

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA  
Dipartimento di agronomia animali alimenti risorse naturali  
e ambiente

Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie viticole ed  
enologiche

# INFLUENZA DEL PORTAINNESTO SULL'ASSORBIMENTO DI CALCIO SU GLERA

**Relatore:**

Prof. Simone Vincenzi

**Laureando:**

Giacomo Dalle Nogare  
Matricola n. 2034698

ANNO ACCADEMICO 2023-2024

## Sommario

RIASSUNTO .....	3
ABSTRACT .....	5
1 INTRODUZIONE .....	7
1.1 Il calcio nella fisiologia della vite .....	7
1.1.1 Il ruolo del calcio nella vite .....	7
1.1.2 Il meccanismo di assorbimento e di trasporto del calcio .....	8
1.1.3 L'influenza di magnesio e potassio .....	11
1.1.4 Il ruolo dei portainnesti .....	12
1.2 Il calcio nel vino .....	13
1.2.1 Gli effetti del calcio sul vino .....	13
1.2.2 L'instabilità calcica .....	14
1.2.3 La stabilizzazione calcica .....	15
1.3 Scopo .....	16
2 MATERIALI E METODI .....	17
3 RISULTATI E DISCUSSIONE .....	19
3.1 I dati sul calcio .....	19
3.2 I dati di magnesio e potassio .....	21
3.3 Valutazione di altri parametri: zuccheri e acidità totale .....	24
4 CONCLUSIONI .....	26
5 BIBLIOGRAFIA .....	28
6 SITOGRAFIA .....	30

## RIASSUNTO

Il calcio nella vite ricopre molteplici funzioni con una rilevanza nell'aspetto strutturale. Questo elemento contribuisce alla formazione di solide ed elastiche pareti cellulari, contribuendo poi alla buona stabilità delle membrane cellulari. Il calcio poi è conosciuto per il suo ruolo di messaggero chimico tra i vari organi e tessuti delle piante, ed è noto che il cambiamento della sua concentrazione all'interno delle cellule è uno dei segnali iniziali che si innescano nei processi di difesa delle piante contro i patogeni.

Quindi possiamo capire benissimo che il calcio nella vite, come in tutte le piante, deve essere presente perché è un elemento fondamentale; il problema che si sta riscontrando ultimamente è un aumento della presenza di questo catione all'interno del grappolo e poi nel prodotto finito, che di per sé non ha nessun impatto né sulla gestione del vigneto e neanche dal punto di vista organolettico sul prodotto finito, ma va a comportare la produzione di vini più instabili dandoci quindi maggiori problemi in cantina.

L'instabilità calcica era un argomento molto discusso prima dell'avvento della viticoltura e dell'enologia moderna proprio perché su vino venivano riscontrate importanti concentrazioni di calcio, dovute o all'utilizzo di prodotti fitosanitari che contenevano l'elemento in questione come la poltiglia bordolese oppure per l'utilizzo di contenitori in cemento che lo rilasciavano.

Al giorno d'oggi queste pratiche non esistono quasi più, però paradossalmente si verificano ugualmente aumenti di calcio e il perché non è ancora ben chiaro; questi incrementi potrebbero derivare da disacidificazioni con l'utilizzo di sali di calcio, utilizzo di bentoniti calciche, filtrazioni con farine fossili contenenti alte percentuali di calcio, dal troppo assorbimento dell'elemento ad opera della pianta, dall'utilizzo di poliaspartato di potassio... La prevenzione come sempre svolge un ruolo fondamentale, quindi, è opportuno ridurre le pratiche che potrebbero contribuire all'aumento della concentrazione di calcio, ma è altrettanto importante avere un materiale di partenza che non ecceda nelle concentrazioni di tale elemento. Per avere quindi dei grappoli con basse concentrazioni di calcio un elemento su cui possiamo agire è il portainnesto ossia l'organo deputato all'assorbimento radicale degli elementi presenti nella soluzione circolante nel terreno.

Sulla base di queste definizioni, due anni di sperimentazione hanno dato la possibilità di valutare il comportamento della varietà Glera associata a otto portainnesti diversi (110R, 110.14, 140RU, SO4, K5BB, 420A, Schwarzmann, 1103P) e di valutare come quest'ultimi vadano ad influenzare l'assorbimento di calcio.

I dati raccolti riguardo le concentrazioni di calcio sul mosto mettono in risalto un'alta omogeneità nell'assorbimento dell'elemento tra vari portainnesti. Correlando a questi dati l'assorbimento di potassio e magnesio, il grado zuccherino e l'acidità indotti dalla porzione ipogea della pianta è stato possibile definire le caratteristiche dei diversi portainnesti.

## ABSTRACT

The calcium in the vine covers multiple functions with a relevance in the structural aspect. This element contributes to the formation of solid and elastic cell walls, then contributing to the good stability of cell membranes. Calcium is then known for its role as a chemical messenger between the various organs and tissues of plants, and it is known that the change in its concentration within the cells is one of the initial signals that trigger the processes of defence of plants against pathogens.

So we can understand very well that calcium in the vine, as in all plants, must be present because it is a fundamental element; the problem that is being found lately is an increase in the presence of this cation inside the bunch and then in the finished product, which in itself has no impact either on the management of the vineyard and not even from the organoleptic point of view on the finished product, but it leads to the production of more unstable wines thus giving us more problems in the winery.

Calcium instability was a much-discussed topic before the advent of viticulture and modern enology because very important calcium concentrations were found on wine, due either to the use of plant protection products containing calcium such as Bordeaux slurry or to the use of cement containers releasing it.

Nowadays these practices almost no longer exist, but paradoxically we can still observe increases in calcium and why it is not yet clear; these increases could result from deacidification with the use of calcium salts, use of calcium bentonites, filtrations with fossil flours containing high percentages of calcium, from the too much absorption of the element by the plant, from the use of potassium polyaspartate... Prevention, as always, plays a fundamental role, therefore, it is appropriate to reduce practices that could contribute to the increase of calcium concentration, but it is equally important to have a starting material that does not exceed the concentrations of this element. In order to have bunches with low concentrations of calcium, an element on which we can act is the rootstock, that is the organ responsible for the radical absorption of the elements present in the solution circulating in the soil.

On the basis of these definitions, two years of experimentation gave the possibility to evaluate the behaviour of the Glera variety associated with eight different rootstocks (110R, 110.14, 140RU, SO4, K5BB, 420A, Schwarzmann, 1103P) and to assess how this affect calcium absorption.

The data collected concerning the calcium concentrations in the must highlight a high homogeneity in the absorption of the element between various rootstocks. Correlating to these data the

absorption of potassium and magnesium, the sugar content and the acidity induced by the hypogeal portion of the plant it was possible to define the characteristics of the different rootstocks.

# 1 INTRODUZIONE

## 1.1 Il calcio nella fisiologia della vite

### 1.1.1 Il ruolo del calcio nella vite

Il calcio presente nei tessuti e negli organi di tutti i vegetali, compresa la vite, assume ruoli fondamentali per lo sviluppo della pianta e dei frutti.

