazione solare diretta per svariate ore durante i mesi più caldi dell'estate vedono accrescere in modo rilevante il contenuto in flavonoli nelle bucce, soprattutto nei vitigni a bacca bianca.

Quelli maggiormente rappresentati sono la quercetina-3-O-glucoside e la quercetina-3-O-gluoronide, sempre in forma glicosidica ovvero legati a vari zuccheri, meno abbondante risulta il canferolo. Questi flavonoli, di colore giallo, sono pigmenti che vengono sintetizzati e accumulati con funzione di protezione sia nei confronti della radiazione ultravioletta che della perossidazione dei lipidi, ma che durante la vinificazione apportano intense note di astringenza e di amaro oltre a rendere i vini instabili dal punto di vista cromatico.

Diverse sono le tecniche utili a mitigare gli effetti negativi fin qui descritti. Sono tutte orientate a ridurre l'innalzamento della temperatura dei grappoli e delle foglie e, quindi, dei fenomeni ad esso correlati. Allo scopo di avere un quadro completo di come si stiano affrontando queste problematiche, a seguire si riportano alcuni interventi in atto nei diversi areali geografici italiani in alcuni casi ancora in via sperimentale, ricordando però che nel caso del Conegliano Valdobbiadene Prosecco la soluzione ottimale è quella di proteggere il grappolo gestendo la chioma e, dove possibile, intervenire con l'irrigazione.

TRATTAMENTI FOGLIARI CON CAOLINO

Questa argilla bianca irrorata sulle chiome poco prima di eventi termici potenzialmente dannosi esercita una elevata capacità "sun-screen", aumenta infatti la riflessione della luce, raffredda i tessuti sia delle foglie che degli acini fino a oltre 7-8 °C, preserva l'integrità dei tessuti vegetali, e inoltre consente il pieno recupero delle attività fisiologiche e metaboliche dopo il passaggio dell'ondata di calore. Inoltre, protegge gli acini dalla disidratazione e contiene sia le perdite di produzione che la degradazione di acidi organici e precursori aromatici.

Tecnicamente, l'applicazione del caolino, alla dose ottimale del 3% (cioè 3 kg/100 litri di acqua), può essere eseguita monitorando le temperature dell'aria e utilizzando la formula dell'Australian Grape and Wine Authority che prevede di irrorare le chiome delle viti quando la temperatura massima dell'aria supera 35 °C per 2-3 giorni consecutivi, oppure 40 °C per almeno un giorno. La sua elevata dilavabilità a seguito di piogge, anche di limitata intensità, consiglia l'aggiunta di opportuni adesivanti. In conclusione, il caolino, oltre a garantire una elevata flessibilità, risulta semplice da somministrare, ha effetti positivi anche come barriera fisica nei confronti di numerosi insetti nocivi ed è piuttosto economico; si possono, inoltre, irrorare soltanto le pareti dei filari assolate nel pomeriggio, notoriamente più sensibili riguardo sia alle foto-inibizioni che ai fenomeni di scottatura dell'uva *(sun-burn)* con un dimezzamento dei costi.

Le immagini riportate a seguire si riferiscono ad una prova condotta nel 2018 presso i vigneti dell'Az. Cecchetto Giorgio a Tezze di Piave. L'obiettivo mirava proprio a verificare, in un vigneto di Glera non irrigato e su suolo ghiaioso, se la distribuzione del caolino su foglie e grappoli poteva avere un effetto su un più alto contenuto acido delle uve. Ebbene i risultati hanno in effetti confermato un miglior stato idrico della pianta e una miglior tenuta acida dell'uva, ma per quest'ultimo parametro la differenza con il testimone non trattato non è risultata significativa e di valore pratico (+0.3 g/L di acidità). È stato quindi confermato l'effetto positivo del caolino ai fini idrici (leggi minor traspirazione), ma la prova ha dimostrato che una accurata gestione dell'azoto in post-fioritura sino ad invaiatura inoltrata, è uno strumento più efficace per contrastare il calo acido post-invaiatura (+1.5/2 g/L di acido malico nella tesi trattata rispetto al testimone).

Immagini di pareti fogliari e grappoli trattati con caolino; in basso a destra in evidenza un acino nel quale era stata inserita una sottile sonda termica per rilevarne in modo continuativo la temperatura.

USO DI RETI SCHERMANTI

L'applicazione di reti schermanti durante la maturazione, oltre a proteggere l'uva da eventuali grandinate, contiene il surriscaldamento dei grappoli e ne ritarda la maturazione; rallenta pertanto la capacità di accumulo di zuccheri e polifenoli e preserva il quadro acidico, soprattutto malico, essenziale in un'ottica di vinificazione per vini bianchi, frizzanti e spumanti. Questi risultati sono imputabili maggiormente all'ombreggiamento delle foglie piuttosto che a quello dei grappoli e con riferimento ai flavonoidi tali effetti sono collegati all'espressione dei geni responsabili della loro biosintesi. Gli effetti dell'ombreggiamento artificiale con reti schermanti si possono così riassumere: 1) leggera riduzione della fotosintesi e aumento dell'efficienza dell'uso dell'acqua; 2) ritardo della maturazione dell'uva; 3) mantenimento di maggiori livelli di acidità, soprattutto malica; 4) riduzione della componente fenolica; 5) miglioramento del quadro aromatico; 6) contenimento delle sostanze di riserva. Tuttavia, l'intensità di tali effetti dipende da svariati fattori, quali: l'intensità di attenuazione della luce, il momento di applicazione delle reti sulla chioma, le condizioni ambientali, il vitigno e, in caso di reti fotoselettive, il colore della rete stessa in quanto modifica non solo la quantità di luce che la attraversa, ma anche la qualità, cioè lo spettro delle radiazioni.

Questa soluzione nel caso del Conegliano Valdobbiadene Prosecco non sembra facilmente applicabile in tutte le realtà vista l'articolata morfologia del territorio. Sarebbe comunque interessante verificare se l'applicazione delle protezioni antigrandine, abbia anche un effetto nel contenimento delle temperature della parete vegeto-produttiva con una miglior conservazione acida e aromatica delle uve.

IRRIGAZIONE SOVRA-CHIOMA REFRIGERANTE

Nei periodi caratterizzati da caldo perdurante, quando cioè le temperature sia diurne che notturne sono particolarmente elevate e le escursioni termiche decisamente ridotte, il raffreddamento diurno della vegetazione al fine di evitare pericolosi surriscaldamenti di foglie e acini può essere ottenuto con una irrigazione sovra-chioma, con finalità di refrigerazione evaporativa, attraverso la somministrazione di acqua finemente nebulizzata con appositi spruzzatori. Un'indagine eseguita su Sauvignon blanc ha evidenziato che la formazione di una cortina di nebbia tale da coprire l'intera chioma per mezzo di particolari ugelli ogni qualvolta la temperatura dell'aria superava 30 °C e l'umidità relativa scendeva sotto il 70%, ha permesso di contenere la temperatura della chioma, con punte di -7 °C e di regolarizzare la maturazione dell'uva attraverso la salvaguardia del pH e del tenore acidico, specialmente nella frazione malica, rispetto alla parcella non sottoposta a refrigerazione evaporativa (precisamente 7,8 vs 7,0 g/l di acidità totale e 1,8 vs 1,0 g/l di acido malico) e aumenti significativi a carico di alcuni tioli volatili. Inoltre, il consumo idrico è stato piuttosto modesto. Anche questo pur manifestando un sicuro interesse, sembra poco applicabile alle realtà della nostra viticoltura.

COMPLESSAZIONE DELLA CHIOMA

Come già anticipato tutte le operazioni che durante la maturazione causano la riesposizione dei grappoli alla piena luce solare sono da evitare al fine di contenere gli inevitabili fenomeni di ipertermia. Infatti quando le temperature raggiungono valori estremi, gli acini diventano vulnerabili alle scottature. Tali condizioni vanno evitate garantendo sempre una certa copertura fogliare dei grappoli anche grazie alla presenza delle femminelle. La gestione della chioma negli ultimi anni è stata rivalutata e sottoposta ad attente osservazioni proprio per andare incontro agli effetti del cambio climatico. In alcune aree del Veneto (vedi Soave, Valpolicella e Colli Berici) la pergola sta suscitando un nuovo e giusto interesse stante però la locale storica tradizione al suo impiego. Nel caso del Conegliano Valdobbiadene non esiste una tradizione in tal senso e quindi un nuovo modo di concepire forma, interventi, tempi e modalità di gestione della parete vegetativa è argomento di nuova attualità. Diventa quindi significativo ricordare che le sfogliature dell'intorno dei grappoli possono essere eseguite in due momenti ben precisi:

1. Subito dopo la fioritura fino al raggiungimento dello stadio fenologico "granello di pepe",
2. oppure in prossimità della raccolta quando oramai le temperature sono calate.

Nel primo caso si viene a creare una sorta di adattamento dell'acino anche grazie alla sintesi di flavonoli nella buccia, nel secondo caso invece le temperature di settembre difficilmente superano i livelli di guardia termica.

Foto 9- Vigneto eccessivamente defogliato nella zona dei grappoli. I grappoli situati sul lato della parete direttamente assolata nel pomeriggio sono maggiormente propensi a ridurre il quadro acidico e aromatico, a seguito di aumenti rilevanti della temperatura. In tali casi è bene non defogliare, oppure eseguire blandi interventi e solo dove la fogliosità è palesemente eccessiva.

Suolo ed apparato radicale: la vera strategia un gemellaggio per fronteggiare le sfide climatiche del futuro

Una delle più importanti sfide a cui il settore vitivinicolo deve far fronte è quella di garantire la qualità e l'originalità delle produzioni a fronte dei cambiamenti climatici in atto. Interessanti risultati e indicazioni applicative emergono dalla conservazione e dall'aumento della sostanza organica e della biodiversità nel terreno.

Partiamo ricordando di cosa si compone il suolo e quali sono le funzioni e il comportamento delle radici per poi calarci nella relazione suolo/radice e comprendere come queste due entità siano i migliori alleati del viticoltore nel contrastare il cambio climatico.

IL SUOLO

I caratteri compositivi dell'uva dai quali deriveranno poi le note compositive e qualitative del vino, sono strettamente legati non solo ai fattori climatici e colturali, ma anche e, forse in modo sempre più determinante dai caratteri originari e dinamici del suolo. La tab. riportata e tratta da Van Leeuwen et al. 2004, ben fa capire il peso del suolo nel governare la composizione del grappolo e più in generale lo sviluppo annuale della pianta. Dalla stessa si comprende che il suolo e l'andamento stagionale (annata) operano in combinazione nell'indirizzare lo stato vegetativo della vite e la qualità dell'uva; il suolo però da solo gestisce maggiormente lo stato vegetativo e produttivo in quanto ha un peso significativo nella quantità di acqua messa a disposizione della vite per il suo sviluppo vegeto-produttivo annuale. Questo trova conferma nel fatto che il suolo influenza la piena funzionalità dell'apparato radicale attraverso il rifornimento idrico, l'assorbimento degli elementi minerali, la disponibilità di ossigeno e favorendo in modo diretto o indiretto la sintesi di metaboliti primari e secondari da parte della pianta. Nel suolo, infatti, le radici possono svilupparsi in modo più o meno fitto e a diversa profondità in relazione allo stato fisico e alla disponibilità in ossigeno, acqua ed elementi nutritivi; il suolo è quindi strettamente responsabile del numero di radici, della loro distribuzione e della loro funzionalità. Sono le radici che si relazionano immediatamente con la parte aerea cooperando per affrontare situazioni climatiche o colturali non ottimali. Per questi motivi l'analisi del suolo non può essere disgiunta dall'analisi dell'apparato radicale.

Variabili quali/quantitative	Suolo %	Varietà %	Annata %	Interazione Suolo x Varietà	Residuo %
Zuccheri (g/L)	32	41	15	2	10
Acidità (g/L)	3	18	70	1	7
Antociani (g/Kg)	30	3	41	1	26
Kg uva/vite	32	1	25	12	30
Peso grappolo (g)	31	24	16	5	24
Vigoria (peso legno potatura)	28	21	20	9	22
Uva/Vigoria (Ravaz)	15	7	40	3	34
Superf. Fogliare/Uva	2	13	45	3	36
Stato idrico (fioritura-raccolta)	35	2	44	1	18

Percentuale della varianza attribuibile al Suolo rispetto alla Varietà e all'Annata (il residuo indica ciò che non è spiegato dai tre fattori analizzati e che in parte può dipendere dalle scelte operate dal viticoltore)

Ma vorremmo spingerci ancora oltre, considerando il peso sempre più importante che il suolo sta acquisendo non solo nel caratterizzare i territori viticoli, ma anche nell'essere a fianco del viticoltore nella difficile sfida al cambio climatico. L'origine geologica del suolo, la sua storia evolutiva sino alle pratiche colturali che lo hanno trasformato in suolo agrario, sono impronte fisse, ma anche dinamiche tanto che nel giudicare l'attitudine, la vocazione e le condizioni pedologiche che creano il benessere radicale, anche a fronte di quanto detto sopra, tre sono essenzialmente i caratteri da considerare:

1. le proprietà idrologiche, ovvero la capacità di trattenere, ma anche di smaltire l'acqua in eccesso (riserva idrica e drenaggio),
2. gli impedimenti alla distribuzione, all'approfondimento e alla funzionalità delle radici (vedi caratteri fisici e disponibilità di ossigeno per i fenomeni di respirazione della radice),
3. la sua origine, la sua storia e il suo stato attuale (sostanza organica e rizosfera);

Questi, secondo molti autori, i principali valori del suolo che sovrastano anche le sue disponibilità nutritive e che inducono la vite ad essere meno esposta agli effetti del nuovo clima.

Se da un lato abbiamo quindi il clima, oramai indiscutibilmente cambiato, dall'altro abbiamo il suolo i cui caratteri sono spazialmente molto variabili e la cui composizione chimico-fisica risente grandemente dell'attività antropica. L'origine geologica, i fattori della pedogenesi e l'attività umana che hanno trasformato il suolo più o meno rapidamente in terreno (per terreno si intende il suolo coltivato), hanno una rilevanza notevole nel comportamento radicale e nelle relazioni che si instaurano tra radice e chioma. A questo punto entra in gioco la sostanza organica e la vitalità microbica ad essa legata, di cui la radice ne beneficia tanto da creare strette relazioni simbiotiche con funghi e batteri. Se il futuro ci prospetta estremi climatici sempre più frequenti, un suolo attivo e vivo può permettere di mitigarne gli effetti negativi attraverso:

1. Il contenuto in sostanza organica quale materia in grado di trattenere l'acqua. Si stima che aumentare dell'1% il contenuto di sostanza organica del suolo corrisponda alla possibilità di trattenere 270.000 lt di acqua ad ettaro, pari a 27 mm di pioggia (Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti - USDA). Un tempo i suoli erano ricchi di materia organica grazie alle frequenti concimazioni organiche, oggi molto spesso questa pratica non è più facilmente attuabile e i suoli si stanno impoverendo. Il ricreare un substrato organico è operazione lunga e dispendiosa, ma diventa più facilmente praticabile attraverso le tecniche del sovescio, l'uso di compost prodotto in azienda o di altra origine, l'uso di pellettati organici, etc.
2. Va anche rivista la gestione del suolo considerando l'azione dei microorganismi che vivono nella rizosfera ovvero nel sottile strato di suolo che avvolge la radice. Per troppo tempo abbiamo dimenticato che in un grammo di suolo a contatto con la radice convivono diversi miliardi tra funghi e batteri che vengono nutriti dalla pianta (si stima che oltre il 30% del prodotto della fotosintesi viene messo a disposizione della rizosfera) e che ad essa forniscono strumenti per meglio assorbire gli elementi nutritivi (azoto e fosforo in primis) e per meglio superare condizioni di stress.

La metagenomica, attraverso lo studio del DNA estratto da campioni di suolo, è in grado di evidenziare la specificità microbiologica di ogni terreno e le migliaia di specie microbiche presenti. Ciò diventa di estremo interesse alla luce delle numerose relazioni mutualistiche che si instaurano tra funghi, batteri e pianta, dove gli apparati radicali fungono da intermediari con attività portate su livelli diversi in funzione dello stato del suolo. Nella relazione mutualistica tra micorrize e radice, le ife del fungo riescono a quadruplicare lo strato esplorato di terreno sino ad arrivare ad occupare interstizi altrimenti impossibili da raggiungere da parte dei peli radicali.

Le disponibilità idrico nutrizionali vengono quindi meglio utilizzate grazie ad una più ampia esplorazione del suolo da parte dei microorganismi simbionti.
Ma ancora una volta intervengono le lavorazioni del suolo che diventano dannose per il complesso microbiologico del suolo quando sono troppo invadenti. In particolare si fa riferimento all'uso di frese e altre attrezzature che sminuzzano eccessivamente il suolo, creano suole di lavorazione, attrezzi che smuovono e rivoltano i primi 10/20 cm di terreno sconvolgendo l'equilibrio e la ricchezza microbica, ma soprattutto ossidando la sostanza organica portando alla sua rapida decomposizione e alla mancata trasformazione in humus.

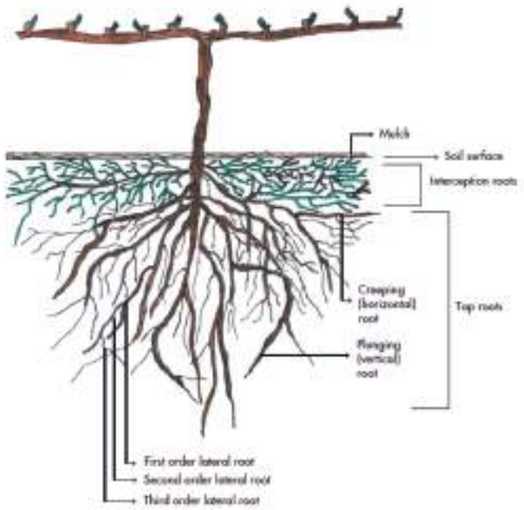
3. Per troppo tempo il suolo è stato considerato un "serbatoio" da riempire di acqua ed elementi nutritivi (soprattutto azoto), senza considerare che le sue funzioni sono ben diverse dall'essere solo un contenitore. Dobbiamo riconsiderare la necessità di assicurare un ampio sviluppo radicale per rendere la vite più resiliente al clima. La radice deve espandersi secondo un disegno a tutto cerchio e deve potersi approfondire secondo gli stimoli genetici dettati dal portinnesto. Il suolo che ospita la barbatella deve quindi essere soffice, giustamente ricco di elementi minerali e materiale organico nonchè abbastanza profondo (almeno 40/50 cm). È oramai accertato che la vite imposta la disposizione del suo sistema radicale nei primi due anni dopo l'impianto. Negli anni successivi svilupperà una distribuzione più fitta, ma senza cambiare di molto l'impalcatura principale già impostata. Per questo motivo il suolo al momento dell'impianto deve essere attentamente preparato sia per i suoi aspetti fisici (permeabilità ed aerazione) che chimici (sostanza organica).

Il valore del suolo va quindi ampiamente reinterpretato in una definizione di fertilità più ampia e ricca dove il mantenimento di un suolo non compatto, drenante e ricco di sostanza organica, crea le premesse per un vigneto in grado di sopportare meglio il cambio climatico.
Si ricorda:

1. Un suolo con buona capacità drenante nei casi di eccessive precipitazioni;
2. Un suolo ricco di sostanza organica con maggior capacità di trattenuta idrica per far fronte ai periodi siccitosi;
3. Un suolo ricco di attività microbica per facilitare il "dialogo" tra vite e suolo, dove ad esempio le micorrize contribuiscono all'assorbimento di azoto e fosforo e stimolano la pianta a mettere in atto strategie biochimiche per superare stati di stress.

LA RADICE

Siamo sempre stati abituati a cercare eventuali cause di malessere di una vite analizzando la sua parte aerea, dimenticando invece che spesso è l'apparato radicale che deve essere preso in considerazione in quanto è un organo molto delicato al quale sono assegnate una grande molteplicità di azioni; qualsiasi perturbazione alla piena funzionalità delle radici si ripercuote inevitabilmente sulla parte aerea.



Una vite adulta ha un apparato radicale del peso variabile da 4.0 a 7.5 kg che per una densità media di 2.500 ceppi ha corrispondono a 112-175 quintali

Figura 1

L'apparato radicale della vite si divide sostanzialmente in due porzioni: una superficiale (interception roots) preposta all'assorbimento degli elementi nutritivi e una profonda (tap roots) il cui compito è quello di assorbire l'acqua.

Per molto tempo si è creduto che disporre di un buon apparato radicale dipendesse esclusivamente dal portinnesto utilizzato, ottenuto usando quasi esclusivamente *Vitis rupestris, berlandieri e riparia* di origine americana. Senza sminuire il ruolo del portinnesto, date anche le sue specifiche caratteristiche di adattamento al suolo e al clima, dobbiamo però tener conto che lo sviluppo dell'apparato radicale è dettato prioritariamente dalle condizioni del suolo e dalle pratiche agronomiche scelte dal viticoltore.