Anche se non sono conosciuti completamente tutti i meccanismi di funzionamento, dati certi confermano che l'elemento assume fondamentale importanza nella costituzione delle pareti e nella maturazione delle bacche (Nistor et al., 2022). Infatti, va a legarsi con le pectine delle pareti formando pectato di calcio, ma visto che le funzioni dell'elemento non sono solo di tipo strutturale, ma anche di tipo fisiologico, ritroveremo il calcio anche in forma solubile (in forma di nitrati, cloruri e amminoacidi) nell'apoplasto e nel simplasto, in forma insolubile (in forma di precipitati di fosfati, carbonati e maggiormente ossalati nel vacuolo) e residuale in forme altamente insolubili (AGQ Labs).

Legandosi alla parete con le varie molecole di pectina, il calcio ostacola l'attività delle poligalatturonasi responsabili del rammollimento dell'acino e inoltre può incidere sulla trascrizione dei geni responsabili della costituzione della parete. In questo modo abbiamo pareti più resistenti, che coincidono con un decadimento del frutto più prolungato, con una migliore resistenza ad attacchi fungini vista la minor presenza di fessurazioni, caratteristica importante per la produzione di passiti, e con un ritardo delle produzioni che potrebbe contrastare le vendemmie anticipate causate dal cambiamento climatico. Il ritardo della maturazione è spesso correlato ad una maggiore sintesi di flavonoli mentre l'elevata concentrazione di calcio coincide con una riduzione del grado brix (Martins et al., 2021).

Un altro ruolo essenziale svolto da questo elemento è quello di "messaggero chimico" essendo coinvolto nelle risposte a diversi stimoli biotici e abiotici durante le fasi di sviluppo delle piante. In realtà diversi studi mettono in risalto come a determinati stimoli la pianta reagisca con il cambiamento della concentrazione di Ca (omeostasi del calcio), la quale a sua volta andrà a scatenare all'interno della cellula una serie di reazioni a catena che promuoveranno l'espressione dei geni responsabili della risposta a questi stimoli; i meccanismi specifici non sono ancora ben chiari ma quello che è certo è che il calcio gioca un ruolo cardine nella comunicazione all'interno delle piante (Nistor et al., 2022). Poi è noto che oltre ad intervenire nella risposta agli stimoli, il calcio ha un ruolo centrale in meccanismi come il funzionamento del fitocromo, la chiusura stomatica, la crescita delle punte dei peli radicali e dei tubi pollinici (Sanders et al., 1999).

Tornando all'importante ruolo in risposta agli stimoli è obbligatorio parlare della funzione che ha contro i patogeni come la botrite. Studi dimostrano che incrementi di calcio si verificano nelle fasi di instaurazione dei rapporti tra piante e patogeni facendoci capire l'importanza dell'elemento anche in ottica di una maggiore resilienza delle piante contro le avversità di tipo biotico; poi, come si è visto, essendo il calcio un elemento fondamentale per la struttura delle pareti cellulari, la sua presenza consentirà di avere una buccia più solida, con minor presenza di fessurazioni, consentendo di ridurre i marciumi e gli attacchi dei patogeni (Martins et al., 2021; Nistor et al., 2022). La presenza del calcio nella composizione di prodotti fitosanitari utilizzati negli anni passati come la poltiglia bordolese costituita da calce (idrossido di calcio) e solfato di rame (Pickering, 1907), potrebbe spiegare la frequenza dei fenomeni di instabilità calcica che si verificavano in passato perché si ipotizza che il calcio potesse arrivare fino in cantina.

Dopo quanto detto è logico pensare che una sua carenza metterebbe in difficoltà lo sviluppo della pianta. La carenza di calcio induce disturbi fisiologici negli acini d'uva, ritarda la maturazione, aumenta la disidratazione (Nistor et al., 2022); questo è ovvio se pensiamo che il calcio è quell'elemento che permette alla pianta di comunicare, perché appunto svolge un ruolo di intermediario, ad esempio, nelle reazioni di risposta agli stress (Venios et al., 2020) e inoltre come detto in precedenza regola l'apertura degli stomi incidendo quindi sul bilancio idrico della pianta. Quindi la sua presenza come per tutti gli altri elementi è fondamentale nella pianta, senza comunque avere eccessi o carenze che porterebbero poi a squilibri indesiderati.

#### 1.1.2 Il meccanismo di assorbimento e di trasporto del calcio

La vite non assimila tutti gli elementi allo stesso modo. Quelli assorbiti in modo considerevole vengono definiti macroelementi e rappresentano il 99% degli elementi presenti nella sostanza secca delle piante. I macroelementi assumono ruoli strutturali nella pianta partecipando alle reazioni che si svolgono all'interno delle cellule e diventando componenti fondamentali per la sintesi delle molecole. Esistono poi i microelementi che vengono assorbiti dalla pianta in modo minore e tali elementi comunque svolgono funzioni vitali come catalizzatori, interagendo nelle reazioni chimiche e influenzando la qualità dell'uva e del vino. Il calcio rientra tra i macroelementi e la vite riesce ad assorbirlo in modo maggiore rispetto a tutti gli altri elementi (Corazzina, 2018).

La vite è in grado di assorbire circa 40-80kg/ha di calcio, che si accumula principalmente nella foglia ma anche negli altri organi della pianta. Generalmente il 40% dell'assorbimento di calcio avviene tra l'emergenza fogliare e la formazione del frutto, poi la sua assimilazione tende a diminuire progressivamente cessando in prossimità della maturazione (Agricoltura).



Come in tutte le piante è la radice l'organo deputato all'assorbimento degli elementi ed è costituita esternamente dalle cellule dell'epidermide, mentre andando verso l'interno troveremo l'endoderma e il periciclo che va a rivestire i vasi linfatici. Generalmente sono gli strati cellulari più esterni ad essere coinvolti nell'acquisizione di acqua e nutrienti minerali. Il calcio dovrà attraversare questi strati di cellule per arrivare poi a vasi linfatici per essere trasportato in tutta la pianta. Il passaggio del calcio può avvenire sia per via apoplastica (attraverso gli spazi extracellulari) che per via simplastica (attraverso i plasmodesmi ossia i canali che collegano due cellule contigue).