Un portinnesto può espletare le sue peculiari attitudini innanzitutto solo se è posto in condizioni che escludano ristagni idrici e compattamento del suolo: **la radice ha bisogno di ossigeno.** Affinché la gestione del vigneto possa essere eseguita nel miglior modo, risulta di fondamentale importanza conoscere le principali funzioni e i ritmi di accrescimento ed assorbimento delle radici. Lo sviluppo radicale è di tipo ciclico e presenta due picchi massimi annuali sfalsati rispetto al picco dello sviluppo aereo e alla maturazione dell'uva. La radice si accresce in maniera esponenziale nell'intervallo compreso tra il pianto e la fioritura e nell'intervallo compreso tra la raccolta e la caduta delle foglie. Al di fuori di queste fasi risente della forte competizione dovuta allo sviluppo dei germogli (post-fioritura) e della presenza dell'uva. Inoltre, la radice svolge l'insostituibile funzione di immagazzinare zuccheri, amido ed elementi minerali (ad esempio fosforo e azoto), che vengono accumulati nella fase di post vendemmia ed utilizzati nella primavera successiva, alla ripresa del ciclo annuale rendendo la vite indipendente dalle condizioni meteo fino ad uno stadio di sviluppo di 7/9 foglie.

I tre requisiti fondamentali per avere una funzionalità ottimale della radice sono: i) il grado di aerazione del suolo, sottolineando l'assoluta necessità che almeno il 15/20% della porosità del suolo sia occupato dall'aria, ii) il contenuto in sostanza organica e la conseguente attività microbica e iii) la sua umidità, ai quali va aggiunta parallelamente anche la dotazione minerale. Lungo il profilo verticale ed orizzontale del terreno, gli apparati radicali possono quindi svilupparsi costruendo un reticolo più o meno fitto in relazione allo stato fisico del suolo, cui contribuisce anche la presenza della sostanza organica e alla sua disponibilità in acqua e ossigeno. Conseguentemente, lo stesso portinnesto può presentare performance diverse in base alle caratteristiche del suolo su cui è posto.

Volendo riassumere: la profondità dei suoli, la tessitura (percentuale di sabbia, limo e argilla), il contenuto in sostanza organica, la compattazione, i fenomeni di idromorfia (più o meno prolungata saturazione idrica) ed asfissia ad essi legati, sono i fattori che influiscono in maniera determinante sulla formazione, sviluppo e funzionalità delle radici. La disponibilità idrica è forse il fattore primario di regolazione della crescita, in quanto le radici necessitano di acqua per potersi accrescere e per assorbire gli elementi nutritivi presenti nel terreno. Esiste sempre una chiara correlazione quindi tra il modo in cui si distribuiscono le radici nel suolo e il livello di umidità dello stesso; per fare un esempio concreto, nei terreni argillosi ove le disponibilità idriche sono mediamente buone lungo tutto il profilo, le radici tendono a svilupparsi maggiormente

negli strati superficiali, mentre nei terreni sciolti esse tendono ad accrescersi principalmente negli strati più profondi in quanto tendenzialmente più umidi. La funzione primaria assegnata alle radici è quella di cercare l'acqua, ciò ha fatto sì che essa abbia sviluppato un sistema talmente raffinato di "sentire" la presenza idrica, tanto che recentissime esperienze convergono verso la conferma che l'apice radicale è in grado di percepire le vibrazioni create dal flusso idrico e dirigersi verso la loro sorgente.

Figura 2

La quantità di scheletro è un'importante caratteristica dei suoli che ha dirette ripercussioni sulla distribuzione e sull'approfondimento radicale.
Nella foto a sinistra suolo ricco in scheletro (suolo morenico di Carpesica) con ridotta capacità di trattenere l'acqua e apparato radicale molto robusto che si localizza principalmente nella parte superficiale più evoluta e ricca di sostanza organica, ma vi è la presenza anche di radici che si approfondiscono oltre il metro e che hanno l'unico compito di cercare le limitate disponibilità idriche nei periodi siccitosi. Per questo in simili situazioni la scelta del portinnesto deve sempre cadere su genotipi vigorosi (vedi relativo capitolo).
Nella foto a destra invece identico suolo morenico di Formeniga, ma il vigneto presenta l'impianto di irrigazione. In questo caso l'apparato radicale si mantiene in superficie in quanto non è stimolato ad approfondirsi. Una buona gestione dell'acqua dovrebbe evitare di eccedere con questo strumento creando momenti di "sofferenza idrica" (diversa dallo stress idrico), per spingere la radice più in profondità.
Interessante con questa comparazione confermare quanto la radice sia un organo "intelligente" prontamente reattivo alle condizioni di coltura, ma anche alle tecniche di gestione impiegate.

Come già accennato, un altro fattore che determina il benessere dell'apparato radicale è il contenuto di sostanza organica. È universalmente riconosciuto che l'apparato radicale risulta più fitto ove vi è una maggior presenza di materiale organico, in quanto ne deriva una maggior popolazione microbica (leggi micorrize) nel suolo. È quindi molto importante mantenere nel terreno un'adeguata dotazione di sostanza organica, che deve aggirarsi mediamente su valori prossimi o superiori al 3%. Sempre più importanza, in questo ambito, viene data all'utilizzo del sovescio e del compost ottenuto con i sarmenti di potatura e con il materiale di scarto della vinificazione.

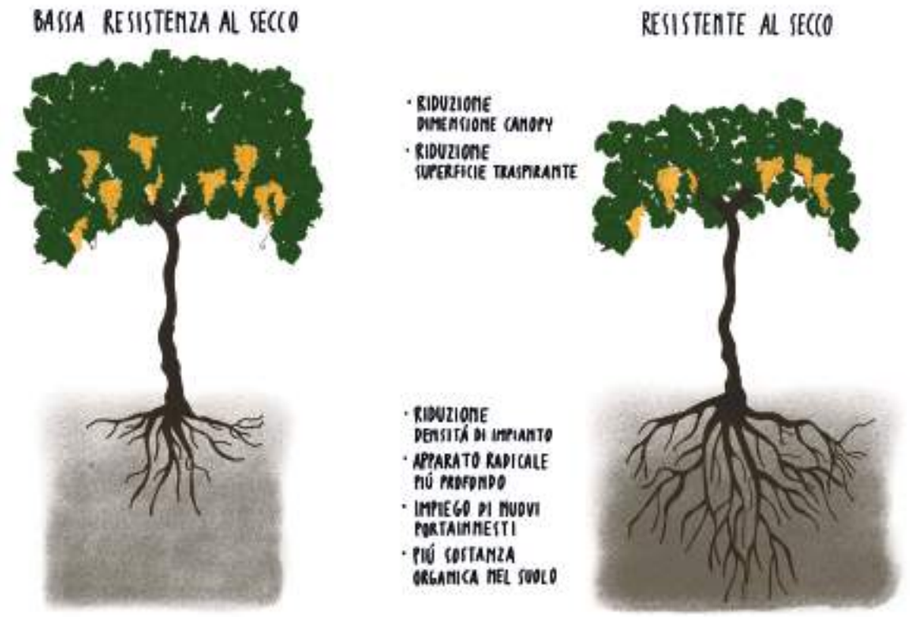


Figura 3

Nelle attuali e frequenti condizioni di innalzamento delle temperature e di carenza idrica, è l'intera geometria della parete vegetativa che deve essere rivista dove lo sviluppo fogliare deve essere più contenuto e l'approfondimento radicale più accentuato: questi i due presupposti fondamentali per il mantenimento della produttività e della qualità delle uve Glera.

Ricordare sempre la necessità di avere viti e vigneti più equilibrati, dove la vigoria sia sostituita dallo sviluppo e dove l'equilibrio trovi concretezza in un corretto accrescimento dei germogli. Dobbiamo gestire il suolo per contrastare efficacemente il cambio climatico portando la vite ad essere meno sensibile agli estremi climatici (per un approfondimento si veda ultimo capitolo "Dialogo sul clima che cambia e sul vigneto plastico").

Non concimare la vite in primavera, ma in prossimità della fioritura e dopo la raccolta, sono queste le due epoche che evitano vigoria a favore invece dell'equilibrio vegeto-produttivo. In pre-impianto lavorare i suoli in profondità senza sconvolgerne gli orizzonti: ripuntatura a 70/90 cm di profondità seguita da un'aratura superficiale a 40 cm; in questo modo le radici si approfondiscono.

Lavorare con mezzi meccanici il sottofila al massimo una volta all'anno e mai nei periodi caldi, ciò evita l'ossidazione e la perdita di sostanza organica e di vitalità microbica.

Sostituire o almeno ridurre in modo significativo la concimazione con Azoto chimico in favore di materiale organico. Dall'equilibrio nasce una minor necessità idrica della vite e quindi una maggior capacità di sopportare scarse disponibilità in acqua.

IL PROGETTO C.A.R.BO.VIT

Nel 2021 il Consorzio di Tutela del Vino Conegliano Valdobbiadene Prosecco Docg, insieme ad alcune aziende della Denominazione, ha avviato una sperimentazione per valutare le possibili alternative all'uso dell'azoto chimico con lo scopo di incrementare la sostanza organica nei suoli, il conseguente stoccaggio del carbonio e adsorbimento idrico.
Questa sensibilità nasce dalla consapevolezza dell'impatto, in termini di emissioni di sostanze climalteranti, legato all'uso dei fertilizzanti azotati. Inoltre va ricordato l'eccesso di vigoria che l'uso "inconsapevole" di azoto può arrecare, con le conseguenti problematiche fitosanitarie e aumento delle necessità idriche.

A partire dal 2025, questo progetto è stato perfezionato e ha visto la creazione di un gruppo operativo ufficialmente approvato dalla Regione Veneto nell'ambito del CSR 2023-2027 Cooperazione – Intervento SRG01, denominato "C.A.R.BO.VIT" ovvero: "Carbonio e Azoto da agricoltura Rigenerativa mediante tecniche BiOsostenibili in VIgneTo".
C.A.R.BO.VIT ha come obiettivi:

1. Dimostrare ai viticoltori che l'implementazione di pratiche di fertilizzazione del suolo basate sull'utilizzo della sostanza organica, può rappresentare una valida alternativa ai fertilizzanti chimici azotati fortemente climalteranti. Infatti attraverso la denitrificazione si ha la conversione dei nitrati in azoto molecolare con il rilascio in atmosfera di CO_2 e Protossido di Azoto, quest'ultimo composto ha la capacità di trattenere il calore 300 volte superiore alla CO_2 e resta in atmosfera più di 300 anni. Il 45% di protossido di azoto oggi presente in atmosfera deriva dalle concimazioni azotate;
2. Incrementare il contenuto di sostanza organica umificata e stabile nel suolo con effetti positivi sul lento rilascio di azoto alla pianta e sulle migliori capacità di trattenuta idrica del suolo, la sostanza organica agisce con effetto "spugna". A questo fine si stanno ponendo a confronto diverse matrici di origine organica, es. letame, compost, pellettato;
3. Favorire uno sviluppo più equilibrato della vite evitando eccessi di vigoria cui conseguono maggiori richieste idriche della pianta;
4. Promuovere un modello gestionale sostenibile replicabile su larga scala anche al di fuori dei confini del Consorzio di Tutela del Vino Conegliano Valdobbiadene Prosecco Docg attraverso dei corsi di formazione e un servizio di consulenza rivolto a quasi un centinaio di aziende.

06/
Sostanza organica e “vitalità” del suolo

Sostanza organica e “vitalità” del suolo per mitigare gli effetti del cambiamento climatico

Una delle più importanti sfide a cui il settore vitivinicolo deve far fronte è quella di garantire la qualità e l’originalità delle produzioni a fronte dei cambiamenti climatici in atto. Interessanti risultati e indicazioni applicative emergono dalla conservazione e dall’aumento della sostanza organica e della biodiversità nel terreno.

La sostanza organica ricopre un ruolo fondamentale per il benessere e la vitalità dei suoli vitati con importanti ripercussioni sulla produzione della vite. Nei suoli la sua presenza è infatti associata a diverse proprietà fisiche, chimiche e biologiche, svolgendo un ruolo fondamentale nei processi e nel funzionamento del terreno e nella conservazione della sua fertilità (Fig. 1). La presenza di sostanza organica incide positivamente sulla struttura del suolo, determinando un aumento della porosità e della permeabilità e favorendo l’infiltrazione superficiale, migliorando di conseguenza la capacità complessiva di ritenzione idrica (a quest’ultimo proposito si veda il capitolo introduttivo).

Figura 1

Il suolo e i molteplici ruoli della sostanza organica

Da un punto di vista nutritivo la sostanza organica è fonte di macronutrienti essenziali per la crescita della vite (P-K-N) e favorisce l'interazione con i microelementi e con i minerali presenti nel terreno. Le dinamiche di mineralizzazione e stoccaggio della sostanza organica nei suoli, oltre a essere influenzate dalle caratteristiche fisico-chimiche del suolo stesso, subiscono anche l'effetto dalle variabili climatico-ambientali, quali temperatura e precipitazioni. Il cambiamento climatico agisce in questo senso alterando le dinamiche di mineralizzazione della sostanza organica, in relazione all'incremento delle temperature e aumentando i fenomeni di erosione e ruscellamento superficiale a causa dell'azione delle precipitazioni, che spesso risultano di notevole intensità e si manifestano in eventi improvvisi.

Anche gli interventi del viticoltore possono incidere negativamente sul contenuto in sostanza organica; si fa riferimento alle ripetute lavorazioni del sottofila per la gestione delle malerbe che provocano eccessi di **fenomeni ossidativi** nei confronti della sostanza organica e disturbo della preziosa attività microbica; da considerare poi i danni a carico della struttura del suolo. A questo riguardo il ciglione diventa un microambiente ideale dove la gestione del sottofila e della scarpata viene gestito unicamente a mano e i residui erbosi sono loro stessi fonte di sostanza organica. Il suolo che forma il ciglione mantiene le sue caratteristiche di infiltrazione e porosità, gli apparati radicali possono distribuirsi secondo un modello legato al comportamento genetico ai caratteri fisici integri del suolo.

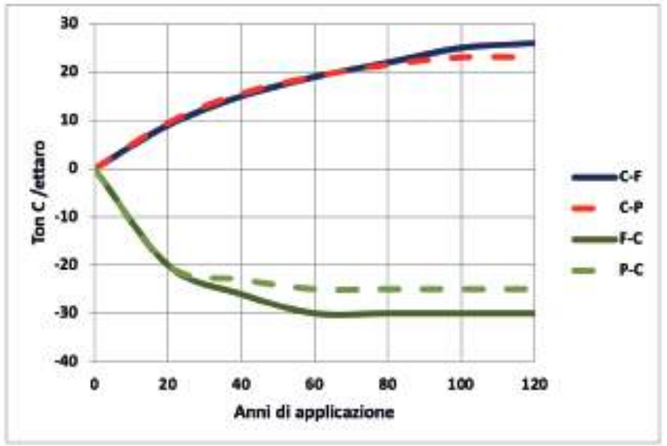
Esempi di attrezzatura particolarmente adatta al contenimento dell'erba nel sottofilare, tutte sono dotate di organi a frusta per evitare di rimuovere lo strato superficiale di terreno dove si concentra l'attività microbiologica e l'evoluzione della sostanza organica.

Figura 2

Il carbonio organico presente nel suolo è inferiore nel vigneto rispetto ad altre colture.
Ricordiamoci che la materia organica del suolo costituisce la riserva di carbonio organico più importante, ancor più della biomassa dei vegetali.

Considerando che il vigneto depaupera più di altre colture il carbonio organico (materia organica) presente nel suolo (Fig. 2), infatti il tasso di restituzione è molto basso a fronte di asporti in certe viticolture anche molto consistenti (vedi quintali di uva prodotti) la conservazione della sostanza organica nei suoli **deve diventare una priorità.** La sua quantità può essere implementata con opportune tecniche agronomiche come l'inerbimento o il sovescio oppure con l'apporto diretto di materia organica tipo compost, letame, etc. La restituzione della sostanza organica consumata è un importante fattore di mitigazione dei cambiamenti climatici poiché rappresenta una riserva di carbonio e svolge una funzione fondamentale nel ciclo di questo elemento. Grazie al ruolo della sostanza organica, il suolo è la matrice ambientale **più ricca in biodiversità.** Al suo interno, infatti, si trovano migliaia di specie di invertebrati (lombrichi e artropodi edafici) e di microrganismi (funghi e batteri) che rappresentano la quota viva della frazione organica dei suoli e ne influenzano il processo di mineralizzazione. Ma come già ricordato i microrganismi vivono in simbiosi con le radici costruendo un reciproco scambio di "servizi" utili al benessere di entrambi. Ancora un suolo integro permette l'approfondimento delle radici, l'infiltrazione

dell'acqua e lo smaltimento della sua quota in eccesso, mantenendone però una riserva in linea con caratteri fisici del suolo e con la quantità di sostanza organica presente. Una delle più importanti sfide a cui il settore vitivinicolo deve far fronte è quella di garantire la resilienza del vigneto a fronte dei cambiamenti climatici in atto e in questo contesto **il suolo e la sua composizione** svolgerà un ruolo prioritario solo se smetteremo di considerarlo una massa inerte composta solo da elementi minerali e acqua.



Evoluzione del tasso di carbonio in seguito al cambiamento della destinazione colturale
(C= Coltivato; F= Foresta; P= Prato).
Da sottolineare che le perdite di sostanza organica sono il doppio più rapide degli accumuli (nei primi 20 anni si ha una perdita di 1TC/ha/anno contro 0.5TC/ha/anno di accumulo).
Da D. Arrouays et al. 2002.

IL BIOCHAR

Si tratta di un materiale organico solido ottenuto dalla "pirolisi" di materiale vegetale agricolo (es. residui di potatura) sottoposto a temperature il più possibile prossime a 650/700°C e con contemporanee bassissime disponibilità di ossigeno. Ciò che si ottiene è un carbone vegetale, molto noto negli anni '50 in quanto usato come combustibile, ma oggi il suo interesse si sposta al settore agricolo e in particolare a quello viticolo. Il biochar infatti si sta scoprendo essere un ottimo ammendante del terreno in quanto lo arricchisce di nutrienti, microorganismi, ma soprattutto di un materiale capace di assorbire e cedere lentamente l'acqua; il biochar inoltre ha il pregio di stoccare carbonio in forma stabile nel suolo contribuendo alla riduzione della CO_2 immessa in atmosfera.

Quello che ai fini viticoli va evidenziato sono anche i benefici ottenibili dal suo impiego al momento dell'impianto della barbatella e legati alla capacità del biochar di assorbire e cedere l'acqua, ciò deriva dalla sua porosità e dalla sua elevata superficie specifica. Il suo posizionamento nella buca di impianto permette di ottenere una riserva idrica utile nei momenti di siccità, con benefici per un più rapido accrescimento della piantina. In aggiunta vanno considerati anche i contributi positivi derivanti dall'incremento dell'attività microbiologica del terreno. L'effetto sarà maggiore nei suoli sciolti con maggior difficoltà di trattenuta idrica.

Distribuzione di biochar al centro del filare, successivamente verrà ricoperto con il terreno scalzato (foto ICHAR - Associazione Italiana Biochar)

IL SOVESCIO

Il sovescio è una tecnica sempre più utilizzata in viticoltura; consiste in una "concimazione vegetale" operata tramite trinciatura e successivo leggero interramento di una o più specie erbacee seminate a tal fine. Con questa pratica si ha innanzitutto un apporto di sostanza organica al suolo derivante dagli apparati radicale delle essenze erbacee e dalla loro parte aerea interrata. Con tale tecnica si possono anche migliorare le caratteristiche fisiche e di struttura del suolo, incrementando l'infiltrazione e il trattenimento dell'acqua e limitando i fenomeni erosivi. Proprio su questi effetti si basa il contrasto al cambio climatico di questa praticola viticola. Va anche aggiunto che il sovescio ha il compito di "restaurare la biodiversità dei suoli" (parole dei famosi microbiologi francesi Lydia e Claude Bourguignon), ricordando nuovamente il ruolo dei microrganismi nel rapporto positivo tra suolo e vite. Nella scelta delle specie da utilizzare è inoltre fondamentale optare per essenze che non siano competitive con la vite per le disponibilità idriche, per questo motivo negli ambienti con episodi di carenza idrica si cerca di prediligere specie e varietà che presentino un ridotto sviluppo aereo e che siano frugali (vedi ad esempio la Festuca Rubra oppure Ovina).Va però anche ricordato che il sovescio potrebbe essere impiegato per scopi opposti, ovvero contrastare l'eccessiva vigoria del vigneto, creatasi quale conseguenza di un sesto d'impianto troppo fitto o di un portinnesto troppo vigoroso. In questo caso a un controllo della vigoria corrisponde un minor fabbisogno in acqua del vigneto e ciò si combina con le minori disponibilità idriche sempre più frequenti e diffuse; in questo contesto le diverse varietà di Festuca Arundinacea sarebbero più idonee.

Pianta intera e particolare dell'apparato radicale di Senape (*Sinapis alba*) specie particolarmente adatta per apportare sostanza organica, migliorare l'arieggiamento del suolo ed ha anche una funzione bioristoratrice nei confronti dei nematodi e dei metalli pesanti.

07/ Biodiversità e gestione del suolo

BIODIVERSITÀ E GESTIONE DEL SUOLO. Utili strumenti per mitigare gli effetti del cambio climatico

Struttura del suolo, presenza di sostanza organica e acqua disponibile sono strettamente correlati: ogni operazione compiuta deve essere valutata per gli effetti su tutti questi elementi. L'approccio agronomico ha ancora grandi margini per migliorare la resilienza dei vigneti attraverso una corretta gestione del suolo vero fulcro delle strategie produttive, ma anche attraverso il recupero del concetto di "sistema agricolo multifunzionale".

Molto spesso in agricoltura si assiste ad una semplificazione dei sistemi colturali con il rischio di perdere quell'importante quota di agrobiodiversità fonte di ricchezza ed elemento cardine della sostenibilità ambientale. Pensando solo agli effetti positivi sul suolo, in un sistema agricolo multifunzionale, la biodiversità contribuisce a:

1. Migliorare la fertilità
2. Migliorare o mantenere la struttura
3. Aumentare il contenuto di sostanza organica
4. Incrementare lo stoccaggio del carbonio
5. Conservare l'attività microbiologica
6. Controllare gli organismi indesiderati
7. Regolare il ciclo idrogeologico

Il tutto prende origine dalla diversità esistente nel **soprassuolo**, ecco quindi l'importanza sempre più chiara di evitare l'omologazione colturale su estese superfici e conservare o ricreare fasce o corridoi ecologici, e nel **sottosuolo** dove la diversità degli organismi (microfauna e microrganismi) assicurano la decomposizione dei residui vegetali e la loro trasformazione in humus.

Proprio su questi concetti si basa l'agricoltura rigenerativa che mira a ristabilire un equilibrio tra sopra e sottosuolo dove la biodiversità del suolo apporta un "servizio nascosto" che si concreta in:

1. Miglior ritenzione idrica del suolo
2. Miglioramento della fertilità complessiva
3. Incremento della bio-disponibilità dei nutrienti

Per ottenere questi risultati la falciatura, la semina del sovescio, l'arieggiamento con organi verticali, sono pratiche molto più attuali e consigliabili rispetto al diserbo e all'aratura profonda considerate pratiche ad "alto disturbo".

Considerando quanto sopra in un'ottica di maggior resilienza della vite alla carenza idrica, diventa interessante considerare la biodiversità complessiva del vigneto (sopra e sottosuolo) come un insieme di forze che agiscono congiuntamente per un unico obiettivo: mantenere la vocazione viticola di un luogo e contrastare le perturbazioni che giungono dal cambio climatico. Sebbene la vite non sia una coltura particolarmente esigente dal punto di vista idrico, gli obiettivi produttivi e qualitativi possono influenzare in modo significativo l'esigenza della preziosa risorsa da parte della pianta. Tra le priorità per una viticoltura virtuosa e sostenibile vi è la conoscenza delle dinamiche che regolano la risorsa idrica, ciò al fine di comprendere i fattori dinamici predisponenti la sua disponibilità e la razionalizzazione dei suoi utilizzi. In questo quadro, un approccio multidisciplinare alle soluzioni tecniche consente il miglior utilizzo dell'acqua, senza trascurare le numerose decisioni precedenti all'impianto che possono condizionare l'intera esistenza del vigneto oltre che la sua longevità (si pensi solo alla scelta del portinnesto). Per una viticoltura collinare, la regimentazione delle acque sotterranee e superficiali rappresenta il primo e concreto intervento di salvaguardia del territorio da parte del viticoltore, al contrario una sua errata o assente gestione può essere alla base di fenomeni di erosione con epiloghi talvolta estremi quali gli eventi franosi e di una scarsa capacità del suolo di immagazzinare le acque meteoriche. Tanto la carenza idrica quanto l'eccesso e il ristagno sono determinanti nell'interazione suolo-pianta conferendo maggiore o minor resilienza al sistema vigneto. Ogni intervento di regimentazione delle acque necessita di un'adeguata conoscenza del sito ed è più facilmente realizzabile nelle fasi precedenti all'impianto. Oltre ad uno studio topografico del terreno, per indentificare le aree a rischio di accumulo d'acqua è necessario riferirsi alle caratteristiche strutturali del suolo che possono determinarne permeabilità e capacità di drenaggio. Una buona struttura del suolo, infatti, risulta determinante per avere

soddisfacenti valori di acqua disponibile, che sono a loro volta strettamente legati al contenuto di sostanza organica. Vista la stretta correlazione tra struttura del terreno, sostanza organica e disponibilità di acqua, la gestione del suolo rappresenta uno strumento concreto per una positiva valorizzazione della risorsa idrica fin dalla preparazione all'impianto rispettosa degli orizzonti più fertili e adeguata ad esplorazione e approfondimento degli apparati radicali.
A svolgere un ruolo centrale a beneficio di un crescente grado di ospitalità per le piante è il cosiddetto Top Soil, l'orizzonte più superficiale quantificabile nei primi 50 cm, che oltre ad avere un ruolo determinante nel ciclo dei nutrienti risulta anche essere l'habitat prediletto da numerosi organismi alla base dei processi evolutivi della sostanza organica fresca, avviandone una prima trasformazione a tutela della fertilità.

Oltre a queste importanti funzioni, un Top Soil di qualità conferisce buona porosità migliorando la capacità di infiltrazione delle piogge, trattenendo l'umidità e limitando i fenomeni di evapotraspirazione a beneficio di una maggiore disponibilità e conservazione dell'acqua.

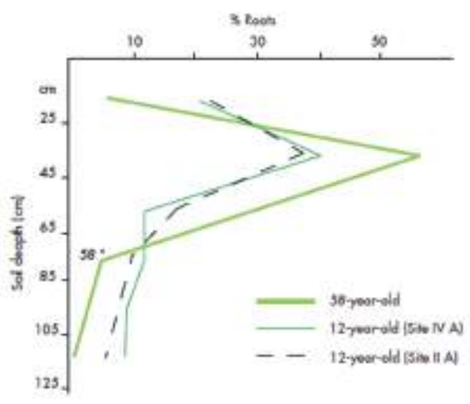


Figura tratta da White R. E., 2015. Understanding Vineyard Soils. Oxford University Press. La figura ben esprime quanto qui sotto riportato e fa comprendere quanto sia importante la preparazione iniziale del suolo e la sua gestione nei primi tre/quattro anni di vita del vigneto, periodo nel corso del quale è importante stimolare l'approfondimento radicale riducendo gli apporti artificiali di acqua e lavorando una volta all'anno il terreno in superficie.

Molte esperienze ottenute esplorando la distribuzione radicale in viti di diversa età, confermano:
1. che la maggior parte delle radici si posizionano nell'intorno dei 40/60 cm di profondità;
2. che l'apparato radicale si posiziona nella sua distribuzione spaziale già nei primi 3/4 anni dall'impianto, negli anni successivi aumenterà la sua fittezza, mantenendo però l'originaria distribuzione spaziale;
3. solo una parte minoritaria di radici, le cosiddette "tuffanti", scenderà più in profondità.

La presenza di un cotico erboso di qualità, che presenti un'adeguata copertura del suolo e non costituisca un elemento di competizione idrica per la vite, rappresenta un obiettivo da perseguire gestendo l'inerbimento o specifiche lavorazioni. Gli inerbimenti devono garantire un'adeguata copertura della superficie per limitare la presenza di infestanti e contribuire a **sostenere il ciglione**. Le essenze spontanee presenti possono essere valutate in funzione del loro grado di competizione per i nutrienti e le concimazioni devono essere di conseguenza adeguate. Sebbene i suoli inerbiti in modo permanente garantiscano una maggiore conservazione della sostanza organica questi, in funzione della loro tessitura, possono nel tempo andare incontro a fenomeni di compattamento nelle zone calpestate dai pneumatici dei mezzi agricoli con effetti negativi per il potenziale di esplorazione degli apparati radicali e per i processi di mineralizzazione della sostanza organica. In questi casi è bene programmare interventi al suolo adeguati, generalmente a filari alterni, e mirati al de-compattamento delle zone interessate senza necessariamente riguardare l'intera superficie dell'interfilare.
Le lavorazioni hanno implicazioni positive quando controllano la flora infestante e stimolano l'approfondimento radicale, quando consentendo l'interramento di sostanza organica senza interferire con la sua mineralizzazione e quindi con la sua biodisponibilità.

Proprio per i molteplici benefici derivanti dalla presenza del cotico erboso, molti dubbi presenta l'alternativa legata all'impiego del diserbante (Gliphosate), che pone maggiori rischi di erosione superficiale, riduzione della biodiversità complessiva del vigneto, probabile interferenza con la flora microbica nel primo strato di suolo, minor tenuta del ciglione. Bisogna anche ricordare che lavorazioni ripetute rispetto alle necessità del vigneto possono tradursi in una momentanea riduzione della portanza del suolo e in una maggiore difficoltà di transito, nella possibilità di stimolare l'ossidazione della sostanza organica, in un concreto disturbo alla vita del microbioma. Quindi la profondità delle lavorazioni deve essere funzionale agli obiettivi preposti e mirare in linea generale al minor disturbo possibile, puntando a consentire una rapida ricostituzione del cotico erboso.

Il suolo di un vigneto si può definire vivo quando:

1. **conserva gli orizzonti originali frutto di una evoluzione naturale e antropica millenaria**
2. **le condizioni fisiche assicurano drenaggio, riserva idrica e ossigenazione**
3. **le condizioni chimiche favoriscono lo sviluppo equilibrato della vite senza eccessi di vigoria**
4. **le condizioni biologiche garantiscono la presenza di una ricca diversità microbica (microbiota), in grado di instaurare rapporti mutualistici proficui e duraturi con la pianta, il tutto grazie alla presenza di sostanza organica**

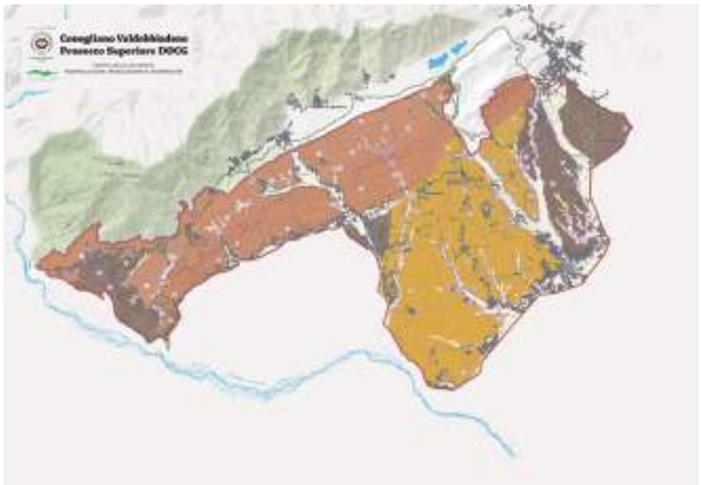
Calandoci nella realtà morfologica e pedologica del Conegliano Valdobbiadene Prosecco, bisognerebbe distinguere:

1) Le aree dalla morfologia più dolce e smussata dei Feletti e delle colline di Susegana entrambe dai suoli discretamente profondi con buone capacità di ritenzione idrica (colore giallo nella mappa sotto riportata),
2) L'area morenica di Ogliano – Vittorio Veneto dai suoli profondi, ma ricchi di scheletro; vi sono poi le due aree fluvio-glaciali di S. Giacomo di Veglia e di Bigolino dai suoli ancor più ricchi di scheletro (colore bruno scuro nella mappa).

In tutti questi contesti le lavorazioni meccaniche sono per la quasi integrità permesse dalla morfologia smussata, così da facilitare la gestione meccanica del sottofila compresa la distribuzione e l'interramento di materiale organico. Altrettanto facilitati sono i sovesci a scopi polifunzionali e le lavorazioni interfilare atte a facilitare lo sgrondo dell'acqua e l'approfondimento degli apparati radicali.

La strategia di arricchire il suolo di sostanza organica con i benefici più volte ricordati, trova qui una certa facilità di esecuzione, l'operazione deve trovare maggior determinazione e continuità nelle due aree fluvio-glaciali a maggior ricchezza in scheletro.

3) Nelle altre realtà produttive della Denominazione, dove le colline sono più ripide sino a farsi vera espressione di una viticoltura eroica con pendenze che quasi ovunque superano il 20%, limitando gli interventi meccanici (colore mattone nella mappa qui sopra riportata), le lavorazioni al suolo devono lasciare il posto ad un equilibrio tra **cotico erboso naturale, apparato radicale e sviluppo vegetativo della vite**, stabilitosi nel corso dei decenni e dove oggi la vite ha trovato un suo stato di benessere che però deve essere mantenuto e se nel caso migliorato in funzione del nuovo stato del clima. Ci riferiamo a tutta l'area che da Pieve di Soligo/Solighetto arriva a Vidor e corre lungo tutto il confine nord della Denominazione, in quest'area i suoli sono marnosi, discretamente profondi, superficiali nel conglomerato, profondi ma sciolti nelle arenarie. In tutti i casi l'attenzione va posta al mantenimento del delicato equilibrio ricordato e gli sforzi devono essere rivolti all'apporto di materiale organico in diverse forme (compost, pellettato, stallatico) più congeniali per un apporto manuale.



Mappa dei suoli con distinzione delle tre macroaree anche definibili "macro terroir"

Tutto quanto ora ricordato e portato sulle diverse realtà produttive, ribadendo il loro valore in termini di differenziazione organolettica dei rispettivi vini, deve portare ad interessare gli aspetti chimici, biologici (vedi microrganismi) e strutturali del suolo, così da favorire una maggior capacità del vigneto di affrontare le sfide climatiche che già esistono, ma che purtroppo si faranno ancor più sfidanti in un prossimo futuro.
Bisogna quindi ripartire dal suolo e dalle radici che sono il vero cervello della pianta, favorendo il loro approfondimento e la massima esplorazione dello spazio disponibile. Il suolo va quindi reinterpretato nel suo complesso (fisico-meccanico, chimico, biologico, idrico, della sua biodiversità), e in associazione alle scelte colturali già al momento dell'impianto (lavorazioni del suolo preimpianto, gestione del suolo, apporto di ammendanti, sesto di impianto, forma di allevamento, gestione della chioma, portinnesto, etc).

Nelle attuali condizioni di innalzamento delle temperature e di carenza idrica, l'approfondimento radicale è un presupposto fondamentale per la produttività e la qualità delle uve e diventa elemento strategico per il vigneto del domani, ma ricordiamoci che la radice soffre e teme innanzitutto la carenza di ossigeno per compattamento o eccesso idrico.

08/
Il portinnesto: scelta sempre più importante

Il portinnesto: scelta sempre più importante

Il portinnesto rappresenta l'anello di collegamento tra suolo e pianta, la sua scelta al momento dell'impianto non può essere casuale, ma dettata dalle condizioni ambientali di coltura e dall'obbiettivo enologico cercato. Ad oggi sono disponibili nuovi genotipi più adatti al nuovo clima.

Tra le diverse scelte che oggi, al momento dell'impianto del nuovo vigneto, devono essere prese con maggior attenzione, vi è la scelta del corretto portinnesto, dove una scelta adeguata alle mutate condizioni climatiche può contribuire a rendere il vigneto meno sensibile agli estremi climatici e alla irregolarità delle piogge. L'obiettivo è quello di predisporre il vigneto ad un maggior adattamento a sopportare senza gravi conseguenze le mutevoli espressioni del clima. In particolare, la scelta del portinnesto deve basarsi sulla tolleranza di questo al sito di coltivazione considerando sia i caratteri del suolo che del clima. Per il suolo solitamente si considera il contenuto in calcare attivo e la composizione fisica, mentre per il clima l'analisi prioritaria verte sulle precipitazioni e la sulla loro distribuzione. Per le condizioni climatiche che dovremmo attenderci da qui al prossimo futuro e per l'ambiente del Conegliano Valdobbiadene, questo argomento deve spingerci a considerare tutte le opportunità offerte, comprese quelle di più recente introduzione. Un'altra riflessione va portata sul fatto che i portinnesti più noti ed utilizzati datano oramai oltre un secolo, si pensi al 420A nato nel 1880, ai Kober 5 bb, 1103 P, 140 R già presenti nei primi anni del 1900, oppure all'SO4 datato 1930. Questi genotipi erano stati selezionati in presenza di condizioni ambientali (clima e suoli) diverse dalle attuali e quindi non più rispondenti alle attuali.

PORTAINNESTI AMERICANI

PORTAINNESTI X RIPARIA 420 A - Vigorosissimo, fra i più resistenti alla clorosi e alla siccità; il più resistente alla clorosi, quindi il più indicato per terreni molto calcarei (oppure il solfato di ferro, di cui calcarei). Riesce bene anche in terreni piuttosto compatti, se a permesso ecolo. Ha buona affinità con quasi tutti i vitigni da noi coltivati.

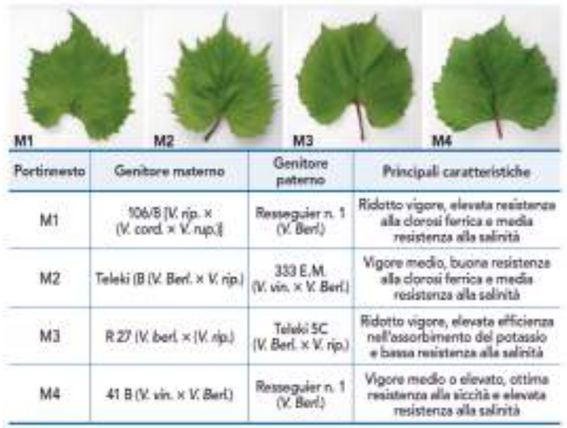
PORTAINNESTI X RIPARIA-KOBER 5 BB - Ottima selezione ungherese bar-

Come noi scegliamo le marze da innesto

Le marze nostrali (Europee) da cui assumiamo l'innesto delle barbatelle, vengono raccolte nei migliori vigneti, particolarmente specializzati, per origine varietà, perfetta coltivazione e sviluppo dei ceppi più produttivi, operata da nostro personale tecnico ben addestrato.

Alla stessa stregua, e sempre da vigneto perfetto, vengono raccolte le marze di va-

insuperabile. Oggi questi aggettivi non si userebbero più perché le quantità di sostanza organica dei suoli sono diminuite e così anche le disponibilità idriche, tanto che il comportamento dei singoli portinnesti è stato quasi sempre aggiornato alle condizioni attuali.
Al momento dell'impianto dopo una prima valutazione riguardante i caratteri chimici del suolo (soprattutto sostanza organica, calcare totale e attivo), l'attenzione deve cadere sui valori fisici di tessitura e di profondità utile per le radici; il portinnesto dovrà adattarsi a queste prime macroscopiche analisi affinchè mantenga inalterata o quasi la capacità di rifornimento idrico alla pianta sia in condizioni di buona disponibilità idrica che di carenza.



Portinnesto	Genitore materno	Genitore paterno	Principali caratteristiche
M1	106/8 [V. rip. × (V. cord. × V. rup.)]	Resseguier n. 1 (V. Berl.)	Ridotto vigore, elevata resistenza alla clorosi ferrica e media resistenza alla salinità
M2	Teleki (8 (V. Berl. × V. rip.)	333 E.M. (V. vin. × V. Berl.)	Vigore medio, buona resistenza alla clorosi ferrica e media resistenza alla salinità
M3	R 27 (V. berl. × (V. rip.)	Teleki 5C (V. Berl. × V. rip.)	Ridotto vigore, elevata efficienza nell'assorbimento del potassio e bassa resistenza alla salinità
M4	41 B (V. vin. × V. Berl.)	Resseguier n. 1 (V. Berl.)	Vigore medio o elevato, ottima resistenza alla siccità e elevata resistenza alla salinità

Nel 2014 l'Università di Milano ha rilasciato 4 nuove selezioni (serie M) dove il termine "vigorosissimo" non compare più a differenza di 60 anni fa come visto sopra. Oggi si cercano portinnesti che non imprimano vigore, ma equilibrio, che abbiano un elevato grado di plasticità mantenendo uno sviluppo contenuto della pianta quando si trova in buone condizioni di disponibilità idrica e, attraverso sistemi di adattamento conservi la stessa capacità di sviluppo quando è sottoposto a carenza idrica.