La parete cellulare dell'endoderma è caratterizzata da una striscia idrofobica a base di lignina ancorata bene alla membrana della cellula, chiamata banda del caspary, e da lamelle di suberina che sono strutture specializzate della parete cellulare che avvolgono l'intera superficie delle cellule endodermiche e conferiscono loro impermeabilità. Le lamelle di suberina sono presenti solo nelle piante da seme e infatti si pensa che il successo di tali piante sia dovuto a questo strato impermeabile che dava più adattabilità agli ambienti siccitosi; è risaputo che queste piante hanno maggior efficienza nel trasporto vascolare dell'acqua in quanto si blocca la perdita di essa per diffusione, mentre le piante prive di queste lamelle avranno stress osmotici con bassa efficienza nel trasporto. Sia la banda che le lamelle svolgono ruoli essenziali ma le loro funzioni sono diverse (Su et al., 2023)

Nel complesso è giusto dire che questi due strati contribuiscono a formare una barriera contro il passaggio di acqua e soluti negli spazi extracellulari; quindi, si ha una netta separazione tra lo spazio interno (apoplasto) e quello esterno della radice. Questo è in realtà un meccanismo di evoluzione cruciale per evitare l'entrata incontrollata di molecole nelle cellule della pianta, è una sorta di filtro, e solo se nella parete cellulare sono presenti gli specifici canali, un elemento potrà entrare nella pianta. Di conseguenza, il calcio come tutti gli altri elementi deve per forza passare per via simplastica, ed è infatti dimostrata la presenza di canali del Ca (l'antiporter Ca /H<sup>2+</sup>) che favoriscono la sua entrata nelle cellule (Hong-Qiang et al., 2005).

Un mutante di *Arabidopsis thaliana* con disposizione anormale delle lamelle e della banda del caspary ha messo in risalto una minore traspirazione ed un minore trasporto di calcio nelle foglie probabilmente dovuto ad un minor movimento di acqua e calcio all'interno dello xilema (Baxter et al., 2009; Hosmani et al., 2013). Altri mutanti che mancano dei geni codificanti per la banda del caspary hanno messo in risalto un aumento considerevole nell'assorbimento di magnesio (probabilmente dovuto ad un maggior passaggio per via apoplastica), una diminuzione nell'assorbimento di potassio (probabilmente dovuto ad una perdita di potassio dai tessuti stelarli della pianta) mentre l'omeostasi del calcio rimane invariata. Gli autori hanno ipotizzato che altre

barriere al movimento del calcio all'interno dell'apoplasto (ad esempio, interazioni con le pareti cellulari) possano avere effetto sul suo assorbimento (Pfister et al., 2014).

Entrando nel dettaglio sull'assorbimento, le cellule epidermiche delle radici e i peli radicali sono a contatto con la soluzione del suolo, e gli ioni di calcio possono entrare nella pianta attraverso esse. I peli radicali sono dei prolungamenti presenti nelle radici e sono i principali organi della pianta deputati all'assorbimento dei nutrienti essendo anche molto performanti per la presenza di un'elevata superficie specifica (Hong-Qiang et al., 2005).

È stato dimostrato come l'afflusso di calcio sia molto abbondante all'estremità dei peli radicali (Gilroy e Jones, 2000), ipotizzando che queste estremità siano più efficienti nell'assorbimento dell'elemento. Questa cosa però è contraddetta da successivi studi su radici di *Allium cepa* (cipolla) che descrivono una traslocazione del calcio non rilevabile negli apici radicali (con banda del caspary, lamelle suberiniche e vasi xilematici maturi), una medio-bassa traslocazione di calcio attraverso la vecchia zona radicale (contenente sia strisce caspariane mature che lamelle suberiniche) e un'elevata traslocazione di calcio attraverso la zona della giovane radice contenente le strisce caspariane ma non le lamelle di suberina (Cholewa e Peterson, 2004). Ciò supporta l'idea che il calcio si muova principalmente dallo spazio extracellulare della radice esterna verso la stele (cilindro centrale) attraverso un percorso simplastico, utilizzando i canali del calcio e le pompe calcio-ATPasi per bypassare la striscia caspariana, ma in alcune zone radicali viene limitato dalla presenza delle lamelle suberiniche (Cholewa e Peterson, 2004; Hayter e Peterson, 2004).

Superata la banda del caspary, prima di arrivare ai vasi xilematici, il calcio deve passare per le cellule parenchimatiche. In queste ultime cellule sono presenti canali permeabili al Ca che probabilmente sono responsabili del riversamento dei soluti nello xilema. In particolare, la presenza di pompe Ca-ATPasi è in relazione alla direzione del trasporto di Ca e tanto più ci si avvicina all'epidermide e meno sono presenti queste pompe (Hocking, Bradleigh James, 2015).

Una volta entrato nello xilema il calcio viene trasportato nella pianta attraverso il flusso di acqua. Di conseguenza, la sua mobilitazione dipenderà fortemente dalla presenza di tale flusso che guiderà quindi il flusso di calcio; quindi collegata al flusso di calcio c'è anche la quantità di traspirazione (Quintana et al., 1999). In sintesi, quindi, il trasporto attraverso la via apoplastica si basa principalmente sulla traspirazione, mentre quello attraverso la via simplastica si basa sulla Ca-ATPasi (Zhou and He, 1999). Il calcio trasportato è in forma chelata, come citrato di calcio o malato di calcio; infatti, su faggio è stata riscontrata la presenza di molto malico che forma complessi con i cationi idratati, accelerando la mobilitazione e la traslocazione del calcio (Schell, 1997).

Dai germogli il calcio si sposta all'epidermide passando per il tessuto vascolare della foglia. La selettività delle cellule nei confronti dello ione è diversa, per cui si accumula più calcio nell'epidermide che nel mesofillo. Inoltre, la discriminazione contro l'assorbimento del calcio nel simplasto della membrana plasmatica delle cellule della guaina del fascio impedisce l'accumulo di  $\text{Ca}^{2+}$  nel mesofillo (Karley et al, 2000). Questo meccanismo non è presente in tutte le piante, e questo spiega la complessità del trasporto degli elementi nei vegetali (Hocking, Bradleigh James, 2015).

C'è poi, come detto in precedenza, una correlazione tra flusso di calcio e flusso traspirativo, che però non è sempre costante. Si hanno importanti accumuli nei frutti durante la loro formazione (dopo l'allegagione) quando si hanno importanti tassi traspirativi; tali accumuli tendono a diminuire con il tempo per la riduzione della traspirazione (a differenza del calcio delle foglie che tende ad aumentare). Se prendiamo in esame il potassio, esso inizialmente si accumula in modo minore ma la sua concentrazione continua ad aumentare anche se il frutto non traspira, grazie al suo passaggio tramite il flusso floematico; ne consegue che il movimento di calcio verso il frutto attraverso il floema è limitato (Xiloyannis et al., 2001).

Quindi se inizialmente si pensava che il flusso di calcio fosse solo di tipo passivo, legato esclusivamente al flusso traspirazionale, le interazioni tra il calcio e le pareti cellulari, l'azione delle pompe calcio-ATPasi, i terreni calcarei e la disponibilità di nitrati (Minotti et al., 1968), ma anche la temperatura o le interazioni con altre molecole (Yang et al., 2003) dimostrano che il trasporto del calcio non è dipendente esclusivamente dal flusso d'acqua anche se ovviamente gioca anch'esso un ruolo fondamentale.

### 1.1.3 L'influenza di magnesio e potassio

Il potassio e il magnesio sono sempre dei macroelementi fondamentali per la pianta; il primo agisce per lo più sull'intero metabolismo della pianta entrando a far parte dei processi che si svolgono a livello meristemico, nella fecondazione (migliora la germinabilità del polline), favorendo anche la maturazione dei grappoli, mentre il secondo entra a far parte della clorofilla e nell'attivazione di importanti enzimi (Corazzina, 2018).