Uno dei parametri su cui ci si basa per qualificare i portinnesti circa la resistenza agli stress idrici, o meglio alla capacità di approvvigionarsi di acqua anche in profondità, è l'angolo geotropico ossia l'angolo tra l'asse verticale della pianta e l'asse delle radici. Dal confronto tra gli apparati radicali del 140 Ruggeri e del 1103P, che sono ritenuti molto performanti per quel che riguarda lo stress idrico, con quelli della Serie M si è notato che l'M4 presenta un angolo geotropico estremamente stretto, particolarmente fittonante quindi efficiente nella ricerca di acqua in profondità (vedi ultimo riquadro in basso a destra dell'immagine qui sopra riportata.

Per il vitigno Glera e per le condizioni ambientali del Conegliano Valdobbiadene Prosecco, si ritiene che il genotipo M4 possa essere una buona scelta per gli obiettivi accennati e privilegiandolo per la sua resistenza alla siccità. Questi nuovi portinnesti iniziano ad avere una certa diffusione in Italia e all'estero. Bisogni quindi uscire da una consuetudine che perpetua scelte avvenute in condizioni ambientali diverse, per dirigersi invece verso un più opportuno uso di quanto il mondo della ricerca mette a disposizione. Tra i genotipi abitualmente utilizzati il 1103P risulta ancora interessante per la sua resistenza alla siccità dovuta anche alla profondità delle sue radici, mentre 140Ruggeri e 110Richter per suoli meno limitanti.

DIALOGO SUL CLIMA CHE CAMBIA E SUL VIGNETO PLASTICO

Quanto abbiamo sin qui analizzato a partire dalle previsioni climatiche al 2100 fornite dagli studiosi del Meteorology Group dell'Universidad di Cantabria **Ana Casanueva e Rodrigo Manzanas** con il coordinamento di **Riccardo Soldan**, ha voluto portare un contributo a quali dovrebbero essere le strategie e i cambiamenti da mettere in atto, per continuare a valorizzare una vocazione viticola dei nostri colli che ha visto nel successo del suo prodotto, il vino Conegliano Valdobbiadene Prosecco Superiore DOCG, la conferma più evidente.

Vorremmo quindi trarne delle riflessioni e dei suggerimenti di come dovrebbe essere il vigneto del domani partendo però da un punto fondamentale: il Glera vitigno probabilmente originario del paese di Prosecco in Prov. di Trieste, dopo alcuni secoli di peregrinazioni in diversi areali veneti, ha trovato sulle colline di Conegliano e Valdobbiadene le condizioni pedo-climatiche ideali per la sua coltivazione. Con il passare dei secoli questo comprensorio ha acquisito tutti i connotati di un vero terroir viticolo arricchendosi di tradizioni, metodo, paesaggio, cultura viticola ed enologica. E' questo terroir che noi oggi **dobbiamo difendere dalla minaccia climatica**, perché è solo da un terroir il più possibile integro che potremmo perseverare la nostra attività viticola ed enologica.

D'altro canto siamo però anche consapevoli che non esiste una sola azione di contrasto al nuovo clima, ma dovremmo progettare e mettere in atto una serie di interventi di mitigazione aggredendo il problema da più punti di vista per un risultato non definitivo o completo, ma almeno sufficiente a garantire una continuità colturale nel segno di una distintività e unicità di prodotto acquisita. Il contenuto di queste pagine va proprio in questa direzione.

Partiamo da alcuni dati essenziali per circoscrivere il nostro proposito:

Periodo	1959/1991	1992/2005
N. di giorni medio annuo con temp. max superiore a 30°C	19	51
N. di giorni medio annuo con temp. max superiore a 35°C	0	8
Ondate di calore medie per anno (5 giorni con temp. superiori a 30°C)	1.1	4.0
Ondate di calore medie per anno (3 giorni con temp. superiori a 35°C)	0	0.9
N. di notti medie annue con temp. minima superiore a 20°C	2.3	32
N. di eventi piovosi superiori a 50 mm/giorno (dati riferiti ad un periodo di 10 anni)	29	53

Questi dati confermano quanto emerso dallo studio scientifico eseguito e ci portano a confermare già oggi quello che sarà il clima sulle nostre colline nel lungo periodo, dove l'estrema variabilità del tempo nel corso di ogni singola annata e l'estremizzazione dei fenomeni saranno forse le manifestazioni più evidenti, tanto che sarà sempre più difficile trovare annate simili. Sarà quindi compito anche dei tecnici del Consorzio di Tutela Conegliano Valdobbiadene Prosecco, promuovere progetti e iniziative in sintonia con gli Enti di Ricerca territoriali, ma anche con i tecnici e consulenti locali, per trovare tecniche colturali e conservative per proteggere gli elementi costitutivi del terroir fisico.

È nel complesso quindi uno scenario che potrebbe diventare preoccupante, perché i risultati della vendemmia saranno sempre più legati alle incertezze del clima, dove ad ottime annate (vedi 2021 con un ottimo periodo di maturazione) si potranno verificare annate non sempre favorevoli per una equilibrata composizione del grappolo. Considerando il nostro vitigno Glera, certamente abbiamo già assistito ad un accorciamento del ciclo fenologico tra germogliamento e raccolta di circa 12/15 giorni con vendemmie più anticipate; stiamo assistendo ad annate con sempre minori preoccupazioni per i contenuti zuccherini, ma i livelli acidi complessivi lamentano una minor tenuta; la sanità nell'ultimo decennio è sempre stata su buoni/ottimi livelli. Va anche aggiunto che il timbro aromatico delle uve e dei vini è oggi caratterizzato non solo dal fattore varietale, ma anche dagli estremi del tempo nei mesi di agosto e settembre, con aromi più legati alle alte temperature (vedi sentori di frutta matura, esotica, leggere spezie) o alle basse temperature (leggero vegetale, mediterraneo, mela verde, agrumato).

Un'altra riflessione va portata sugli effetti del nuovo clima a livello comprensoriale, ovvero: **il clima nella nostra denominazione sta appiattendo le differenze tra siti di origine delle uve?** L'aumento di temperatura sta rendendo simili le composizioni aromatiche delle nostre uve nelle nostre 43 Rive? A questi interrogativi si può rispondere pensando all'estrema variabilità del nostro territorio in termini di altitudini, esposizioni, pendenze, tipologie di suoli, morfologia, tutti elementi che incidono sui meso e microclimi dei nostri vigenti e che garantiscono il permanere di una netta differenziazione tra luoghi di produzione. Nel capitolo introduttivo abbiamo affrontato questo argomento, giungendo a concludere che la ricchezza in mutevoli e persino opposte situazioni ambientali, ci sta proteggendo da una pericolosa omologazione di prodotto. **Ma come possiamo reagire e mitigare queste incertezze legate al clima che cambia?** Anche se non ancora compreso dai molti la tecnica agronomica potrà dare un contributo concreto a ridurre gli effetti climatici. Se il tempo muta così rapidamente nel periodo tra il germogliamento e la maturazione il vigneto non può essere rigido, ma deve essere più resiliente ai cambiamenti, in altre parole dobbiamo predisporre sin dall'impianto un **vigneto più plastico** e adattabile ai mutamenti.

Regole da rispettare al momento della progettazione e dell'impianto del vigneto:

1. conservare scrupolosamente i caratteri originari del suolo;
2. sesti meno fitti ovvero ridurre le densità di impianto (più arieggiamento, più illuminazione, meno umidità fogliare, meno vigoria, meno necessità idrica);
3. portinnesti meno vigorosi e più efficienti nell'assorbimento idrico (cominciamo a considerare la nuova serie M, in particolare l'M4);
4. dove possibile prevedere l'impianto di irrigazione come strumento di qualità (anche grazie al recupero dell'acqua piovana, leggi microinvasi);
5. cloni con grappoli più spargoli e con maggior potenziale aromatico;
6. progettare scrupolosamente la maglia drenante del vigneto affinchè vi sia un rapido smaltimento dell'acqua in eccesso, ma anche una conservazione e tesorizzazione di quella che il terreno può trattenere;
7. considerare il suolo il vero alleato del viticoltore per contrastare gli estremi climatici, quindi pensare innanzitutto al suo contenuto in sostanza organica e alle condizioni per il benessere radicale e del microbiota ad esso associato (vedi ad es. contenuto in ossigeno);
8. fare ricorso a tutto ciò che di moderno e di facilmente applicabile e gestibile sta mettendo a disposizione il mondo della sensoristica, dell'informatica, della modellizzazione digitale dello stato del vigneto. Ricevere in tempo reale allarmi sullo stato del vigneto, sviluppando poi una risposta mirata e veloce con interventi localizzati sarà un traguardo non troppo lontano;
9. pensare a sistemi di protezione attiva contro grandine, gelate, eccessivo irraggiamento e calore.

Ma cosa fare nella gestione annuale del vigneto?

Anche questo è un tema importante soprattutto per la realtà del Conegliano Valdobbiadene Prosecco, dove l'impiego delle attrezzature meccaniche (leggi tempestività e numerosità delle operazioni) è molto spesso impedito dalle sistemazioni a ciglione, dalle morfologie complesse e dalle precipitazioni. Anche in queste circostanze crediamo però sia utile ragionare su:

1. creare un maggior equilibrio vegeto-produttivo del vigneto (es potature non troppo ricche per non eccedere nel carico produttivo data anche la generosità quantitativa del vitigno Glera);
2. dare la massima importanza alla sostanza organica del suolo (compost, letame, sovescio, etc) infatti essa:

- mette a disposizione in modo lento, ma continuo elementi nutritivi (N, P, K ecc.),
- stimola l'accrescimento e l'attività radicale,
- ha un'azione positiva sulla microflora e microfauna del suolo (leggi biodiversità),
- porta ad un miglioramento delle proprietà fisiche del suolo (struttura, permeabilità, capacità di trattenuta idrica);

3. evitare di apportare azoto di origine chimica (imprime troppa vigoria, stimola la moltiplicazione batterica consumando Carbonio a scapito della trasformazione in Humus stabile della sostanza organica, ha una azione climalterante). A questo proposito si veda il progetto C.A.R.BO.VIT in atto;
4. dare la massima importanza alla gestione della parete vegetativa (spollonature, scacchiature, cimature, palizzamenti,) con interventi tempestivi e mai posticipati per contenere il suo sviluppo, senza dimenticare però di garantire nel contempo la protezione dei grappoli dalla radiazione solare;
5. ricordare che la stagione non finisce con la vendemmia, perché è proprio subito dopo la vendemmia che bisogna già pensare all'annata successiva con:

- apporto della sostanza organica al suolo,
- in prossimità o dopo la caduta delle foglie intervenire con le lavorazioni di arieggiamento e decompattazione del suolo: poi inizierà la fase di potatura;

6. seguire attentamente la curva di maturazione delle uve per valorizzare al massimo le differenze tra i diversi siti produttivi.

Interventi di arieggiamento del suolo eseguito con estirpatore a filari alterni su suolo argilloso all'inizio della caduta delle foglie

Per quanto riguarda il punto 1) di cui sopra si vuole portare un approfondimento sul tema dell'equilibrio della vite.

Siquidem luxuriosa vitis nisi fructu compescitur, male deflorescit, et in materiam frondemque effunditur; infirma rursus, cum onerata est., affligitur.
Traduzione: Infatti la vite rigogliosa, se non viene contenuta quando porta frutto, fiorisce male e si disperde in legno e foglie; al contrario, quando è troppo carica, la vite debole ne risulta afflitta*

La frase descrive con precisione **i principi fisiologici fondamentali della vite (*Vitis vinifera L.*),** oggi pienamente confermati dalla ricerca scientifica e dalla viticoltura di precisione. Noi però oggi dobbiamo leggere questa citazione in chiave moderna constatando che una vite caratterizzata da **elevata vigoria vegetativa** dovuta ad esempio ad un alto apporto di Azoto, tende ad essere più sensibile al clima in quanto ha bisogno di più acqua, perché nelle giornate molto calde (>35°C) si ha una minor efficienza degli enzimi coinvolti nel percorso fotosintetico (ciclo di Calvin), perché in condizioni di sofferenza ambientale la pianta destina gran parte dei fotoassimilati al mantenimento della parte vegetativa a scapito di quella riproduttiva (grappolo). Al contrario una **vite debole** che venga sottoposta a carico produttivo eccessivo, avrà uno squilibrio tra superficie fogliare e produzione, con una incompleta maturazione e un esaurimento delle sue riserve intrinseche di amido. Se Columella 2.000 anni fa anticipa il concetto di **equilibrio vegeto-produttivo,** noi dobbiamo attualizzarlo ricordando che solo una corretta gestione della potatura, della nutrizione e della gestione del suolo, permettono di attenere un equilibrio fisiologico della pianta a cui consegue una qualità costante e una sostenibilità produttiva nel lungo periodo smorzando gli effetti del cambio climatico.

Ragioniamo allora sul concetto **di vigoria, di sviluppo e di capacity.** Si ha vigoria quando assistiamo ad una eccessiva crescita dei germogli nell'unità di tempo (infatti si misura quantificando la lunghezza dei germogli a cadenza fissa – es settimanale) oppure quantificando il legno di potatura. Al contrario si deve tendere allo sviluppo della vite ovvero quando si ha equilibrio vegeto - produttivo senza previlegiare una di queste entità. Introduciamo però il termine inglese "capacity" che va oltre perché considera la produzione, lo sviluppo vegetativo, ma anche sviluppo radicale quindi il guadagno netto annuale della vite in uno specifico ambiente ed è strettamente legato alla capacità delle foglie di intercettare la luce e quindi priva di vigoria.

**Fonte: Columella De Re Rustica - libro IV (Scrittore latino esperto di agronomia vissuto nel I° secolo dopo Cristo)*

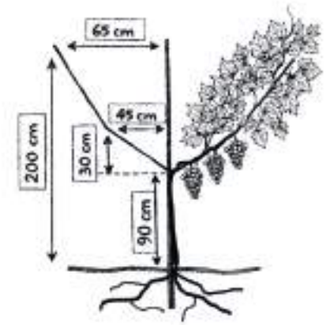
Giugno 2007 – Stesso vigneto con evidente eccesso di vigoria (distanza tra i filari 3.0 m), a cui è conseguita una bassa allegagione: riflettiamo sull'attualità di quanto ci diceva Columella 2.000 anni fa.

Allora una pianta con troppa vigoria (questo accade soprattutto nelle viti giovani troppo spinte) ha una bassa "capacity", mentre una vite con germogli meno vigorosi anche se di maggior numero può avere una alta "capacity".
In linea generale:

1. la "capacity" aumenta con l'età del vigneto, perchè questo ha una maggior potenzialità totale di crescita;
2. la produzione cresce con il vigore sino a un certo limite, perché c'è un confine nella relazione "più vigore più produzione";
3. la "capacity" trova il suo limite nelle condizioni ambientali;
4. la produzione tende a ridurre la "capacity" perché la pianta investe meno sulle riserve, sullo sviluppo radicale e gli effetti si vedono dopo uno o due anni di eccessiva produzione.

QUINDI IL CAMBIO CLIMATICO SI COMBATTE INNANZITUTTO CON VITI EQULIBRATE

Riguardo al punto d, qui sotto ci spingiamo, solo per una miglior comprensione dell'importanza di proteggere il grappolo dalla radiazione solare diretta, ad immaginare una diversa impalcatura del vigneto oppure ad una diversa gestione della parete vegetativa



Nei due disegni qui sopra si ipotizza una struttura ad Y ottenuta con una struttura portante di analoga forma, ma la struttura potrebbe essere anche con un solo braccio.

Qui invece si ipotizza una gestione della chioma che la porti ancora ad una forma ad Y, ovvero a formare una sorta di ombrello protettivo del grappolo, ma attraverso operazioni gestite dagli interventi di cimatura.

Vorremmo terminare ricordando che i nostri migliori alleati nella grande sfida climatica sono:

1. **il suolo,** la cui gestione deve essere scrupolosa con gli inerbimenti, sovesci, apporto di materiale organico, assenza di Glifosate che deturpa e squilibra la rizosfera (microorganismi a contatto con la radice), lavorazioni (preferibilmente verticali e non di rivoltamento);
2. **gli apparati radicali** ricordando che se le radici stanno bene anche la parte aerea ne avrà beneficio e si potrà contrastare gli effetti del clima. Dobbiamo sempre ricordare che **le radici sono la parte intelligente della vite, quella che prende le decisioni** e quella che si attiva per superare momenti di stress dovuti a fattori esterni;
3. **l'equilibrio del vigneto,** raggiungibile con quanto sopra ricordato e avvalorato dal fatto che una pianta in equilibrio **(leggi meno vigoria)** è senza dubbio maggiormente capace di adattarsi e sopportare momenti di stress dovuti a carenze idriche o termici per ondate di calore oramai sempre più frequenti e precoci.

"Il vigneto plastico è quindi un concetto chiave che comprende tutte le tecniche di sperimentazione e le attività agronomiche per rendere competitivo il vigneto del domani, ma a condizione che i concetti sopra esposti siano presi in considerazione sin dal momento dell'impianto".

Bibliografia

Alessandrini M., Federica Gaiotti, Nicola Belfiore, Fabiola Matarese, Claudio D'Onofrio and Diego Tomasi (2016). Influence of vineyard altitude on Glera grape ripening (Vitis vinifera L.). Effects on aroma evolution and wine sensory profile. Journal of the Science of Food and Agriculture DOI 10.1002/jsfa.8093

Baccini T. E., 2024. La biodiversità dentro il vigneto: dalla cotica erbosa alla scelta dei vitigni. Il Corriere Vitivinicolo N. 7

Batey T., 2009. Soil compaction and soil management, a review. Soil Use and Management 25, 335-345

Bianchi D., L. Brancadoro, 2022. Impianto del vigneto: importanza del portinnesto. Vite&Vino, 6, 20-25.

Brancadoro L., O. Failla, 2019. Il ruolo del portinnesto sulla fisiologia della vite. In: "Vinifera: ripartiamo dalle radici" 389-407 Ed Assoenologi.

Brillante L., Nicola Belfiore, Federica Gaiotti, Lorenzo Lovat, Luigi Sansone, Stefano Poni, Diego Tomasi (2016). Confronto tra caolino e pinolene per il miglioramento della produzione viticola sostenibile in condizioni di stress idrico. Acta Italus Hortus 19: 33-34

Columella L. G. M.. L'arte dell'agricoltura e libro sugli alberi. Giulio Einaudi Editore - Torino 1977

Cornelis van Leeuwen, Philippe Friant, Xavier Choné, Olivier Tregoat, Stephanos Koundouras, and Denis Dubourdieu (2004) Influence of Climate, Soil, and Cultivar on Terroir. American Journal of Enology and Viticulture 55: 207-217

Donna P., I. Ghiglieno, A. Zuin, M. Tonni, 2023. Comprendere qualità e potenzialità dei terreni attraverso l'analisi visiva del suolo. Corriere Vinicolo N. 10

Frioni T., S. Simone, C. Squeri, S. Tombesi, A. Palliotti, P. Sabbatini, E. Magnanini, S. Poni, 2019. Understanding kaolin effects on grapevine leaf and whole-canopy physiology during water stress and re-watering. Journal of Plant Physiology (242): 153020.

Gaiotti F., Marcuzzo P., Battista F., Belfiore N., Petoumenou D. and Tomasi D. 2016. Compost amendment effects on grapevine root density and distribution. Acta Hort. (ISHS) 1136:115-120

Gaiotti Federica, Tomasi Diego (2017). Cambiamenti climatici e interazione vitigno-terroir. Supplemento Informatore Agrario n.12, 27-30

Guzzoni R., Pertot I., 2015. La fertilità biologica del suolo e del vigneto in: Microrganismi della Vite e del Vino. Ed. Tecniche Nuove Mi ISBN 978-88-481-3118-6

Keller M., 2020. Grape composition and fruit quality. In: The Science of Grapevines 199-251. Third Edition Elsevier Academic Press

Palliotti A., S. Poni, 2015. CHAPTER 7. Grapevine under light and heat stresses. In "Grapevine in a Changing Environment: a Molecular and Ecophysiological Perspective". Geros H.V., Chaves M.M., Medrano H., Delrot S. Eds. Jonh Wiley & Sons, Ltd. (Pages 148-178)

Palliotti A., T. Frioni, F. Leoni, 2017. Caolino ad effetto sun-screen. Vigne, Vini e Qualità (8): 46-49

Tarolli P., 2022. Microinvasi: strumenti in aiuto all'agricoltura eroica. L'Informatore Agrario (Pages 41, 43–46) ISSN: 0020-0689

Tarolli P., W. Wang, A. Pijl, S. Cucchiaro & E. Straffelini, 2023. Heroic viticulture: Environmental and socioeconomic challenges of unique heritage landscapes. iScience (Pages 26, 107, 125) ISSN: 2589-0042, doi:10.1016/j.isci.2023.107125

Tomasi D., F., Gaiotti (2013). La qualità dell'uva inizia dalle radici. Il Corriere Vinicolo N. 44, 39-42

Tomasi D., F. Gaiotti, 2020. I terroirs del Conegliano Valdobbiadene Prosecco: studio sull'origine della qualità nelle colline patrimonio Unesco. IIa Ed. 2025 Graf. Antiga spa Crocetta del Montello (TV) ISBN 978-88-8435-204-0

Tomasi D., Gaiotti F., Jones V.G. (2013) The Power of the Terroir: the Case Study of Prosecco Wine. Springer, 1-248. ISBN 978-3-0348-0627-5 DOI 10.1007/978-3-0348-0628-2

Tomasi D., Gregory V. Jones, Mirella Giust, Lorenzo Lovat and Federica Gaiotti (2011) Grapevine Phenology and Climate Change: Relationships and Trends in the Veneto Region of Italy for 1964–2009. Am. J. Enol. Vitic. 62:3, 329-339

Trouvelot S., L. Bonneau, D. Redecker, D. van Tuinen, M. Adrian, D. Wip, 2015. Arbuscular mycorrhiza symbiosis in viticulture: a review. Agronomy for Sustainable Development DOI 10.1007/s13593-015-0329-7

Valenti L., I. Ghiglieno, M. Tonni, P. Donna, 2017. Biodiversità e salute dei suoli viticoli. Millevigne 2/2017, pp 12-15

White R. E., 2015. Understanding Vineyard Soils. Oxford University Press

Wang W., A. Pijl, P. Tarolli, 2022. Future climate-zone shifts are threatening steep-slope agriculture. Nature Food (Pages 3, 193–196) ISSN: 2662-1355, doi:10.1038/s43016-021-00454-y.

Si vogliono ringraziare:

Pierluigi Donna, Stefano Saderi e Marco Tonni dello Sata Studio Agronomico ed Isabella Ghiglieno di Agrofood Research Hub, DICATAM, Università degli Studi di Brescia, per i loro contributi bibliografici sul suolo, sulla sua gestione sostenibile e sull'importanza della sostanza organica, che in più parti hanno ispirato la stesura dei testi qui presentati.

Il Prof. Paolo Tarolli dell'Università di Padova per il contributo sui microinvasi.

Il Prof. Alberto Paliotti dell'Università di Perugia per il suo apporto nella mitigazione della temperatura.

Insetti e acari della vite in un clima che cambia

Carlo Duso | Davide Scaccini

AFFILIAZIONE

Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti,
Risorse naturali e Ambiente,
Università degli Studi di Padova

Introduzione

Il cambiamento climatico sta rimodellando profondamente gli agroecosistemi e la viticoltura rappresenta uno dei settori in cui tali effetti risultano particolarmente rilevanti. L'aumento delle temperature medie, le alterazioni dei regimi pluviometrici e la crescente frequenza e intensità di eventi estremi – come ondate di calore, siccità e precipitazioni intense (IPCC 2021) – stanno modificando la fenologia e la fisiologia delle piante coltivate, compresa la vite. Ne risultano influenzati stadi fenologici chiave come germogliamento, fioritura, invaiatura, maturazione (Tomasi et al. 2011); allo stesso tempo, tali cambiamenti stanno ridefinendo gli areali di coltivazione della vite su scala regionale e globale (Parmesan e Yohe 2003; Bertin 2008; Fraga et al. 2013; Mosedale et al. 2016; Cola et al. 2017; de Cortázar-Atauri et al. 2017; Ponti et al. 2018; Alikadic et al. 2019; Piao et al. 2019; Dinu et al. 2021). Oltre a incidere sulle rese e sulla qualità dell'uva – con conseguenze dirette sulla tipicità dei vini e sull'idoneità delle aree viticole tradizionali – questi cambiamenti stanno ristrutturando anche le reti ecologiche dei vigneti, influenzando le interazioni biotiche e il funzionamento complessivo dell'agroecosistema.

Poiché gli insetti e gli acari sono organismi ectotermi, la loro biologia è influenzata dalla temperatura e i cambiamenti climatici possono modificare profondamente la sopravvivenza, i tassi di sviluppo, il numero di generazioni annue, il superamento delle fasi di svernamento e la capacità di dispersione (Porter et al. 1991; Bale et al. 2002; Deutsch et al. 2008; Sharma et al. 2013; Björkman e Niemelä 2015; Reineke e Thiéry 2016; Skendžić et al. 2021a). L'aumento delle temperature può accelerare lo sviluppo dei fitofagi ed estendere la stagione vegetativa, aumentando il numero di generazioni e favorendo le infestazioni, specialmente nelle regioni temperate (Schneider et al. 2022). Tuttavia, ondate di calore estreme possono aumentare la mortalità, ridurre la fecondità o interferire con la diapausa, evidenziando risposte spesso non lineari (Hoffmann et al. 2013; Forrest 2016).

Secondo gli scenari climatici futuri, specie attualmente confinate in regioni mediterranee o subtropicali potrebbero espandersi verso le aree temperate. Le simulazioni prevedono, ad esempio, un'ulteriore espansione verso nord della distribuzione della tignoletta della vite *Lobesia botrana* (Denis & Schiffermüller) (Lepidoptera: Tortricidae) (Svobodova et al. 2014), in linea con quanto ipotizzato nei vigneti californiani (Gutierrez et al. 2012). L'aumento dei livelli di CO_2, previsto dagli scenari climatici (IPCC 2021), modifica la fisiologia della vite, incrementando la fotosintesi, riducendo il contenuto di azoto e alterando i rapporti C:N, con effetti sulla crescita e sulla maturazione delle foglie e delle bacche (de Cortázar-Atauri et al. 2009; Caffarra ed Eccel 2011; Robinson et al. 2012; Martínez-Lüscher et al. 2016), specialmente in condizioni di deficit idrico (Bindi et al. 2001; Leibar et al. 2015; Clemens et al. 2022).

Gli stessi cambiamenti possono ridurre la qualità nutrizionale delle foglie interferendo con i processi fisiologici della pianta, inducendo così un aumento del consumo da parte dei fitofagi, aggravandone la pressione in campo (Zvereva e Kozlov 2006; Reineke e Thiéry 2016). La biologia dei fitofagi – come nel caso di acari, cocciniglie farinose e *L. botrana* – può essere influenzata da elevate concentrazioni di CO_2; di conseguenza, le interazioni tra anidride carbonica e artropodi di interesse economico diventeranno sempre più rilevanti nel contesto della viticoltura futura (Reineke e Selim 2019; Schulze-Sylvester e Reineke 2019; Sinaie et al. 2019; Clemens et al. 2022), sebbene tali effetti varino tra le specie e siano modulati anche da altri fattori quali temperatura e disponibilità idrica.

La globalizzazione degli scambi ha inoltre facilitato la diffusione di specie esotiche, aumentando il rischio di introduzione e insediamento di fitofagi alieni in nuove aree viticole (Keller et al. 2011; Panzavolta et al. 2021; Turbelin et al. 2022; Schulze-Sylvester et al. 2025). Il cambiamento climatico può favorire l'insediamento e la diffusione di questi invasori migliorando la sopravvivenza invernale, ampliando la disponibilità dell'ospite e incrementando la tolleranza termica, la plasticità fenologica e la flessibilità del ciclo biologico (IPPC 2021; Skendžić et al. 2021b; Schulze-Sylvester et al. 2025). È il caso, ad esempio, di *Scaphoideus titanus* Ball (Hemiptera: Cicadellidae), vettore del fitoplasma della Flavescenza dorata e tra le principali avversità della vite in Europa, per il quale si prevede un'espansione dell'areale e incrementi di popolazione nelle condizioni climatiche attese per la metà e la fine di questo secolo (Comte et al. 2024). Analogamente, *Lycorma delicatula* (White) (Hemiptera: Fulgoridae), specie invasiva asiatica non ancora insediata in Europa, potrebbe trovare condizioni idonee in diverse aree viticole europee (Urban e Leach 2023; Ruzzier et al. 2025). Le stesse specie native possono dar luogo a esplosioni demografiche in risposta a condizioni climatiche modificate, con aumenti improvvisi della densità e infestazioni localmente gravi (Skendžić et al. 2021a). È il caso di *Pulvinaria vitis* (Linnaeus) (Hemiptera: Coccidae), fitofago che, in condizioni climatiche favorevoli, può provocare forti infestazioni accompagnate da danni diretti e sviluppo di fumaggine, con conseguente riduzione di fotosintesi, traspirazione e vigore della pianta

(Giurca et al. 2024). Altri fitofagi della vite come alcune specie del genere *Nysius* (Hemiptera: Lygaeidae), normalmente di importanza secondaria, rispondono a un ambiente caldo e siccitoso con pullulazioni che causano danni significativi nei giovani impianti (Scaccini e Furlan 2021; B. Bagnoli e D. Scaccini, dati non pubblicati). Anche *Cryptoblabes gnidiella* Millière (Lepidoptera: Pyralidae), specie mediterranea, è in rapida espansione in Italia, Grecia, Spagna e Portogallo evidenziando come il suo potenziale impatto possa talvolta essere sottovalutato nel contesto dei cambiamenti climatici in atto (Ioriatti et al. 2023; Simoglou et al. 2025).

Il cambiamento climatico influisce non solo sui fitofagi ma anche sui loro nemici naturali. Temperature elevate e siccità possono compromettere le interazioni tritrofiche riducendo l'abbondanza o l'efficienza dei nemici naturali, alterando la qualità dell'ospite o generando asincronie fenologiche tra i fitofagi, la pianta ospite e gli antagonisti naturali (Hance et al. 2007; Gutierrez et al. 2008; Thomson et al. 2010; Caffarra ed Eccel 2011; Reineke e Thiéry 2016; Castex et al. 2018; Renner e Zohner 2018; Damien e Tougeron 2019). Questi effetti possono ridurre l'impatto del controllo biologico e rendere necessarie strategie di difesa integrata adattative. Nel complesso, questi processi sono destinati a modificare la pressione dei fitofagi, la tempistica delle infestazioni e gli areali di distribuzione di specie native e invasive, ponendo nuove e complesse sfide per la difesa della vite.

Data la crescente complessità delle interazioni clima–coltura–insetti fitofagi e la probabilità di maggiori perdite produttive indotte dalle avversità si rendono necessarie strategie di gestione integrate e collaborative (Subedi et al. 2023). Due schemi generali emergono dagli studi più recenti in ambito viticolo: (1) anticipo fenologico e aumento del numero di generazioni con voli di adulti anticipati e finestre di suscettibilità prolungate (Caffarra et al. 2012; Castex et al. 2023); (2) spostamenti dell'areale (e del rischio) di specie prima limitate dagli inverni freddi, verso latitudini e altitudini maggiori (Parmesan 2006; Björkman e Niemelä 2015; Tittensor et al. 2019). Ad esempio, *L. botrana* potrebbe espandersi ulteriormente verso l'Europa settentrionale e orientale, mentre *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae) ha già colonizzato altitudini e latitudini prima sfavorevoli a causa degli effetti letali delle basse temperature (Asplen et al. 2015; Benelli et al. 2023a). Queste dinamiche hanno implicazioni operative dirette: i calendari di monitoraggio e le soglie di intervento basati su condizioni climatiche storiche potrebbero essere non più affidabili. La tempistica delle attività quali monitoraggio, posizionamento delle trappole, applicazione della confusione sessuale e trattamenti insetticidi, deve essere aggiornata in modo dinamico e sito-specifico. Inoltre, il clima interagisce con le pratiche agronomiche e

colturali (ad es. irrigazione, fertilizzazione, potatura, defogliazione), il paesaggio circostante (ospiti alternativi, siepi) e le interazioni biotiche (antagonisti naturali), generando spesso esiti complessi o inattesi (Robinson et al. 2012; Kiaeian Moosavi et al. 2017; Campbell et al. 2023; Ma et al. 2025). Ad esempio, piante sottoposte a stress idrico possono accumulare più zuccheri ma ridurre la quantità di metaboliti difensivi, influenzando la fitness dei fitofagi (Huberty e Denno 2004; Ferrandino e Lovisolo 2014). Viti irrigate possono ospitare popolazioni più elevate di cicaline (Daane e Williams 2003; Costello 2008; Fornasiero et al. 2012); al contrario i danni dovuti all'attacco di nematodi galligeni risultano più moderati rispetto alle viti in stress idrico (Askary et al. 2018). La siccità, riducendo le risposte difensive delle piante, può favorire gli acari Tetranichidi come le specie del genere *Tetranychus* (Acari: Tetranychidae) (Ximénez-Embún et al. 2017; Kinn et al. 1974; Stavrinides et al. 2010b). Un'eccessiva fertilizzazione azotata può aumentare il vigore vegetativo e favorire pullulazioni: livelli elevati di azoto incrementano la sopravvivenza, la fecondità e i tassi di sviluppo della cocciniglia farinosa della vite *Planococcus ficus* Signoret (Hemiptera: Pseudococcidae) (Cocco et al. 2015; 2021).

In ragione di questi effetti, altamente dipendenti dal contesto in esame, la comunità scientifica ha ipotizzato tre priorità per la viticoltura: (1) miglioramento del monitoraggio e delle previsioni sull'andamento dei fitofagi, integrando modelli fenologici locali, dati di campo e sommatorie termiche; (2) Integrated Pest Management (IPM) adattativo, con maggiore attenzione alla conservazione dei nemici naturali, alle tecniche colturali che modificano il microclima e all'uso mirato di prodotti fitosanitari selettivi; (3) preparazione tecnico-scientifica nei confronti delle specie invasive e della loro espansione geografica, potenziando il rilevamento precoce, la quarantena e il coordinamento a livello territoriale (Reineke e Thiéry 2016; Pertot et al. 2017; Lessio e Alma 2021; Benelli et al. 2023b; Cortez-Madrigal e Gutiérrez-Cárdenas 2023; Prazaru et al. 2023a; Cargnus et al. 2024; Gonella et al. 2024).

Questa breve rassegna sintetizza alcune evidenze attuali sui cambiamenti nelle dinamiche dei fitofagi della vite indotti dal clima, integrando comprensione meccanicistica, osservazioni empiriche e analisi modellistiche. Sono stati presi in considerazione *L. botrana*, gli acari Tetranichidi, *D. suzukii* e *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae). Si discutono inoltre le implicazioni per il controllo biologico, proponendo priorità di ricerca e adattamenti per una viticoltura resiliente. L'obiettivo è fornire una sintesi applicativa e basata su evidenze, utile a ricercatori, consulenti ed operatori per anticipare e gestire l'evoluzione delle dinamiche dei fitofagi negli scenari climatici attuali e futuri.

2 / Approfondimenti su alcuni fitofagi di interesse

2.1 La tignoletta della vite *Lobesia botrana*

La tignoletta è il principale lepidottero dannoso alla vite in Europa e in alcune aree extra-europee; le larve si nutrono di fiori e bacche di *Vitis vinifera*, favorendo anche l'insorgenza di infezioni fungine, tra cui *Botrytis cinerea* e produttori di ocratossine come *Aspergillus* spp. (Benelli et al. 2023a). Il lepidottero è in grado di completare tre generazioni in molte regioni europee e fino a quattro generazioni nelle aree più calde del Bacino del Mediterraneo (Amo-Salas et al. 2011). Il riscaldamento climatico ha anticipato l'inizio dei voli primaverili e aumentato la probabilità di una quarta generazione annuale, soprattutto nell'Europa meridionale (Martin-Vertedor et al. 2010; Caffarra et al. 2012; Di Lena et al. 2013; Reineke e Thiéry 2016; Gutierrez et al. 2018). Su scala locale, uno studio condotto nel Veneto dal 1982 al 2007 ha evidenziato una tendenza all'aumento delle catture di *L. botrana* rispetto a quelle della tignola *Eupoecilia ambiguella* (Hübner) (Lepidoptera: Tortricidae) e un anticipo progressivo per entrambe le specie (Dal Cortivo et al. 2007; M. Borgo e C. Duso, dati non pubblicati).

Nelle annate più calde, è stato riscontrato un quarto volo di *L. botrana* anche nelle regioni del nord-est d'Italia (Pavan et al. 2006). Nel 2003 questo volo è stato seguito da una quarta generazione larvale (Marchesini e Dalla Montà 2004). L'influenza della fenologia della vite può avere effetti sull'ovideposizione e sulla fitness della tignoletta, così come sulle dinamiche del controllo mediato dagli antagonisti naturali. Modelli fenologici suggeriscono che l'aumento delle temperature possa modificare la dinamica del sistema vite–*L. botrana*–antagonisti naturali. Per esempio, l'anticipo della vendemmia potrebbe limitare i danni causati dalle generazioni estive tardive della tignoletta (Gallardo et al. 2009; Caffarra et al. 2012; Castex et al. 2018; Reis et al. 2021a,b; Mani 2022). Inoltre, differenze nei requisiti termici tra *L. botrana* e i suoi parassitoidi possono modificare sopravvivenza, comportamento, risposte immunitarie, sviluppo e tratti riproduttivi del binomio fitofago–antagonista naturale, sottolineando la complessità delle interazioni tritrofiche nel contesto climatico in atto (Kiaeian Moosavi et al. 2017; Iltis et al. 2018; Garinie et al. 2025). Per esempio, alcuni agenti di controllo biologico potrebbero trarre beneficio da inverni più miti e temperature medie più elevate, ampliando la loro attività e distribuzione; tuttavia, la crescente frequenza di eventi climatici estremi potrebbe anche comprometterne la sopravvivenza (Hance et al. 2007; Reineke e Thiéry 2016; Ioriatti et al. 2023). I cambiamenti fenologici osservati per *L. botrana* richiedono periodi di monitoraggio più precoci e prolungati, poiché i voli tenderanno ad anticipare ma lo sviluppo di più generazioni prolungherà la presenza degli adulti a fine stagione.

I programmi di confusione sessuale dovranno essere adattati, con impieghi anticipati e, se necessario, applicazioni supplementari per mantenere l'efficacia dell'erogazione durante i periodi di volo più estesi. Oppure, saranno necessari erogatori caratterizzati da maggiore persistenza nel tempo. L'integrazione di dati di monitoraggio con modelli predittivi di fenologia – basati su registrazioni locali di temperatura e scenari climatici – sarà fondamentale per prevedere i picchi di generazione, ottimizzare il momento degli interventi e ridurre trattamenti superflui (Benelli et al. 2023b). La validazione e l'implementazione di questi modelli risultano quindi elementi fondamentali per un controllo del fitofago più razionale. Nel complesso, tali strategie dovrebbero contribuire a mantenere una gestione efficace della tignoletta in condizioni climatiche sempre più variabili.

Grappolo infestato
da larve di tignoletta

2.2 Gli acari Tetranichidi: *Panonychus ulmi* ed *Eotetranychus carpini*

Gli acari Tetranichidi sono di grande rilevanza in vigneto a causa del rapido sviluppo, dell'elevata fecondità e della capacità di provocare danni fogliari estesi, con conseguente riduzione della fotosintesi e danni alla produzione. Nei vigneti europei, le specie più frequentemente segnalate sono il ragnetto rosso *Panonychus ulmi* (Koch) e il ragnetto giallo *Eotetranychus carpini* (Oudemans) (Duso et al. 2012).

Negli ultimi decenni, i cambiamenti climatici sembrano aver favorito *E. carpini*, specie maggiormente adattata a condizioni calde e siccitose rispetto a *P. ulmi* (Bonato et al. 1990; Duso et al. 2012). A partire dagli anni '90, *E. carpini* risulta infatti sempre più diffuso e localmente dominante in diversi contesti viticoli dell'Italia centro-settentrionale, mentre *P. ulmi* appare in regressione, suggerendo un cambiamento coerente con l'attuale scenario climatico (C. Duso, dati non pubblicati). Allo stesso tempo, *E. carpini* continua a rappresentare un fitofago di difficile contenimento in alcuni areali viticoli spagnoli e francesi.

Unitamente alle caratteristiche varietali, le condizioni ambientali – soprattutto temperatura e stato idrico della pianta – influenzano fortemente la dinamica di popolazione degli acari. Temperature elevate e siccità generalmente accelerano i tempi di sviluppo e quindi favoriscono l'incremento delle densità delle popolazioni. Sebbene i nemici naturali, in particolare gli acari predatori appartenenti alla famiglia dei Fitoseidi, siano spesso in grado di mantenere queste specie sotto controllo, le densità delle popolazioni possono aumentare in modo esponenziale quando l'azione dei predatori viene compromessa dall'uso di prodotti fitosanitari non selettivi, dallo stress idrico o da temperature molto elevate (Wermelinger et al. 1992; Nyrop et al. 1998; Bounfour e Tanigoshi 2001; Praslička e Huszár 2004; Stavrinides et al. 2010a,b; Stavrinides e Mills 2011; Duso et al. 2012; Ximénez-Embún et al. 2017; Lorenzon et al. 2018; Möth et al. 2023; Martínez-Villar et al. 2024). Di conseguenza, la pressione degli acari Tetranichidi nei vigneti risulta altamente sensibile sia alle condizioni climatiche a breve termine sia al cambiamento climatico di lungo periodo.