È nota da molto tempo la presenza di una relazione tra assorbimento di calcio, potassio e magnesio, il problema sta nel fatto che non si conoscono ancora a pieno i meccanismi che determinano il loro assorbimento e il loro trasporto. Attualmente è stato riscontrato in diverse specie l'aumento di calcio e magnesio in carenza di potassio e la loro diminuzione in eccesso di potassio (Forster e Mengel, 1969; Chapin, 1980; Porro, 2019), però appunto si ribadisce il fatto che il meccanismo per cui si verifica questa correlazione è ancora sconosciuto.

Uno studio condotto su piante di faggio dimostra che sulle foglie è presente antagonismo tra i livelli di potassio e quelli di calcio e magnesio. La somma però di K+Mg+Ca in base a diversi apporti di potassio non è cambiata, dimostrando che la pianta cerca di mantenere costante la sommatoria ipotizzando la necessità di equilibrare le cariche positive (Diem et al., 1993).

Le carenze di calcio spesso sono dovute ad un eccesso di disponibilità di altri cationi, che competono per questioni di cariche all'interno delle cellule. Se c'è tanta disponibilità di altri elementi (potassio) la pianta avrà difficoltà ad assorbire calcio e viceversa. Quindi non è corretto dire che elementi come il potassio inibiscono l'assorbimento di calcio o magnesio ma è giusto dire che se sono presenti in grandi quantità possono andare a creare degli squilibri, inibendo il loro assorbimento.

#### 1.1.4 Il ruolo dei portainnesti

Il portainnesto, sin dall'inizio della sua introduzione, ha cambiato totalmente il modo di approcciarsi alla viticoltura. Nella vite possiamo distinguere una parte epigea (la chioma) rappresentata dalle viti europee che vengono innestate su una parte ipogea (apparato radicale) rappresentata dalle viti di sangue americano e proprio quest'ultima parte sarà definita come portainnesto.

L'introduzione del portainnesto risale alla seconda metà del diciannovesimo secolo per contrastare la fillossera e sino al giorno d'oggi, le molte ricerche fatte sui portainnesti, hanno messo in risalto il fatto che non ci si può basare su un unico portainnesto da affiancare a tutte le talee del mondo, ma ogni zona geografica e ogni talea, andrà a prediligere un determinato portainnesto per esaltare sia le caratteristiche della suddetta zona, ma anche per esaltare la varietà ed avere poi in cantina la produzione di un ottimo vino (Corazzina, 2018).

La scelta della specie di vite americana è fondamentale (al giorno d'oggi si utilizzano diversi ibridi) e spesso viene trascurata perché il portainnesto viene considerato come una cosa separata dalla parte apicale della pianta, ma in realtà esso stesso fa parte della pianta. Rappresenta la parte radicale e quindi avrà importanti ruoli sulle riserve azotate (Wermelinger, 1991) ed energetiche (Edson et al., 1995), nell'assorbimento e nel trasporto della soluzione circolante e degli ormoni come l'ABA (Roma, 1987).

Le conoscenze del mondo attuale hanno permesso la combinazione di più parentali per cercare di ottenere un portainnesto e quindi poi una pianta che possa adattarsi alle diverse condizioni climatiche del mondo. Quindi in funzione della scelta del portainnesto avremo diverse attitudini nella resistenza alla siccità, ai terreni calcarei, ai ristagni idrici, avremo il conferimento di diverse note aromatiche... (Sabbatini et al., 2013). Ecco che la scelta della parte ipogea della pianta influirà molto

nella gestione della vite, soprattutto negli ultimi anni colpiti dal cambiamento climatico per aumentare la resilienza della vite, sempre con l'affiancamento a pratiche agronomiche sostenibili.

Quindi il portainnesto può incidere molto sullo sviluppo della pianta, comportando ovviamente anche dei cambiamenti sul prodotto finito, perché avremo un accumulo di diverse sostanze nel grappolo a seconda del portainnesto preso in considerazione. Il problema è che attualmente la selezione del portainnesto si basa su meno di 10 ibridi (quando in realtà la disponibilità è molto più ampia), scelti in funzione dell'adattabilità al terreno e al pH del suolo principalmente, trascurando tutti gli altri aspetti (Keller, 2010); ad esempio esistono molti studi in merito al diverso assorbimento di soluti in funzione della vigoria impartita dal portainnesto e molti altri parametri possono variare in base a questo (Pou et al., 2022; Delas et al., 1979).

## 1.2 Il calcio nel vino

### 1.2.1 Gli effetti del calcio sul vino

Il calcio nel vino è naturalmente presente, derivato dall'assorbimento del catione da parte dell'apparato radicale che si riversa poi nel grappolo. Il suo contenuto può comunque essere ritenuto rilevante nella gestione della fermentazione per aspetti che riguardano la pianta o che impattano direttamente su vino.

Un eccesso di calcio nella pianta limita il contenuto di aminoacidi su uva. Andando nel dettaglio, l'aumento di calcio porta ad una diversa sintesi di polifenoli che talvolta sono legati al metabolismo degli aminoacidi. Ad esempio, si è osservata una riduzione della L-fenilalanina per la sovraregolazione del gene responsabile della sua conversione in acido cinnamico (Martins, 2021). Il cambiamento della composizione degli aminoacidi diventa un punto cruciale per la vinificazione in cantina; il lievito si ritroverà con fonti azotate minori e se l'enologo non intervenisse potrebbero verificarsi rallentamenti o arresti di fermentazione.

Ma poi, come citato precedentemente, possiamo avere effetti anche su vino. Il lievito cresce bene in mezzi con basse concentrazioni di calcio ma è anche vero che legandosi saldamente alle pareti cellulari, l'elemento gioca ruoli fondamentali nella flocculazione del lievito (interazioni cellula-cellula) e nella separazione della cellula figlia nel processo di gemmazione (Anraku et al., 1991). In realtà il *S. cerevisiae* tende ad escludere il calcio sostituendolo con il magnesio che è 500 volte più efficiente nel supportare i processi di ciclo cellulare (Louking e Kung, 1995); in ogni caso è fondamentale che non ci sia un eccesso di calcio che potrebbe andare in competizione con il magnesio. Il calcio infatti ha una maggiore capacità del magnesio di legarsi a proteine o ad altri

composti (William, 1974) inibendo anche il trasporto di membrana del magnesio e il funzionamento dell'ATPasi. È stata trovata correlazione positiva tra alte concentrazioni di calcio e morte cellulare.

Oltre a problemi di tipo microbiologico il calcio può darci anche fenomeni di instabilità calcica. Questo è un fenomeno che negli anni passati era frequente, forse dovuto alla scarsa conoscenza enologica oppure dovuto a tecniche che aumentavano la concentrazione di calcio (utilizzo di vasche in cemento e della poltiglia bordolese). È ipotizzabile quindi che con la migliore consapevolezza e con la miglioria delle tecniche questo fenomeno sia scemato per poi tornare a ripresentarsi negli ultimi anni.