Eotetranychus carpini

2.3 Il moscerino dei piccoli frutti *Drosophila suzukii*

Dalla sua introduzione in Europa e Nord America, *D. suzukii* è diventata una specie di primaria importanza per i frutti – incluse le uve tardive – con impatti particolarmente rilevanti nei sistemi agrari a conduzione biologica (Cini et al. 2012; Asplen et al. 2015; Tait et al. 2021). A differenza della maggior parte delle drosofile, le femmine ovidepongono nei frutti in via di maturazione, causando danni diretti. Nei vigneti, la suscettibilità è legata alla consistenza della buccia: cultivar a buccia più sottile e poco elastica risultano più soggette all'ovideposizione. Una vulnerabilità simile si osserva nei fruttai, dove le trasformazioni della consistenza della buccia facilitano ulteriormente l'infestazione (Ioriatti et al. 2015; Mazzetto et al. 2020; Tonina et al. 2020). L'infestazione può inoltre favorire l'insorgenza di marciumi secondari (Rombaut et al. 2017; Ioriatti et al. 2018). *Drosophila suzukii* tollera basse temperature invernali grazie a strategie di svernamento quali cambiamenti nel comportamento, uso di rifugi protetti e cambiamenti fisiologici, con conseguenze favorevoli per la sua espansione anche in risposta al cambiamento climatico (Little et al. 2020; Sario et al. 2023). Infatti, il riscaldamento globale sta consentendo l'espansione altitudinale e latitudinale della specie (Tochen et al. 2014; Tonina et al. 2016; Little et al. 2020; Sario et al. 2023).

I modelli di distribuzione evidenziano un'elevata idoneità ambientale nelle principali regioni viticole, con ulteriori ampliamenti previsti entro il 2050, soprattutto nell'emisfero nord (Dos Santos et al. 2017; Reyes e Lira-Noriega 2020). Tuttavia, nonostante gli aumenti di popolazione previsti per le regioni settentrionali degli USA e del Canada, la limitata disponibilità di frutti a buccia sottile in tali aree potrebbe ridurre il reale impatto dell'insetto invasivo (Langille et al. 2017). Condizioni abiotiche favorevoli possono intensificare le infestazioni sulle varietà tardive o a buccia sottile, in particolare nei vigneti di fondovalle più umidi (Guédot et al. 2018; Winkler et al. 2020). L'impatto complessivo dipende dalla sovrapposizione fenologica tra l'insetto e la maturazione degli acini, dalla sua preferenza per determinate superfici dei frutti e delle relative polpe, e dall'aumento del numero di generazioni indotto dal clima.

La conoscenza dei cambiamenti fenologici e biologici di *D. suzukii* evidenzia la necessità di migliorare il monitoraggio delle forme svernanti, perfezionare l'efficacia delle trappole e limitare l'aumento delle popolazioni precoci. Un approccio IPM avanzato può ridurre la dipendenza dagli insetticidi, pur restando essenziale l'approfondimento e la ricerca scientifica sulle dinamiche di svernamento e sulle performance delle trappole per la cattura degli adulti (Tait et al. 2021; Sario et al. 2023).

2.4 La cimice asiatica *Halyomorpha halys*

La cimice asiatica *H. halys* è un pentatomide invasivo originario dell'Asia orientale, oggi diffuso in molte aree del Globo, in grado di causare gravi danni negli agroecosistemi e disagi alla popolazione. Introdotta accidentalmente nel Nord America, alla fine degli anni '90 e successivamente in Europa, la specie si è rapidamente espansa grazie all'elevata capacità dispersiva, all'ampio spettro di piante ospiti e alla carenza di nemici naturali efficaci nei territori invasi (Leskey e Nielsen 2018). È estremamente polifaga, nutrendosi di oltre 300 specie vegetali, tra cui vite, fruttiferi, orticole, ornamentali e colture estensive, generando necrosi, deformazioni e cascola dei frutti, con gravi perdite economiche (Cianferoni et al. 2018; Leskey e Nielsen 2018; Maistrello 2024).

In Europa, *H. halys* si è inizialmente insediata in Svizzera, Lichtenstein e nell'Italia settentrionale, causando danni ingenti ai frutteti. Da allora, si è diffusa nella maggior parte del continente, con impatti economici di decine di milioni di euro annui (Leskey e Nielsen 2018; Maistrello 2024). Sebbene tutti gli stadi di sviluppo siano rinvenibili sulla vite (Maistrello et al. 2016; Delbac et al. 2022; Pajač Živković et al. 2023), studi sperimentali mostrano che le ninfe non riescono a completare il ciclo su questa pianta ospite (Dingha e Jackai 2017; Stahl et al. 2021). In vigneto, tuttavia, ninfe e adulti causano decolorazioni degli acini, necrosi, ammorbidimento e cascola delle bacche (Bettiga et al. 2013), con possibile aumento della suscettibilità a patogeni secondari (Scaccini et al. 2024b). Inoltre, *H. halys* può provocare difetti organolettici nel mosto ("stink bug taint"), sebbene questo effetto richieda elevati livelli di infestazione (Mohekar et al. 2017a,b; 2018; Kehrli et al. 2021).

La rapida diffusione in Europa di questa specie invasiva è favorita da condizioni climatiche idonee, dallo svernamento in ambienti urbani e dalla capacità di colonizzare ecosistemi agricoli diversificati (Maistrello et al. 2016; Laterza et al. 2023; Tamburini et al. 2023). Il cambiamento climatico potrebbe consentire un'ulteriore espansione altitudinale, anticipare l'attività primaverile, prolungare lo sviluppo autunnale e, verosimilmente, aumentare il numero potenziale di generazioni annue (Stoeckli et al. 2020). Temperature elevate potrebbero infatti favorire il multivoltinismo anche nelle regioni settentrionali, mentre picchi estivi eccessivi potrebbero limitare lo sviluppo e i danni in piena estate (Kistner 2017; Ingels e Daane 2018), in relazione ai limiti termici massimi dell'insetto (Aigner e Kuhar 2016; Scaccini et al. 2019).

La cimice asiatica è in grado di sopravvivere anche a temperature molto basse in inverno e il riscaldamento del clima potrebbe ridurre la mortalità invernale; tuttavia, non si esclude che gli adulti che escono anticipatamente dai siti di svernamento per via delle temperature invernali più miti possano essere negativamente influenzati dalla mancanza di risorse alimentari in quel periodo dell'anno e potenziali gelate tardive (Cira et al. 2016; 2018; Lowenstein e Walton 2018; Scaccini et al. 2020).

Nel complesso, pur non rappresentando oggi una minaccia rilevante per la viticoltura, i cambiamenti climatici potrebbero intensificare la pressione di *H. halys* anche nei vigneti, rendendo essenziali i sistemi di monitoraggio più efficaci, la sorveglianza coordinata e le strategie integrate per il controllo del fitofago, con un ruolo sempre più importante del controllo biologico.

Ninfa di cimice asiatica durante l'alimentazione su acino a luglio

Adulto di cimice asiatica durante l'alimentazione su acino ad agosto

3 / Implicazioni per la difesa integrata

3.1 Monitoraggio e previsione

Un monitoraggio accurato è sempre più centrale nella gestione dei fitofagi in vigneto, poiché il cambiamento climatico sta modificando fenologia, fisiologia e voltinismo delle specie chiave. Gli approcci basati su date fisse, talvolta proposti, risultano ormai superati; modelli fenologici e sommatorie termiche sono diventati strumenti essenziali per ottimizzare il posizionamento delle trappole, le attività di scouting e la tempistica degli interventi (Caffarra et al. 2012; Reineke e Thiéry 2016; Castex et al. 2020; Lessio e Alma 2021). L'adozione di sistemi dinamici e "data-driven" consente previsioni più accurate dei picchi di popolazione e una risposta più efficace alla variabilità meteorologica e climatica, rendendo necessario integrare strategie e strumenti a diversi livelli (Simeunović et al. 2025).

3.2 Strategie colturali e agronomiche

La gestione della chioma, l'irrigazione, la concimazione e la potatura influenzano il microclima del vigneto e, indirettamente, l'incidenza dei fitofagi. Poiché le uova e le larve di *L. botrana* sono sensibili alle alte temperature, la sfogliatura nella zona del grappolo può ridurne le infestazioni (Kiaeian Moosavi et al. 2017), diminuendo allo stesso tempo i danni da *B. cinerea* (Pavan et al. 2016). Tuttavia, tra gli aspetti negativi della sfogliatura vi sono la possibile riduzione delle popolazioni di acari predatori, con possibili effetti nei confronti degli acari Tetranichidi (Prazaru et al. 2023a). L'irrigazione può influenzare la dinamica di popolazione dei fitofagi (Kinn et al. 1974; Oloumi-Sadeghi et al. 1988), e talvolta con la relazione disponibilità idrica–densità di popolazione mostra effetti non lineari (English-Loeb 1989, 1990). Inoltre, l'effetto può variare a seconda della specie: in *Tetranychus pacificus* McGregor (Acari: Tetranychidae), lo stress idrico può ridurre la crescita della vite e portare a densità più elevate di acari (Hanna et al. 1997), ma può anche avere impatti su altri fitofagi. L'adozione di sistemi irrigui ad ala interrata in contrapposizione all'irrigazione a goccia può diminuire in misura significativa le densità di popolazione della cicalina verde della vite *Empoasca vitis* Goethe (Hemiptera: Cicadellidae) (Fornasiero et al. 2012). Oltre ai sistemi di irrigazione, anche gli interventi di concimazione che aumentano la vigoria della pianta possono favorire i principali fitofagi della vite ad apparato boccale pungente-succhiante, come le cocciniglie farinose, evidenziando l'importanza di una gestione equilibrata dell'acqua e della fertirrigazione come strategie colturali in viticoltura (Cocco et al. 2015; 2021; Muscas et al. 2017).

3.3 Controllo biologico e conservazione dei nemici naturali

I nemici naturali sono fondamentali nel controllo integrato dei fitofagi del vigneto, ma il loro comportamento in condizioni di stress climatico richiede particolare attenzione (Hance et al. 2007; Reineke e Thiéry 2016; Castex et al. 2018). Le strategie di conservazione del complesso di antagonisti naturali comprendono la riduzione del consumo di prodotti fitosanitari, specialmente quelli ad ampio spettro, l'offerta di risorse floreali e la gestione degli habitat (Gurr et al. 2012). Sono in corso valutazioni sull'impiego di agenti esotici (Hajek et al. 2016) come *Ganaspis brasiliensis* (Ihering) (Hymenoptera: Figitidae) contro *D. suzukii* (Wang et al. 2020) e *Trissolcus japonicus* (Ashmead) (Hymenoptera: Scelionidae) contro *H. halys*.

Il riscaldamento globale può modificare le interazioni preda–predatore o parassitoide–vittima. Ad esempio, i parassitoidi oofagi del genere *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) mostrano efficacia ridotta ad alte temperature rispetto al loro ospite *L. botrana*, avendo soglie termiche di sviluppo diverse (Castex et al. 2018). La temperatura può inoltre influenzare la fitness della progenie attraverso effetti parentali (Iltis et al. 2020); concentrazioni elevate di CO_2 possono alterare la performance dei parassitoidi in funzione della dieta dell'ospite (Becker et al. 2023). Le interazioni climatiche influenzano anche gli acari predatori (Stavrinides e Mills 2011). Gli effetti del cambiamento climatico potrebbero impattare sulla diffusione di acari predatori chiave in viticoltura come nel caso di *Typhlodromus pyri* Scheuten (Acari: Phytoseidae), specie che diviene sempre più sporadica nel Nord Italia verosimilmente per la bassa tolleranza nei confronti delle temperature elevate (Duso e Pasqualetto 1993; C. Duso et al., dati non pubblicati). I cambiamenti delle condizioni climatiche possono inoltre alterare le interazioni tra i Tetranichidi e i loro predatori, come osservato in altri contesti agrari (Seiter e Schausberger 2015; Urbaneja-Bernat e Jaques 2019; 2022; 2025). I nemici naturali introdotti attraverso programmi di controllo biologico classico o già presenti nei territori possono rispondere in modo diverso ai cambiamenti climatici (Furlong e Zalucki 2017). Lo sviluppo e l'induzione della diapausa nei parassitoidi di *D. suzukii* variano in funzione della temperatura (Stacconi et al. 2017; Hougardy et al. 2019). In Italia, due specie di parassitoidi oofagi attaccano efficacemente le uova di *H. halys: T. japonicus* e *Trissolcus mitsukurii* (Ashmead) (Hymenoptera: Scelionidae) (Zapponi et al. 2021). In scenari di riscaldamento globale, *T. japonicus* mostra maggior capacità di adattamento rispetto a *T. mitsukurii* (Mele et al. 2024), e i modelli di distribuzione indicano un miglior potenziale climatico per *T. japonicus*, specialmente alle basse latitudini (Tortorici et al. 2023).

Tale specie fornisce inoltre una soppressione più efficace di *H. halys*, benché nessuna delle due risulti sufficiente, di per sé, per un controllo soddisfacente del fitofago invasivo (Gutierrez et al. 2023). Nel complesso, l'efficacia dei nemici naturali è fortemente modulata dal clima, che influisce su sviluppo, comportamento e interazioni multitrofiche. Sarà quindi essenziale selezionare agenti di controllo biologico dotati di elevata tolleranza termica e comprendere come il cambiamento climatico modifichi le reti ecologiche.

3.4 Cambiamento climatico e controllo chimico

Il cambiamento climatico può influenzare l'uso dei prodotti fitosanitari sia direttamente sia indirettamente (Delcour et al. 2015) e accelerare l'evoluzione di resistenze nei fitofagi, in particolare per le specie in grado di compiere più generazioni all'anno (Pu et al. 2020). Temperature più elevate possono limitare la possibilità di impiego di alcuni prodotti, come i fungicidi a base di zolfo, utilizzati anche per contenere artropodi dannosi come acari, cocciniglie, *L. botrana, D. suzukii e H. halys* (Duso et al. 2010; Tacoli et al. 2020; Pérez-Guerrero et al. 2020; Scaccini et al. 2024a,c). Infatti, nonostante possano esercitare un effetto repellente/deterrente nei confronti di certi fitofagi (Scaccini et al. 2024c), applicazioni ripetute possono essere limitate dal rischio di fitotossicità sulla coltura, accentuato dalle alte temperature (Scaccini et al. 2024a). Le elevate temperature riducono l'efficacia di alcuni insetticidi come piretro e piretroidi (Prazaru et al. 2023b). Tale fenomeno, che potrebbe divenire sempre più frequente, va considerato con grande attenzione al fine di gestire questi insetticidi con oculatezza e prevenire fenomeni di resistenza (ad esempio in *S. titanus*).

Kampimodromus aberrans
(Acari Fitoseidi)

Conclusioni

Il cambiamento climatico sta trasformando profondamente le interazioni tra la vite e i suoi parassiti animali, con conseguenze rilevanti per le rese, la qualità dell'uva e la sostenibilità delle pratiche di gestione. Sebbene le condizioni climatiche calde e siccitose tendano a intensificare il voltinismo e la pressione di alcuni fitofagi, le risposte rimangono specie-specifiche e spesso molto complesse. *Lobesia botrana*, gli acari *Tetranichidi, D. suzukii* e *H. halys* rappresentano esempi emblematici che evidenziano tale variabilità e la necessità di strategie IPM adattive e basate sull'evidenza scientifica. Rafforzare gli strumenti predittivi, le reti di monitoraggio, la conservazione dei nemici naturali e lo sviluppo di nuove soluzioni di controllo biologico è essenziale. Considerata l'importanza socioeconomica della viticoltura, tali interventi non sono opzionali ma imprescindibili per garantire la resilienza del settore. La difesa integrata nella viticoltura del presente e del futuro dovrà essere flessibile e "climate-smart", integrare monitoraggio in tempo reale, modellistica predittiva, controllo biologico avanzato e gestione proattiva delle resistenze. Ciò richiederà un forte impegno interdisciplinare tra gli esperti del settore, i tecnici e i viticoltori.

La gestione del vigneto può mitigare gli effetti del cambiamento climatico

Bibliografia

Aigner J.D., Kuhar T.P. (2016) Lethal high temperature extremes of the brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys*) and efficacy of commercial heat treatments for control in export shipping cargo. Journal of Agricultural and Urban Entomology, 32: 1-6. https://doi.org/10.3954/1523-5475-32.1.1

Alikadic A., Pertot I., Eccel E., Dolci C., Zarbo C., Caffarra A. et al. (2019) The impact of climate change on grapevine phenology and the influence of altitude: A regional study. Agricultural and Forest Meteorology, 271: 73-82. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.02.030

Amo-Salas M., Ortega-Lőpez V., Harman R., Alonso-González A. (2011) A new model for predicting the flight activity of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). Crop Protection, 30: 1586-1593. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.09.003

Askary T.H., Khalil A., Nazir N., Khan A.A., Banday S.A. (2018) Nematode parasites of grapevines. In: Lichtfouse E. (ed) Sustainable Agriculture Reviews 31. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-94232-2_7

Asplen M.K., Anfora G., Biondi A., Choi D.S., Chu D., Daane K.M. et al. (2015) Invasion biology of Spotted Wing Drosophila (*Drosophila suzukii*): a global perspective and future priorities. Journal of Pest Science, 88: 469-494. https://doi.org/10.1007/s10340-015-0681-z

Bale J.S., Masters G.J., Hodkinson I.D., Awmack C., Bezemer T.M., Brown V.K. et al. (2002) Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. Global Change Biology, 8: 1-16. https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2002.00451.x

Becker C., Herrmann K., Reineke A. (2023) Biological control in a changing climate: plant-mediated impact of elevated CO_2 concentration on *Lobesia botrana* eggs and egg parasitism by Trichogramma cacoeciae. Journal of Pest Science, 96: 683-693. https://doi.org/10.1007/s10340-022-01545-w

Benelli G., Lucchi A., Anfora G., Bagnoli B., Botton M., Campos-Herrera R. et al. (2023a) European grapevine moth, *Lobesia botrana* Part I: Biology and ecology. Entomologia Generalis, 43: 261–280. https://doi.org/10.1127/entomologia/2023/1837

Benelli G., Lucchi A., Anfora G., Bagnoli B., Botton M., Campos-Herrera R. et al. (2023b) European grapevine moth, *Lobesia botrana* Part II: Prevention and management. Entomologia Generalis, 43: 281-304. https://doi.org/10.1127/entomologia/2023/1947

Bertin R.I. (2008) Plant phenology and distribution in relation to recent climate change. The Journal of the Torrey Botanical Society, 135: 126-146. https://doi.org/10.3159/07-RP-035R.1

Bettiga L.J., Varela L.G., Bentley W.J. (2013) Brown marmorated stink bug. In: Bettiga L.J. (ed) Grape Pest Management, 3rd edn. University of California–Agriculture and Natural Resources, Berkeley, pp. 187–188.

Bindi M., Fibbi L., Miglietta F. (2001) Free Air CO_2 Enrichment (FACE) of grapevine (*Vitis vinifera* L.): II. Growth and quality of grape and wine in response to elevated CO_2 concentrations. European Journal of Agronomy, 14: 145-155. https://doi.org/10.1016/S1161-0301(00)00093-9

Björkman C., Niemelä P. (2015) Climate change and insect pests. CABI Climate Change Series, 7.

Bonato O., Cotton D., Kreiter S., Gutierrez J. (1990) Influence of temperature on the life-history parameters of the yellow grape-vine mite *Eotetranychus carpini* (Oudemans) (Acari: Tetranychidae). International Journal of Acarology, 16: 241-245. https://doi.org/10.1080/01647959008683873

Bounfour M., Tanigoshi L.K. (2001) Effect of temperature on development and demographic parameters of *Tetranychus urticae* and *Eotetranychus carpini borealis* (Acari: Tetranychidae). Annals of the Entomological Society of America, 94: 400-404. https://doi.org/10.1603/0013-8746(2001)094[0400:EOTODA]2.0.CO;2

Caffarra A., Rinaldi M., Eccel E., Rossi V., Pertot I. (2012) Modelling the impact of climate change on the interaction between grapevine and its pests and pathogens: European grapevine moth and powdery mildew. Agriculture, Ecosystems & Environment, 148: 89-101. https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.11.017

Campbell J.W., Fulcher M.R., Grewell B.J., Young S.L. (2023) Climate and pest interactions pose a cross-landscape management challenge to soil and water conservation. Journal of Soil and Water Conservation, 78: 39A-44A. https://doi.org/10.2489/jswc.2023.1025A

Cargnus E., Kiaeian Moosavi S.F., Frizzera D., Floreani C., Zandigiacomo P., Bigot G. et al. (2024) Influence of vineyard inter-row management on grapevine leafhoppers and their natural enemies. Insects, 15: 355. https://doi.org/10.3390/insects15050355

Castex V., Beniston M., Calanca P., Fleury D., Moreau J. (2018) Pest management under climate change: The importance of understanding tritrophic relations. Science of the Total Environment, 616: 397-407. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.027

Castex V., de Cortâzar-Atauri I.G., Beniston M., Moreau J., Semenov M., Stoffel M. et al. (2023) Exploring future changes in synchrony between grapevine (*Vitis vinifera*) and its major insect pest, *Lobesia botrana*. OENO One, 57: 161-174. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2023.57.1.7250

Castex V., de Cortâzar-Atauri I.G., Calanca P., Beniston M., Moreau J. (2020) Assembling and testing a generic phenological model to predict *Lobesia botrana* voltinism for impact studies. Ecological Modelling, 420: 108946. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.108946

Cianferoni F., Graziani F., Dioli P., Ceccolini F. (2018) Review of the occurrence of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) in Italy, with an update of its European and World distribution. Biologia, 73: 599-607. https://doi.org/10.2478/s11756-018-0067-9

Cini A., Ioriatti C., Anfora G. (2012) A review of the invasion of *Drosophila suzukii* in Europe and a draft research agenda for integrated pest management. Bulletin of Insectology, 65: 149-160.

Cira T.M., Koch R.L., Burkness E.C., Hutchison W.D., Venette R.C. (2018) Effects of diapause on *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) cold tolerance. Environmental Entomology, 47: 997-1004. https://doi.org/10.1093/ee/nvy064

Cira T.M., Venette R.C., Aigner J., Kuhar T., Mullins D.E., Gabbert S.E. et al. (2016) Cold tolerance of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) across geographic and temporal scales. Environmental Entomology, 45: 484-491. https://doi.org/10.1093/ee/nvv220

Clemens M.E., Zuniga A., Oechel W. (2022) Effects of elevated atmospheric carbon dioxide on the vineyard system of *Vitis vinifera*: a review. American Journal of Enology and Viticulture, 73: 1-10. https://doi.org/10.5344/ajev.2021.2102

Cocco A., Marras P.M., Muscas E., Mura A., Lentini A. (2015) Variation of life-history parameters of *Planococcus ficus* (Hemiptera: Pseudococcidae) in response to grapevine nitrogen fertilization. Journal of Applied Entomology, 139: 519-528. https://doi.org/10.1111/jen.12192

Cocco A., Mercenaro L., Muscas E., Mura A., Nieddu G., Lentini A. (2021) Multiple effects of nitrogen fertilization on grape vegetative growth, berry quality and pest development in mediterranean vineyards. Horticulturae, 7: 530. https://doi.org/10.3390/horticulturae7120530

Cola G., Failla O., Maghradze D., Megrelidze L., Mariani L. (2017) Grapevine phenology and climate change in Georgia. International Journal of Biometeorology, 61: 761-773. https://doi.org/10.1007/s00484-016-1241-9

Comte V., Schneider L., Sneiders B., Rebetez M. (2024) Climate change is likely to favour insect pest species in mid-latitude vineyards: the case study of Neuchatel. OENO One, 58: 1-11. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2024.58.4.7767

Cortez-Madrigal H., Gutiérrez-Cárdenas O.G. (2023) Enhancing biological control: conservation of alternative hosts of natural enemies. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 33: 25. https://doi.org/10.1186/s41938-023-00675-2

Costello M.J. (2008) Regulated deficit irrigation and density of *Erythroneura* spp. (Hemiptera: Cicadellidae) on grape. Journal of Economic Entomology, 101: 1287-1294. https://doi.org/10.1603/0022-0493(2008)101[1287:rdiado]2.0.co;2

Daane K.M., Williams L.E. (2003) Manipulating vineyard irrigation amounts to reduce insect pest damage. Ecological Applications, 13: 1650-1666. https://doi.org/10.1890/02-5328

Dal Cortivo G., Forte V., Borgo M., Duso C. (2007) Climate and *Lobesia botrana* flights in vineyards in North-eastern Italy. IOBC/WPRS WG Integrated Pest Management in Vineyards, Marsala, 25-27 October 2007 (poster).

Damien M., Tougeron K. (2019) Prey–predator phenological mismatch under climate change. Current Opinion in Insect Science, 35: 60-68. https://doi.org/10.1016/j.cois.2019.07.002

de Cortázar Atauri I.G., Duchêne E., Destrac A., Barbeau G., De Resseguier L., Lacombe T. et al. (2017) Grapevine phenology in France: from past observations to future evolutions in the context of climate change. OENO One, 51: 115-126. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2017.51.2.1622

de Cortâzar-Atauri I.G., Brisson N., Ollat N., Jacquet O., Payan J.C. (2009) Asynchronous dynamics of grapevine (*Vitis vinifera*) maturation: experimental study for a modelling approach. OENO One, 43: 83-97. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2009.43.2.801

Delbac L., Rouzes R., Hamidi R., Thiéry D. (2022) First occurrence of *Halyomorpha halys* in Bordeaux vineyards. OENO One, 56: 253-257. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2022.56.1.5395

Delcour I., Spanoghe P., Uyttendaele M. (2015) Literature review: Impact of climate change on pesticide use. Food Research International, 68: 7-15. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.09.030

Deutsch C.A., Tewksbury J.J., Huey R.B., Sheldon K.S., Ghalambor C.K., Haak D.C. et al. (2008) Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. Proceedings of the National Academy of Sciences, 105: 6668-6672. https://doi.org/10.1073/pnas.0709472105

Di Lena B., Giuliani D., Zinni A., Mazzocchetti A., Eccel E. (2013) A climatic perspective of the presence of the European grapevine moth (*Lobesia botrana* Den. and Schiff) in the Abruzzo region, Italy. Italian Journal of Agrometeorology, 18: 5-12

Dingha B.N., Jackai L.E. (2017) Laboratory rearing of the brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) and the impact of single and combination of food substrates on development and survival. The Canadian Entomologist, 149: 104-117. https://doi.org/10.4039/tce.2016.39

Dinu D.G., Ricciardi V., Demarco C., Zingarofalo G., De Lorenzis G., Buccolieri R. et al. (2021) Climate change impacts on plant phenology: Grapevine (*Vitis vinifera*) bud break in wintertime in Southern Italy. Foods, 10: 2769. https://doi.org/10.3390/foods10112769

Dos Santos L.A., Mendes M.F., Krüger A.P., Blauth M.L., Gottschalk M.S., Garcia F.R. (2017) Global potential distribution of *Drosophila suzukii* (Diptera, Drosophilidae). PloS ONE, 12: e0174318. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174318

Duso C., Castagnoli M., Simoni S., Angeli G. (2010) The impact of eriophyoids on crops: recent issues on *Aculus schlechtendali, Calepitrimerus vitis* and *Aculops lycopersici*. Experimental and Applied Acarology, 51: 151-168. https://doi.org/10.1007/s10493-009-9300-0

Duso C., Pasqualetto C. (1993) Factors affecting the potential of Phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) as biocontrol agents in North-Italian vineyards. Experimental & Applied Acarology, 17: 241-258. https://doi.org/10.1007/BF02337274

Duso C., Pozzebon A., Kreiter S., Tixier M.S., Candolfi M. (2012) Management of phytophagous mites in European vineyards. In: Arthropod management in vineyards: pests, approaches, and future directions. Springer, Netherlands, pp. 191-217.

English-Loeb G.M. (1989) Nonlinear responses of spider mites to drought-stressed host plants. Ecological Entomology, 14: 45-55. https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1989.tb00752.x

Bibliografia

English-Loeb G.M. (1990) Plant drought stress and outbreaks of spider mites: a field test. Ecology, 71: 1401-1411. https://doi.org/10.2307/1938277

Ferrandino A., Lovisolo C. (2014) Abiotic stress effects on grapevine (*Vitis vinifera* L.): Focus on abscisic acid-mediated consequences on secondary metabolism and berry quality. Environmental and Experimental Botany, 103: 138-147. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.10.012

Fornasiero D., Duso C., Pozzebon A., Tomasi D., Gaiotti F., Pavan F. (2012) Effects of irrigation on the seasonal abundance of *Empoasca vitis* in North-Italian vineyards. Journal of Economic Entomology, 105: 176-185. https://doi.org/10.1603/EC11218

Forrest J.R. (2016) Complex responses of insect phenology to climate change. Current Opinion in Insect Science, 17: 49-54. https://doi.org/10.1016/j.cois.2016.07.002

Fraga H., Malheiro A.C., Moutinho-Pereira J., Santos J.A. (2013) Future scenarios for viticultural zoning in Europe: ensemble projections and uncertainties. International Journal of Biometeorology, 57: 909-925. https://doi.org/10.1007/s00484-012-0617-8

Furlong M.J., Zalucki M.P. (2017) Climate change and biological control: the consequences of increasing temperatures on host–parasitoid interactions. Current Opinion in Insect Science, 20: 39-44. https://doi.org/10.1016/j.cois.2017.03.006

Gallardo A., Ocete R., López M.A., Maistrello L., Ortega F., Semedo A., Soria F.J. (2009) Forecasting the flight activity of *Lobesia botrana* (Denis & Schiffermüller) (Lepidoptera, Tortricidae) in southwestern Spain. Journal of Applied Entomology, 133: 626-632. https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2009.01417.x

Garinie T., Lelièvre Y., Nusillard W., Zito S., Thiéry D., Moreau J. (2025) Current and future perspectives on *Lobesia botrana* pest oviposition behavior in the context of climate change and fungicide applications. Crop Protection, 107198. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2025.107198

Giurca I.S., Tomoiagă L.L., Muntean M.D., Comșa M., Sîrbu A.D., Răcoare H.S., Chedea V.S. (2024) Biological aspects and management approaches of the grapevine pest, *Pulvinaria vitis*, in the climate change context. Scientific Papers. Series B. Horticulture, 68: 300-318.

Gonella E., Benelli G., Arricau-Bouvery N., Bosco D., Duso C., Dietrich C.H. et al. (2024) *Scaphoideus titanus* forecasting and management: quo vadis? Entomologia Generalis, 44: 497-510. https://doi.org/10.1127/entomologia/2023/2598

Guédot C., Avanesyan A., Hietala-Henschell K. (2018) Effect of temperature and humidity on the seasonal phenology of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Wisconsin. Environmental Entomology, 47: 1365-1375. https://doi.org/10.1093/ee/nvy159

Gurr G.M., Wratten S.D., Snyder W.E., Read D.M.Y. (2012) Biodiversity and insect pests: key issues for sustainable management. John Wiley & Sons, UK.

Gutierrez A.P., Ponti L., Cooper M.L., Gilioli G., Baumgartner J., Duso C. (2012) Prospective analysis of the invasive potential of the European grapevine moth *Lobesia botrana* (Den. & Schiff.) in California. Agricultural and Forest Entomology, 14: 225–238. https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2011.00566.x

Gutierrez A.P., Ponti L., d'Oultremont T., Ellis C.K. (2008) Climate change effects on poikilotherm tritrophic interactions. Climatic Change, 87: 167-192. https://doi.org/10.1007/s10584-007-9379-4

Gutierrez A.P., Ponti L., Gilioli G., Baumgärtner J. (2018) Climate warming effects on grape and grapevine moth (*Lobesia botrana*) in the Palearctic region. Agricultural and Forest Entomology, 20: 255-271. https://doi.org/10.1111/afe.12256

Gutierrez A.P., Sabbatini Peverieri G., Ponti L., Giovannini L., Roversi P.F., Mele A. et al. (2023) Tritrophic analysis of the prospective biological control of brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, under extant weather and climate change. Journal of Pest Science, 96: 921-942. https://doi.org/10.1007/s10340-023-01610-y

Hajek A.E., Hurley B.P., Kenis M., Garnas J.R., Bush S.J., Wingfield M.J. et al. (2016) Exotic biological control agents: a solution or contribution to arthropod invasions? Biological Invasions, 18: 953-969. https://doi.org/10.1007/s10530-016-1075-8

Hance T., van Baaren J., Vernon P., Boivin G. (2007) Impact of extreme temperatures on parasitoids in a climate change perspective. Annual Review of Entomology, 52: 107-126. https://doi.org/10.1146/annurev.ento.52.110405.091333

Hoffmann A.A., Chown S.L., Clusella-Trullas S. (2013) Upper thermal limits in terrestrial ectotherms: how constrained are they? Functional Ecology, 27: 934-949. https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2012.02036.x

Hougardy E., Hogg B.N., Wang X., Daane K.M. (2019) Comparison of thermal performances of two Asian larval parasitoids of *Drosophila suzukii*. Biological Control, 136: 104000. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104000

Huberty A.F., Denno R.F. (2004) Plant water stress and its consequences for herbivorous insects: a new synthesis. Ecology, 85: 1383-1398. https://doi.org/10.1890/03-0352

Iltis C., Martel G., Thiéry D., Moreau J., Louâpre P. (2018) When warmer means weaker: high temperatures reduce behavioural and immune defences of the larvae of a major grapevine pest. Journal of Pest Science, 91: 1315-1326. https://doi.org/10.1007/s10340-018-0992-y

Iltis C., Moreau J., Manière C., Thiéry D., Delbac L., Louapre P. (2020) Where you come from matters: temperature influences host–parasitoid interaction through parental effects. Oecologia, 192: 853-863. https://doi.org/10.1007/s00442-020-04613-z

Ingels C.A., Daane K.M. (2018) Phenology of brown marmorated stink bug in a California urban landscape. Journal of Economic Entomology, 111: 780-786. https://doi.org/10.1093/jee/tox361

Ioriatti C., Anfora G., Bagnoli B., Benelli G., Lucchi A. (2023) A review of history and geographical distribution of grapevine moths in Italian vineyards in light of climate change: Looking backward to face the future. Crop Protection, 173: 106375. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106375

Ioriatti C., Guzzon R., Anfora G., Ghidoni F., Mazzoni V., Villegas T.R. et al. (2018) *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) contributes to the development of sour rot in grape. Journal of Economic Entomology, 111: 283-292. https://doi.org/10.1093/jee/tox292

Ioriatti C., Walton V., Dalton D., Anfora G., Grassi A., Maistri S., Mazzoni V. (2015) *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) and its potential impact to wine grapes during harvest in two cool climate wine grape production regions. Journal of Economic Entomology, 108: 1148-1155. https://doi.org/10.1093/jee/tov042

IPCC (2021) Summary for Policymakers. In: Masson-Delmotte V., Zhai P., Pirani A., Connors S.L., Péan C., Berger S. et al. (eds) Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 3–32. https://doi.org/10.1017/9781009157896.001

IPPC (2021) Scientific review of the impact of climate change on plant pests – A global challenge to prevent and mitigate plant pest risks in agriculture, forestry and ecosystems. FAO on behalf of the IPPC Secretariat, Rome. https://doi.org/10.4060/cb4769en

Kehrli P., Rösti J., Lorenzini F., Deneulin P., Linder C. (2021) Influence of processed *Halyomorpha halys* bugs on the aroma and taste of 'Chardonnay' and 'Merlot' musts and wines. Vitis, 60: 43–50. https://doi.org/10.5073/vitis.2021.60.43-50

Keller R.P., Geist J., Jeschke J.M., Kühn I. (2011) Invasive species in Europe: ecology, status, and policy. Environmental Sciences Europe, 23: 23. https://doi.org/10.1186/2190-4715-23-23

Kiaeian Moosavi F., Cargnus E., Pavan F., Zandigiacomo P. (2017) Mortality of eggs and newly hatched larvae of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) exposed to high temperatures in the laboratory. Environmental Entomology, 46: 700-707. https://doi.org/10.1093/ee/nvx035

Kinn D.N., Joos J.L., Doutt R.L., Sorensen J.T., Foskett M.J. (1974) Effects of *Tetranychus pacificus* and irrigation practices on yield and quality of grapes in north coast vineyards of California. Environmental Entomology, 3: 601-606. https://doi.org/10.1093/ee/3.4.601

Kistner E.J. (2017) Climate change impacts on the potential distribution and abundance of the brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) with special reference to North America and Europe. Environmental Entomology, 46: 1212-1224. https://doi.org/10.1093/ee/nvx157

Langille A.B., Arteca E.M., Newman J.A. (2017) The impacts of climate change on the abundance and distribution of the Spotted Wing Drosophila (*Drosophila suzukii*) in the United States and Canada. PeerJ, 5: e3192. https://doi.org/10.7717/peerj.3192

Laterza I., Sabree Z.L., Martinez-Sañudo I., Scaccini D., Pozzebon A., Cornara D. et al. (2023) *Halyomorpha halys* in Mediterranean areas: local and landscape predictors, genetic diversity, and potential biological control. Entomologia Generalis, 43: 981–990. https://doi.org/10.1127/entomologia/2023/2032

Leibar U., Aizpurua A., Unamunzaga O., Pascual I., Morales F. (2015) How will climate change influence grapevine cv. Tempranillo photosynthesis under different soil textures? Photosynthesis Research, 124: 199-215. https://doi.org/10.1007/s11120-015-0120-2

Leskey T.C., Nielsen A.L. (2018) Impact of the invasive brown marmorated stink bug in North America and Europe: history, biology, ecology, and management. Annual Review of Entomology, 63: 599-618. https://doi.org/10.1146/annurev-ento-020117-043226

Lessio F., Alma A. (2021) Models applied to grapevine pests: A review. Insects, 12: 169. https://doi.org/10.3390/insects12020169 Lorenzon M., Pozzebon A., Duso C. (2018) Biological control of spider mites in North-Italian vineyards using pesticide resistant predatory mites. Acarologia, 58: 98-118. https://doi.org/10.24349/acarologia/20184277

Lowenstein D.M., Walton V.M. (2018) *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) winter survival, feeding activity, and reproduction rates based on episodic cold shock and winter temperature regimes. Journal of Economic Entomology, 111: 1210-1218. https://doi.org/10.1093/jee/toy093

Ma C.S., Wang B.X., Wang X.J., Lin Q.C., Zhang W., Yang X.F. et al. (2025) Crop pest responses to global changes in climate and land management. Nature Reviews Earth & Environment, 6: 264-283. https://doi.org/10.1038/s43017-025-00652-3

Maistrello L. (2024) Case Study 2: *Halyomorpha halys* (Stål) in Europe. In: Bueno A.F., Panizzi A.R. (eds) Stink Bugs (Hemiptera: Pentatomidae) Research and Management. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-69742-5_15

Maistrello L., Dioli P., Bariselli M., Mazzoli G.L., Giacalone-Forini I. (2016) Citizen science and early detection of invasive species: phenology of first occurrences of *Halyomorpha halys* in Southern Europe. Biological Invasions, 18: 3109-3116. https://doi.org/10.1007/s10530-016-1217-z

Mani M. (2022) Trends in horticultural entomology. Springer Nature.

Marchesini E., Montà L.D. (2004) Nel Veneto quattro generazioni di tignoletta della vite. L'Informatore Agrario, 60: 75-78.

Martínez-Lüscher J., Kizildeniz T., Vučetić V., Dai Z., Luedeling E., van Leeuwen C. et al. (2016) Sensitivity of grapevine phenology to water availability, temperature and CO_2 concentration. Frontiers in Environmental Science, 4: 48. https://doi.org/10.3389/fenvs.2016.00048

Martínez-Villar E., López-Manzanares B., Legarrea S., Pérez-Moreno I., Marco-Mancebón V.S. (2024) Influence of abiotic factors on diapause termination and temperature requirements for postdiapause development in the European red mite, *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae). Experimental and Applied Acarology, 92: 777-794. https://doi.org/10.1007/s10493-024-00904-9

Mazzetto F., Lessio F., Giacosa S., Rolle L., Alma A. (2020) Relationships between *Drosophila suzukii* and grapevine in North-western Italy: Seasonal presence and cultivar susceptibility. Bulletin of Insectology, 73: 29-38.