Le cause di questa recrudescenza del problema di instabilità calcica non sono ben chiare; un'ipotesi è che il fenomeno sia collegato ai cambiamenti climatici che aumentano l'assorbimento radicale del catione, e sarà opportuno fare nuove ricerche per capire le possibili cause e le modalità per ridurla.

#### 1.2.2 L'instabilità calcica

L'instabilità calcica nel vino coincide con la precipitazione di tartrato neutro di calcio che crea torbidità. In particolare, gli ioni dissociati dell'acido tartarico possono legare principalmente il potassio, formando bitartrato di potassio (instabilità tartarica), oppure il calcio, formando tartrato neutro di calcio (instabilità calcica), e in entrambi i casi si parla di instabilità perché si formano composti insolubili che precipitano. Ricordiamo che l'acido tartarico nel vino si trova in equilibrio di dissociazione con lo ione bitartrato e lo ione tartrato e più aumenta il pH, più l'equilibrio si sposta verso la dissociazione dello ione tartrato riducendo lo ione bitartrato.

Per evitare che queste precipitazioni si verifichino in bottiglia si cerca di mantenere in soluzione gli ioni (tecniche additive), si provoca la precipitazione in vasca o si rimuovono gli ioni (tecniche sottrattive) in modo che in bottiglia la precipitazione non avvenga. Probabilmente per il fatto che l'instabilità tartarica è molto più frequente, al giorno d'oggi esistono tecniche sottrattive o additive efficaci che evitano la sua comparsa. Esistono delle tecniche stabilizzanti anche per il tartrato neutro di calcio, come ad esempio l'utilizzo di una miscela di racemato di tartrato neutro di potassio per indurre la precipitazione del calcio, ma la precipitazione del calcio ha delle caratteristiche particolari (ad esempio non viene indotta dal freddo come quella del potassio) ed è un fenomeno ancora poco esplorato che meriterebbe ulteriori approfondimenti.

La conseguenza della formazione di tartrato neutro di calcio è la precipitazione di cristalli incolori o biancastri che molto spesso si verifica nel lungo periodo (Coetzee, 2023) e conferisce torbidità, compromettendo la limpidezza del vino. Dato che si parla di una reazione molto lenta, potremmo

avere la formazione di precipitato anche in bottiglia, che scoraggerà il consumatore ad acquistare il vino, oppure avremo difficoltà nell'eseguire operazioni enologiche come quella del remuage.

La formazione dei cristalli consta di due passaggi: la nucleazione e l'accrescimento dei cristalli. Il primo processo serve a formare i nuclei attorno ai quali nel secondo processo si accrescerà il cristallo; la nucleazione è però un processo che richiede elevata energia (e che richiede molto tempo), ed è quindi la fase che comanda la velocità della reazione. Anche la nucleazione del bitartrato di potassio richiede un'energia elevata, che però può essere gestita molto bene mediante l'utilizzo del freddo, ma la formazione del tartrato neutro di calcio richiede una energia di nucleazione elevatissima e difficile da gestire, che rende più difficile indurre una precipitazione anticipata per evitare quella in bottiglia (vinlogica).

I fattori che incidono sull'instabilità sono molteplici: la naturale presenza di calcio all'interno del vino, il pH che se alto sposta l'equilibrio della reazione di dissociazione dell'acido tartarico verso lo ione tartrato (al quale si lega il calcio) piuttosto che verso lo ione bitartrato, le componenti del vino che possono agire da colloidali protettori mantenendo in soluzione il calcio, l'utilizzo di coadiuvanti come il carbonato di calcio utilizzato per la disacidificazione e la conservazione in vasche in cemento che possono aumentare il contenuto di calcio nel vino (Coetzee, 2023); coadiuvanti come bentoniti calciche non comportano aumenti statisticamente significativi nel vino (Longo, 2024).

Il malico inibisce di molto il processo di cristallizzazione perché interagisce con il calcio. Infatti, le fermentazioni malolattiche che aumentano il pH e tolgono il malico hanno un doppio effetto nel favorire l'instabilità. Le pectine, e gli acidi poliuronici molto bassi negli spumanti spiegano le più frequenti precipitazioni di calcio rispetto a dei vini da tavola (Coetzee, 2023).

### 1.2.3 La stabilizzazione calcica

Per valutare l'instabilità calcica di un vino non sono disponibili numerosi test. Ci si può basare nel valutare gli effetti dell'aggiunta di tartrato di calcio micronizzato, aggiungendo quindi nuclei preformati per bypassare il processo di nucleazione, e dopo aver raffreddato la massa si osserva o meno la presenza di precipitato.

Però nella maggior parte dei casi si fa riferimento alla concentrazione del catione e molte pubblicazioni ritengono che per non avere un'instabilità nei bianchi la soglia non deve superare gli 80 mg/L mentre nei rossi e rosati i 60 mg/L. È anche vero però che la semplice valutazione delle concentrazioni è un po' impropria per il fatto che ogni vino è caratterizzato da diversi composti, da diversi colloidali protettori che riducono o aumentano l'instabilità calcica (Coetzee, 2023).

La mancanza di test efficaci ci fa capire la necessità di ampliare gli studi in questo campo; tuttavia, esistono tecniche per stabilizzare un vino.

È possibile eseguire un'aggiunta di cristalli di tartrato di calcio micronizzati, con i quali si bypassa il processo lento di formazione dei nuclei in modo spontaneo (perché questi nuclei vengono aggiunti), consentendo una crescita dei cristalli che poi precipitano portandosi via il calcio. Un altro metodo sottrattivo è l'utilizzo di resine a scambio ionico o di elettrodialisi che consentono di rimuovere il catione; sono tecniche però che possono risultare aspecifiche e tra l'altro molto costose e non tutte le cantine possono permetterselo (Coetzee, 2023).

Un metodo additivo è rappresentato dall'aggiunta dell'acido metatartarico che inibisce la formazione dei cristalli come avviene nella stabilizzazione tartarica. Questo acido è però poco stabile alle alte temperature e di conseguenza viene principalmente usato nei vini da consumarsi nel breve periodo (Coetzee, 2023).

### 1.3 Scopo

Il crescente aumento di instabilità calcica nei vini spinge verso la scoperta di soluzioni innovative che possano ridurla. È difficile trovare la soluzione più adatta, anche perché si tratta di un mondo non ancora del tutto esplorato, ma è logico pensare che partire con un mosto già più povero di calcio sia un buon punto di partenza.

L'assorbimento del calcio è un fenomeno ancora non del tutto chiaro e talvolta esistono pareri discordanti, però è presumibile che ogni portainnesto differisca nel trasporto di questo elemento.

Questo studio intende valutare, a parità di condizioni climatiche, di terreno e di varietà innestata (Glera), l'influenza che possono avere i portainnesti sull'assorbimento di calcio. In questo modo insieme ai tanti parametri messi a disposizione per la scelta del portainnesto verrà inserito un tassello in più, per permettere al viticoltore di avere la più ampia descrizione del portainnesto per scegliere quello più adatto per un determinato contesto viticolo.

Associata alla valutazione dell'assorbimento del calcio si valuterà anche l'influenza che potrebbero dare elementi definiti dalla letteratura come antagonisti (potassio), ma anche l'effetto dell'annata e la capacità che ha il portainnesto di preservare l'acidità che possono essere utili a capire l'influenza che può avere l'elemento.



## 2 MATERIALI E METODI

La sperimentazione si è svolta nelle annate 2021 e 2022 in un vigneto avente un sistema di allevamento a Sylvoz e un sesto d'impianto di m 2,75 x 1,30, situato nel comune di Godega di Sant'Urbano (TV). Nella prova la Glera (clone ISV ESAV-19) è stata messa a dimora in uno schema randomizzato ed è stata associata a 8 portainnesti diversi (110R, 110.14, 140RU, SO4, K5BB, 420A, Schwarzmann, 1103P); ogni portainnesto era rappresentato da quattro piante ognuna disposta su quattro filari in modo casuale (figura 1).



Figura 1. Disposizione dei portainnesti nel vigneto

Nelle operazioni di potatura invernale le piante sono state potate lasciando 25 gemme per pianta. Il suolo è di origine alluvionale, profondo, sabbioso e con alta presenza di scheletro. In entrambe le annate sono stati raccolti campioni di acini nel periodo di piena maturazione (16/09/2021 e 07/09/2022), sui quali sono stati elaborati i seguenti parametri: concentrazione di calcio, magnesio e potassio. I campioni sono riferiti alla singola pianta e sono sempre stati analizzati singolarmente.

Gli acini tenuti in congelatore per la conservazione sono stati scongelati e successivamente sono stati contanti e pesati con una bilancia. Con l'utilizzo di uno schiacciapatate sono stati spremuti ottenendo un mosto torbido che è stato stabilizzato dal punto di vista microbiologico e ossidativo con l'aggiunta di bisolfito di sodio.

Il mosto ottenuto è stato lasciato a temperatura ambiente in provette falcon per qualche giorno, per favorire la precipitazione della feccia grossolana e successivamente il liquido è stato filtrato a con un

filtro in fibra di vetro da 1.2 $\mu$ m (Whatman, GF/A). Ottenuto il mosto limpido è stato possibile eseguire le analisi sui tre elementi.

Il calcio nei campioni è stato determinato utilizzando il kit Enzytec Calcium (R-Biopharm) basato sul test colorimetrico con Arsenazo III. Il test è stato eseguito sui campioni di mosto non diluiti, utilizzando l'analizzatore enzimatico I-Magic.

Per la misura del magnesio è stato utilizzato un metodo colorimetrico (Burtis e Ashwood, 2001) basato sulla reazione con xylidil blue. Il reattivo è stato preparato fresco ogni volta, mescolando 36 mg di xylidil blue, 9.5 mg di EGTA, 5.32g di K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 12.11g di Tris. Il tutto veniva sciolto in 300 ml di acqua, portato a pH 10.9 con HCl e quindi portato a 500 ml finali con acqua. La reazione avveniva in cuvetta mettendo 1 ml di reattivo e aggiungendo 7  $\mu$ L di mosto. Dopo 5 minuti di reazione a temperatura ambiente, veniva eseguita la lettura a 520 nm con spettrofotometro. La retta di calibrazione era preparata aggiungendo da 2 a 14 $\mu$ L di una soluzione di Mg a 100 mg/L in acqua.

La determinazione del potassio è stata eseguita con spettrometria di assorbimento atomico (Perkin Elmer). È stata utilizzata una lampada a catodo cavo NA-K (Perkin Elmer) con corrente a 12 Ma. La lunghezza d'onda utilizzata è stata 404.4 nm, che permette una linearità del segnale fino a 600 mg/L. I campioni di mosto sono stati diluiti 5 volte e sono stati analizzati con lo strumento dopo aver calibrato con soluzione di potassio standard a 100, 200 e 400 mg/L.

I dati di grado zuccherino e acidità non sono stati determinati in questa tesi, ma sono stati estrapolati da un altro lavoro eseguito sugli stessi campioni.

Ottenute le concentrazioni degli elementi in mg/L, queste sono state convertite in ug/acino, per avere dati più fedeli riguardo la risposta fisiologica della pianta e al ruolo del portainnesto.

### 3 RISULTATI E DISCUSSIONE

#### 3.1 I dati sul calcio

L'annata 2021 possiamo considerarla "annata normale" rispetto alla 2022, che è stata eccezionalmente siccitosa. In generale sono stati riscontrati valori di calcio nella media, coerenti con quanto riportato in letteratura ed entro limiti tollerabili per le instabilità calciche.

Dai campioni analizzati risulta una differenza tra i vari portainnesti nell'assorbimento di calcio che però non è significativa dal punto di vista statistico, e si può concludere dicendo che in questa annata i vari portainnesti si sono comportati in modo abbastanza omogeneo (figura 2).

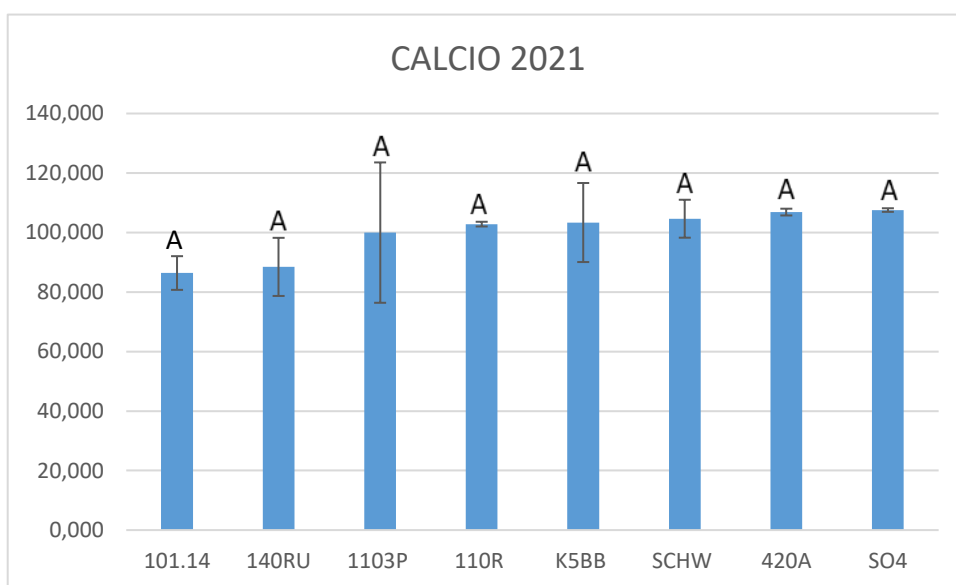


Figura 2. Risultati dell'assorbimento di calcio nell'annata 2021

A differenza della stagione precedente, l'annata 2022 è stata di per s'è una stagione molto critica; il prolungato periodo di siccità che si è protratto da maggio fino ad agosto dove hanno ripreso le piogge, ha compromesso lo sviluppo normale della pianta alterando la sua fisiologia. Per questo motivo è giusto dire che i risultati ottenuti dalle analisi di questi campioni potrebbero risultare fuorvianti, per il semplice fatto che queste annate raramente si verificano, ma comunque non sono da trascurare perché le stagioni di questa portata potrebbero diventare la normalità con i cambiamenti climatici.