Bibliografia

Mele A., Avanigadda D.S., Ceccato E., Olawuyi G.B., Simoni F., Duso C. et al. (2024) Comparative life tables of *Trissolcus japonicus* and *Trissolcus mitsukurii*, egg parasitoids of *Halyomorpha halys*. Biological Control, 195: 105548. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2024.105548

Mohekar P., Lapis T.J., Wiman N.G., Lim J., Tomasino E. (2017a) Brown marmorated stink bug taint in Pinot Noir: detection and consumer rejection thresholds of trans-2-decenal. American Journal of Enology and Viticulture, 68: 120–126. https://doi.org/10.5344/ajev.2016.15096

Mohekar P., Osborne J., Tomasino E. (2018) Effects of fining agents, reverse osmosis and wine age on brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys*) taint in wine. Beverages, 4: 17. https://doi.org/10.3390/beverages4010017

Mohekar P., Osborne J., Wiman N.G., Walton W., Tomasino E. (2017b) Influence of winemaking processing steps on the amounts of (E)-2-decenal and tridecane as off-odorants caused by brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys*). Journal of Agriculture and Food Chemistry, 65: 872–878. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b04268

Mosedale J.R., Abernethy K.E., Smart R.E., Wilson R.J., Maclean I.M. (2016) Climate change impacts and adaptive strategies: lessons from the grapevine. Global Change Biology, 22: 3814-3828. https://doi.org/10.1111/gcb.13406

Möth S., Richart-Cervera S., Comsa M., Herrera R.A., Hoffmann C., Kolb S. et al. (2023) Local management and landscape composition affect predatory mites in European wine-growing regions. Agriculture, Ecosystems & Environment, 344: 108292. https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108292

Muscas E., Cocco A., Mercenaro L., Cabras M., Lentini A., Porqueddu C., Nieddu G. (2017) Effects of vineyard floor cover crops on grapevine vigor, yield, and fruit quality, and the development of the vine mealybug under a Mediterranean climate. Agriculture, Ecosystems & Environment, 237: 203-212. https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.12.035

Nyrop J., English-Loeb G., Roda A. (1998) Conservation biological control of spider mites in perennial cropping systems. In: Barbosa P. (ed) Conservation biological control. Academic Press, pp. 307-333. https://doi.org/10.1016/B978-012078147-8/50063-3

Oloumi-Sadeghi H.E.L.M., Helm C.G., Kogan M., Schoeneweiss D.F. (1988) Effect of water stress on abundance of twospotted spider mite on soybeans under greenhouse conditions. Entomologia Experimentalis et Applicata, 48: 85-90. https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1988.tb02302.x

Pajač Živković I., Čirjak D., Miklečić I., Pintar M., Duralija B., Lemic D. (2023) First evidence of the brown marmorated stink bug and its population size in perennial crops in Croatia. Journal of Central European Agriculture, 24: 908-915. https://doi.org/10.5513/JCEA01/24.4.4092

Panzavolta T., Bracalini M., Benigno A., Moricca S. (2021) Alien invasive pathogens and pests harming trees, forests, and plantations: Pathways, global consequences and management. Forests, 12: 1364. https://doi.org/10.3390/f12101364

Parmesan C. (2006) Ecological and evolutionary responses to recent climate change. Annual Review of Ecoligy, Evolution, and Systematics, 37: 637-669. https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110100

Parmesan C., Yohe G. (2003) A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. Nature, 421: 37-42. https://doi.org/10.1038/nature01286

Pavan F., Cargnus E., Kiaeianmoosavi S., Tacoli F., Bigot G., Zandigiacomo P. (2016) Bunch-zone leaf removal to prevent damage by *Lobesia botrana* and grey mould. Bulletin of Insectology, 69: 107-115.

Pavan F., Zandigiacomo P., Dalla Montà L. (2006) Influence of the grape-growing area on the phenology of *Lobesia botrana* second generation. Bulletin of Insectology, 59: 105-109.

Pérez-Guerrero S., Molina J., Montiel C., Redondo-Villa A., Avivar-Lozano L. (2020) Laboratory evaluation of effects of powdered sulphur on the oviposition, fruit detection and behaviour of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) on strawberry. European Journal of Entomology, 117. https://doi.org/10.14411/eje.2020.022

Pertot I., Caffi T., Rossi V., Mugnai L., Hoffmann C., Grando M.S. et al. (2017) A critical review of plant protection tools for reducing pesticide use on grapevine and new perspectives for the implementation of IPM in viticulture. Crop Protection, 97: 70-84. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.11.025

Piao S., Liu Q., Chen A., Janssens I.A., Fu Y., Dai J. et al. (2019) Plant phenology and global climate change: Current progresses and challenges. Global Change Biology, 25: 1922-1940. https://doi.org/10.1111/gcb.14619

Ponti L., Gutierrez A.P., Boggia A., Neteler M. (2018) Analysis of grape production in the face of climate change. Climate, 6: 20. https://doi.org/10.3390/cli6020020

Porter J.H., Parry M.L., Carter T.R. (1991) The potential effects of climatic change on agricultural insect pests. Agricultural and Forest Meteorology, 57: 221-240. https://doi.org/10.1016/0168-1923(91)90088-8

Praslička J., Huszár J. (2004) Influence of temperature and host plants on the development and fecundity of the spider mite *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae). Plant Protection Science, 40: 141.

Prazaru S.C., Dal Mas G., Padoin M., Rizzardo D., Meggio F., Pitacco A. et al. (2023a) Effect of leaf removal and insecticide applications on the population of *Empoasca vitis* and its natural enemies in a North-Italian vineyard. Insects, 14: 173. https://doi.org/10.3390/insects14020173

Prazaru S.C., D'Ambrogio L., Dal Cero M., Rasera M., Cenedese G., Guerrieri E. et al. (2023b) Efficacy of conventional and organic insecticides against *Scaphoideus titanus*: Field and semi-field trials. Insects, 14: 101. https://doi.org/10.3390/insects14020101

Pu J., Wang Z., Chung H. (2020) Climate change and the genetics of insecticide resistance. Pest Management Science, 76: 846-852. https://doi.org/10.1002/ps.5700

Reineke A., Thiéry D. (2016) Grapevine insect pests and their natural enemies in the age of global warming. Journal of Pest Science, 89: 313-328. https://doi.org/10.1007/s10340-016-0761-8

Reis S., Martins J., Carlos C.D.C.R., Santos J., Gonçalves F. (2021a) European grapevine moth in the Douro region: Voltinism and climatic scenarios. OENO One, 55: 335-351. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2021.55.2.4595

Reis S., Martins J., Gonçalves F., Carlos C., Santos J.A. (2021b) European grapevine moth and *Vitis vinifera* L. phenology in the Douro region: (a)synchrony and climate scenarios. Agronomy, 12: 98. https://doi.org/10.3390/agronomy12010098

Reineke A., Selim M. (2019) Elevated atmospheric CO2 concentrations alter grapevine (*Vitis vinifera*) systemic transcriptional response to European grapevine moth (*Lobesia botrana*) herbivory. Scientific Reports, 9: 2995. https://doi.org/10.1038/s41598-019-39979-5

Renner S.S., Zohner C.M. (2018) Climate change and phenological mismatch in trophic interactions among plants, insects, and vertebrates. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 49: 165-182. https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110617-062535

Reyes J.A., Lira-Noriega A. (2020) Current and future global potential distribution of the fruit fly *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). The Canadian Entomologist, 152: 587-599. https://doi.org/10.4039/tce.2020.3

Robinson E.A., Ryan G.D., Newman J.A. (2012) A meta-analytical review of the effects of elevated CO_2 on plant–arthropod interactions highlights the importance of interacting environmental and biological variables. New Phytologist, 194: 321-336. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04074.x

Rombaut A., Guilhot R., Xuéreb A., Benoit L., Chapuis M.P., Gibert P., Fellous S. (2017) Invasive *Drosophila suzukii* facilitates *Drosophila melanogaster* infestation and sour rot outbreaks in the vineyards. Royal Society Open Science, 4: 170117. https://doi.org/10.1098/rsos.170117

Ruzzier E., Scaccini D., Tirozzi P., Orioli V., Dondina O., Di Giulio A. et al. (2025) Predicting the global distribution and invasion scenarios of the Spotted Lanternfly, *Lycorma delicatula* (White, 1845) (Hemiptera, Fulgoridae). NeoBiota, 103: 267-298. https://doi.org/10.3897/neobiota.103.154246

Sario S., Melo-Ferreira J., Santos C. (2023) Winter is (not) coming: Is climate change helping *Drosophila suzukii* overwintering? Biology, 12: 907. https://doi.org/10.3390/biology12070907

Scaccini D., Furlan L. (2021) *Nysius cymoides* (Hemiptera: Lygaeidae), a potential emerging pest: Overview of the information available to implement integrated pest management. International Journal of Pest Management, 67: 73-88. https://doi.org/10.1080/09670874.2019.1666174

Scaccini D., Duso C., Pozzebon A. (2019) Lethal effects of high temperatures on brown marmorated stink bug adults before and after overwintering. Insects, 10: 355. https://doi.org/10.3390/insects10100355

Scaccini D., Fornasiero D., Lombardo V., Galli G., Mirandola E., Pozzebon A. (2024a) Application of sulfur-based products reduces *Halyomorpha halys* infestation and damage in pome fruit orchards. Pest Management Science, 80: 6251-6261. https://doi.org/10.1002/ps.8354

Scaccini D., Fornasiero D., Tirello P., Vincenzi S., Cecchetto M., Allgjata I. et al. (2024b) Seasonal dynamics and damage of *Halyomorpha halys* in Italian vineyards. Insects, 15: 378. https://doi.org/10.3390/insects15060378

Scaccini D., Mirandola E., Sirapu S., Simoni F., Fornasiero D., Duso C., Pozzebon A. (2024c) Wettable sulphur application for *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae) management: Laboratory and semi-field experiments. Pest Management Science, 80: 3620-3627. https://doi.org/10.1002/ps.8066

Scaccini D., Vanishvili L., Tirello P., Walton V.M., Duso C., Pozzebon A. (2020) Lethal and sub-lethal effects of low-temperature exposures on *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) adults before and after overwintering. Scientific Reports, 10: 15231. https://doi.org/10.1038/s41598-020-72120-5

Schneider L., Rebetez M., Rasmann S. (2022) The effect of climate change on invasive crop pests across biomes. Current Opinion in Insect Science, 50: 100895. https://doi.org/10.1016/j.cois.2022.100895

Schulze-Sylvester M., Reineke A. (2019) Elevated CO_2 levels impact fitness traits of vine mealybug *Planococcus ficus* Signoret, but not its parasitoid *Leptomastix dactylopii* Howard. Agronomy, 9: 326. https://doi.org/10.3390/agronomy9060326

Schulze-Sylvester M., Benelli G., Jaques J.A., Louâpre P., Lucchi A., Mazzoni V. et al. (2025) The arthropod's guide to European vineyards: Invasive pests as hitchhikers of globalization. Entomologia Generalis, 45: 319-338. https://doi.org/10.1127/entomologia/2025/2791

Seiter M., Schausberger P. (2015) Maternal intraguild predation risk affects offspring anti-predator behavior and learning in mites. Scientific Reports, 5: 15046. https://doi.org/10.1038/srep15046

Sharma J., Upadhyay A.K., Adsule P.G., Sawant S.D., Sharma A.K., Satisha J. et al. (2013) Effect of climate change on grape and its value-added products. In: Prasad Singh H.C., Sriniv Rao N.K., Seetharamaiah Shivashankar N. (eds) Climate-resilient horticulture: Adaptation and mitigation strategies. Springer, India, pp. 67-80. https://doi.org/10.1007/978-81-322-0974-4_7

Simeunović M., Ratković K., Kovač N., Racković T., Fernandes A. (2025) A knowledge-driven framework for a decision support platform in sustainable viticulture: Integrating climate data and supporting stakeholder collaboration. Sustainability, 17: 1387. https://doi.org/10.3390/su17041387

Simoglou K.B., Topalidis I., Avtzis D.N., Kaltsidis A., Roditakis E. (2025) *Cryptoblabes gnidiella* Millière (Pyralidae, Phycitinae): An emerging grapevine pest in Greece. Insects, 16: 63. https://doi.org/10.3390/insects16010063

Bibliografia

Sinaie S., Sadeghi-Namaghi H., Fekrat L. (2019) Effects of elevated CO_2 and water stress on population growth of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), on sweet pepper under environmentally controlled conditions. Journal of Asia-Pacific Entomology, 22: 96-102. https://doi.org/10.1016/j.aspen.2018.12.007

Skendžić S., Zovko M., Živković I.P., Lešić V., Lemić D. (2021a) The impact of climate change on agricultural insect pests. Insects, 12: 440. https://doi.org/10.3390/insects12050440

Skendžić S., Zovko M., Živković I.P., Lešić V., Lemić D. (2021b) Effect of climate change on introduced and native agricultural invasive insect pests in Europe. Insects, 12: 985. https://doi.org/10.3390/insects12110985

Stacconi M.V.R., Panel A., Baser N., Ioriatti C., Pantezzi T., Anfora G. (2017) Comparative life history traits of indigenous Italian parasitoids of *Drosophila suzukii* and their effectiveness at different temperatures. Biological Control, 112: 20-27. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.06.003

Stahl J.M., Scaccini D., Daane K.M. (2021) Field survival of the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) on California tree crops. Environmental Entomology, 50: 1187-1193. https://doi.org/10.1093/ee/nvab055

Stavrinides M.C., Mills N.J. (2011) Influence of temperature on the reproductive and demographic parameters of two spider mite pests of vineyards and their natural predator. BioControl, 56: 315-325. https://doi.org/10.1007/s10526-010-9334-6

Stavrinides M.C., Daane K.M., Lampinen B.D., Mills N.J. (2010a) Plant water stress, leaf temperature, and spider mite (Acari: Tetranychidae) outbreaks in California vineyards. Environmental Entomology, 39: 1232-1241. https://doi.org/10.1603/EN09288

Stavrinides M.C., Lara J.R., Mills N.J. (2010b) Comparative influence of temperature on development and biological control of two common vineyard pests (Acari: Tetranychidae). Biological Control, 55: 126-131. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2010.07.006

Stoeckli S., Felber R., Haye T. (2020) Current distribution and voltinism of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, in Switzerland and its response to climate change using a high-resolution CLIMEX model. International Journal of Biometeorology, 64: 2019-2032. https://doi.org/10.1007/s00484-020-01992-z

Subedi B., Poudel A., Aryal S. (2023) The impact of climate change on insect pest biology and ecology: Implications for pest management strategies, crop production, and food security. Journal of Agriculture and Food Research, 14: 100733. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100733

Svobodova E., Trnka M., Dubrovsky M., Semeradova D., Eitzinger J., Stepanek P., Zalud Z. (2014) Determination of areas with the most significant shift in persistence of pests in Europe under climate change. Pest Management Science, 70: 708–715. https://doi.org/10.1002/ps.3622

Tacoli F., Cargnus E., Zandigiacomo P., Pavan F. (2020) Side effects of sulfur dust on the European grapevine moth *Lobesia botrana* and the predatory mite *Kampimodromus aberrans* in vineyards. Insects, 11: 825. https://doi.org/10.3390/insects11110825

Tait G., Mermer S., Stockton D., Lee J., Avosani S., Abrieux A. et al. (2021) *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): A decade of research towards a sustainable integrated pest management program. Journal of Economic Entomology, 114: 1950-1974. https://doi.org/10.1093/jee/toab158

Tamburini G., Laterza I., Nardi D., Mele A., Mori N., Pasini M. et al. (2023) Effect of landscape composition on the invasive pest *Halyomorpha halys* in fruit orchards. Agriculture, Ecosystems & Environment, 353: 108530. https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108530

Thomson L.J., Macfadyen S., Hoffmann A.A. (2010) Predicting the effects of climate change on natural enemies of agricultural pests. Biological Control, 52: 296-306. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.01.022

Tittensor D.P., Beger M., Boerder K., Boyce D.G., Cavanagh R.D., Cosandey-Godin A. et al. (2019) Integrating climate adaptation and biodiversity conservation in the global ocean. Science Advances, 5: eaay9969. https://doi.org/10.1126/sciadv.aay9969

Tochen S., Dalton D.T., Wiman N., Hamm C., Shearer P.W., Walton V.M. (2014) Temperature-related development and population parameters for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) on cherry and blueberry. Environmental Entomology, 43: 501-510. https://doi.org/10.1603/EN13200

Tomasi D., Jones G.V., Giust M., Lovat L., Gaiotti F. (2011) Grapevine phenology and climate change: relationships and trends in the Veneto region of Italy for 1964–2009. American Journal of Enology and Viticulture, 62: 329-339. https://doi.org/10.5344/ajev.2011.10108

Tonina L., Giomi F., Sancassani M., Ajelli M., Mori N., Giongo L. (2020) Texture features explain the susceptibility of grapevine cultivars to *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) infestation in ripening and drying grapes. Scientific Reports, 10: 10245. https://doi.org/10.1038/s41598-020-66567-9

Tonina L., Mori N., Giomi F., Battisti A. (2016) Development of *Drosophila suzukii* at low temperatures in mountain areas. Journal of Pest Science, 89: 667-678. https://doi.org/10.1007/s10340-016-0730-2

Tortorici F., Bombi P., Loru L., Mele A., Moraglio S.T., Scaccini D. et al. (2023) *Halyomorpha halys* and its egg parasitoids *Trissolcus japonicus* and *T. mitsukurii*: The geographic dimension of the interaction. NeoBiota, 85: 197–221. https://doi.org/10.3897/neobiota.85.102501

Turbelin A.J., Diagne C., Hudgins E.J., Moodley D., Kourantidou M., Novoa A. et al. (2022) Introduction pathways of economically costly invasive alien species. Biological Invasions, 24: 2061-2079. https://doi.org/10.1007/s10530-022-02796-5

Urban J.M., Leach H. (2023) Biology and management of the spotted lanternfly, *Lycorma delicatula* (Hemiptera: Fulgoridae), in the United States. Annual Review of Entomology, 68: 151-167. https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120220-111140

Urbaneja-Bernat P., Jaques J.A. (2022) Can pollen provision mitigate competition interactions between three phytoseiid predators of *Tetranychus urticae* under future climate change conditions? Biological Control, 165: 104789. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104789

Urbaneja-Bernat P., Jaques J.A. (2025) The impact of global change on the intraguild predation among three predatory mites of *Tetranychus urticae* in citrus orchards. Journal of Pest Science, pp. 1-12. https://doi.org/10.1007/s10340-025-01943-w

Urbaneja-Bernat P., Ibáñez-Gual V., Montserrat M., Aguilar-Fenollosa E., Jaques J.A. (2019) Can interactions among predators alter the natural regulation of an herbivore in a climate change scenario? The case of *Tetranychus urticae* and its predators in citrus. Journal of Pest Science, 92: 1149-1164. https://doi.org/10.1007/s10340-019-01114-8

Wang X.-G., Daane K.M., Hoelmer K.A., Lee J.C.-T. (2021) Biological control of spotted-wing drosophila – an update on promising agents. In: Garcia F.R.M. (ed) *Drosophila suzukii* Management. Springer, Cham, pp. 143-168. https://doi.org/10.1007/978-3-030-62692-1_8

Winkler A., Jung J., Kleinhenz B., Racca P. (2020) A review on temperature and humidity effects on *Drosophila suzukii* population dynamics. Agricultural and Forest Entomology, 22: 179-192. https://doi.org/10.1111/afe.12381

Ximénez-Embún M.G., Castañera P., Ortego F. (2017) Drought stress in tomato increases the performance of adapted and non-adapted strains of *Tetranychus urticae*. Journal of Insect Physiology, 96: 73-81. https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2016.10.015

Zapponi L., Tortorici F., Anfora G., Bardella S., Bariselli M., Benvenuto L. et al. (2021) Assessing the distribution of exotic egg parasitoids of *Halyomorpha halys* in Europe with a large-scale monitoring program. Insects, 12: 316. https://doi.org/10.3390/insects12040316

Zvereva E.L., Kozlov M.V. (2006) Consequences of simultaneous elevation of carbon dioxide and temperature for plant–herbivore interactions: a meta-analysis. Global Change Biology, 12: 27-41. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.01086.x

PREALPI SANBIAGIO
BANCA DI CREDITO COOPERATIVO
GRUPPO CASSA CENTRALE
CREDITO COOPERATIVO ITALIANO

Consorzio di Tutela
CONEGLIANO VALDOBBIADENE DOCG
PROSECCO SUPERIORE
DAL 1876

Foto
Copertina: Georg Tappeiner
All'interno del volume:
Arcangelo Piai - p.2, p.4, p.9, p.35, p.43, p.55, p.63, p.74, p.81, p.89
Lucio Brancadoro - p.91
Carlo Duso - p.109, p.110, p.117
Davide Scaccini - p.113
Stefano Vettore - p.116

Illustrazioni
Silvia Benedet

Impaginazione grafica
Barbara Pontello | Pontedilana

Stampa
Tipografia Faggionato

Il riuso, la redistribuzione e l'adattamento dei dati climatici e delle analisi qui presentati sono consentiti, previa corretta attribuzione degli autori e citazione esplicita della fonte.

MISTO
Carta | A sostegno della gestione forestale responsabile
FSC® C127449
www.fsc.org

Pubblicazione stampata su carta certificata FSC®
Edizione 2026_02

PREALPI SANBIAGIO
BANCA DI CREDITO COOPERATIVO

GRUPPO CASSA CENTRALE
CREDITO COOPERATIVO ITALIANO

Consorzio di Tutela

CONEGLIANO VALDOBBIADENE
DOCG

PROSECCO SUPERIORE
DAL 1876