In generale si sono riscontrati valori di calcio sopra la media, ma anche in questo caso permane una forte omogeneità nell'assorbimento dell'elemento tra i vari portainnesti. Questa stagione però mette in risalto una differenza statisticamente significativa tra il portainnesto 110R e il 1130P. Da notare che i due portainnesti 110R e 1130P nell'annata 2021 erano molto simili e con un comportamento

medio tra tutti i portainnesti (figura 3); quindi, la differenza nell'assorbimento del calcio osservata nel 2022 non può essere considerato un carattere specifico del portainnesto che è stato solamente esaltato dall'annata particolare, ma piuttosto è una risposta specifica dei portainnesti all'andamento climatico.

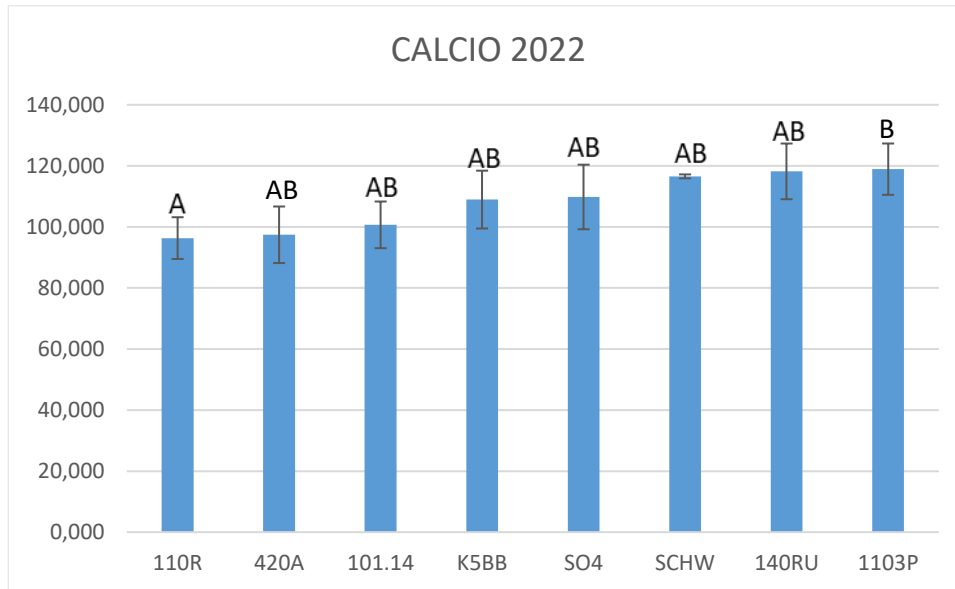


Figura 3. Risultati dell'assorbimento di calcio nell'annata 2022

Come detto in precedenza, nei dati dell'annata 2021 emergono valori più normali di calcio tra i vari portainnesti, a differenza del 2022 che presentava valori molto elevati. In particolare, si ha avuto in media un aumento dell'assorbimento del 19%, e aumenti simili si sono riscontrati anche per il magnesio e il potassio. Questo andamento sembrerebbe confermare quanto ipotizzato in letteratura, ossia che il ritorno dell'instabilità calcica potrebbe essere dovuto ad un maggiore assorbimento del calcio come effetto del cambiamento climatico. In particolare, l'incremento potrebbe essere spiegato dalla maggiore necessità di evapotraspirazione da parte della pianta che è quel meccanismo funzionale all'autoregolazione della temperatura dei tessuti vegetali; la stagione 2022 molto calda può aver costretto la pianta ad evapotraspirare maggiormente, il che coincide con un flusso xilematico di acqua molto più accentuato e di conseguenza un maggior trasporto di calcio, essendo i due flussi correlati.

Oltre a questo, la diversa vigoria dei portainnesti potrebbe aver inciso sull'assorbimento dei cationi; tra tutti i portainnesti presi in considerazione, 420A e 101.14 possono essere considerati i meno vigorosi, e infatti il 101.14 e, nell'annata 2022, il 420A si sono dimostrati tra quelli con il minore assorbimento di calcio, anche se ricordiamo che non c'erano differenze significative tra i portainnesti.

### 3.2 I dati di magnesio e potassio

Alla misurazione del calcio sono state affiancate le misurazioni delle concentrazioni di potassio e magnesio per avere una migliore visione d'insieme e per capire se esiste una correlazione tra questi elementi.

A differenza del calcio, le concentrazioni di potassio sono risultate maggiormente diverse dal punto di vista statistico; questa cosa si è accentuata nell'annata 2022 probabilmente per il maggiore stress a cui sono state sottoposte le piante, con la conseguenza di squilibri fisiologici che si sono tradotti in diversi assorbimenti (figura 4).

Quindi nell'annata 2021 solamente il 1103P risulta differente statisticamente rispetto agli altri portainnesti mentre nella stagione 2022 il 1103P, il 140RU e il K5BB si sono distinti in modo considerevole dagli altri portainnesti (figura 5). Come per il calcio è stato visto un aumento dell'assorbimento del potassio nella stagione 2022 del 25%.

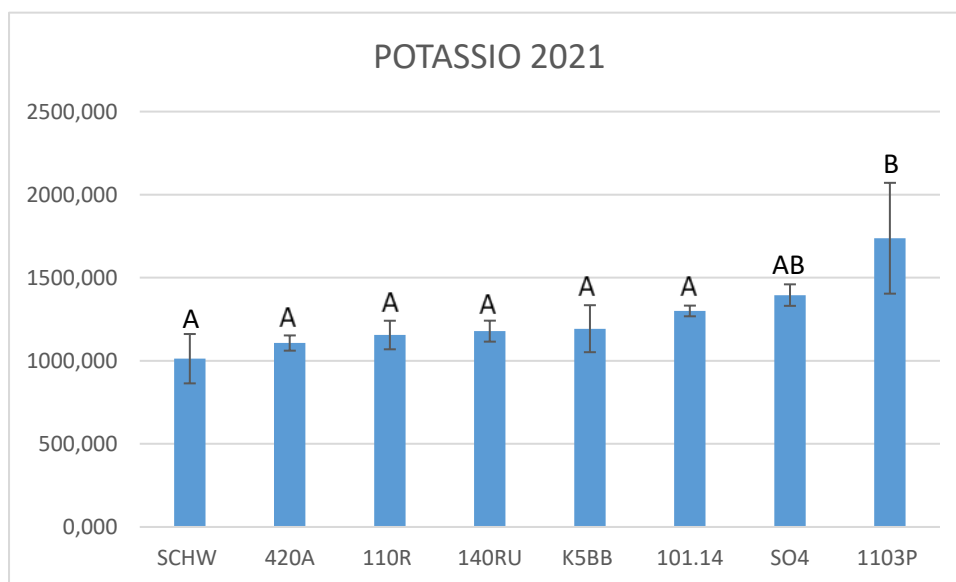


Figura 4. Risultati dell'assorbimento di potassio nell'annata 2021

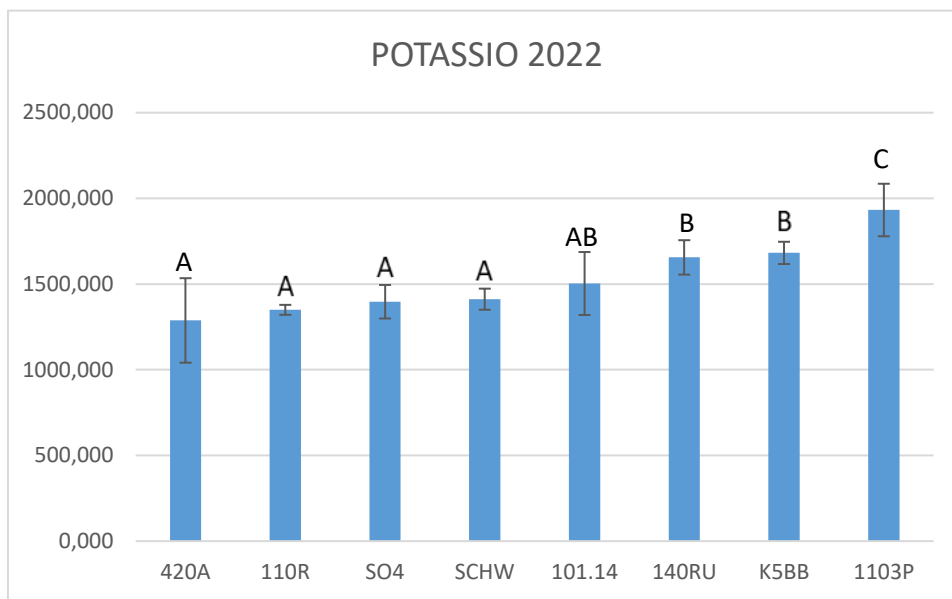


Figura 5. Risultati dell'assorbimento di potassio nell'annata 2022

Le misurazioni del magnesio sono pressoché paragonabili con quelle del calcio vista l'alta omogeneità riscontrata e si notano solamente differenze significative nell'annata 2021 tra 420A e 140RU (figure 6 e 7). Come per gli altri elementi anche qui si sono verificati aumenti di concentrazione nell'annata 2022 pari al 17%.

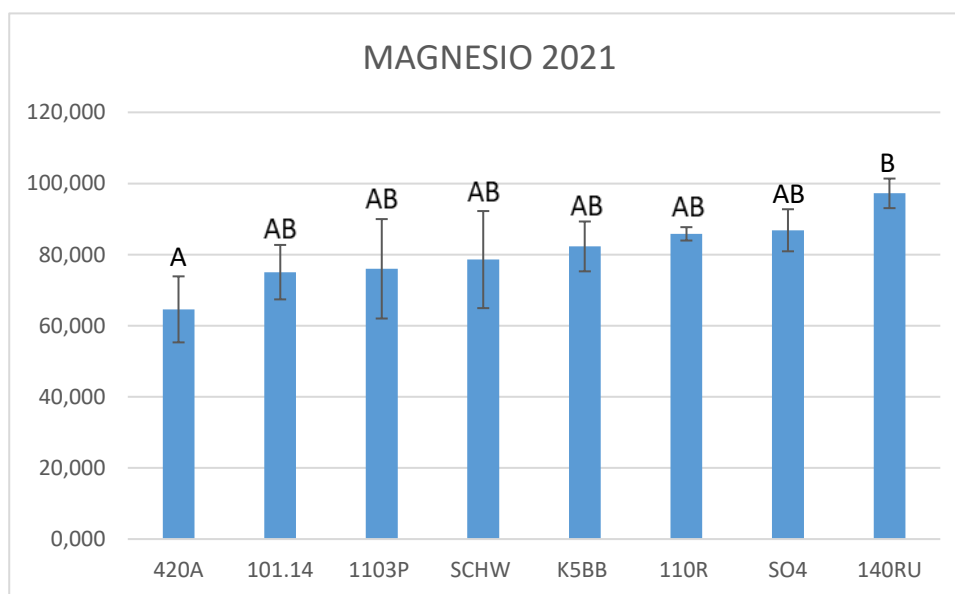


Figura 6. Risultati dell'assorbimento di magnesio nell'annata 2021

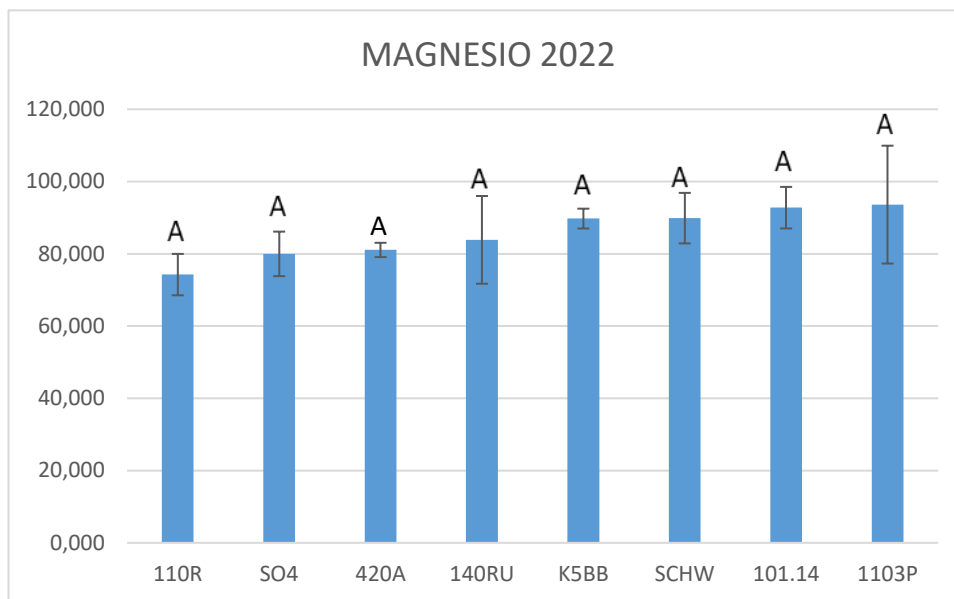


Figura 7. Risultati dell'assorbimento di magnesio nell'annata 2022

Come accennato in precedenza in questi elementi si notano differenze più evidenti nell'assorbimento in funzione della diversa vigoria impartita dal portainnesto e in merito si possono fare alcune osservazioni. SO4 è un portainnesto che impartisce una buona vigoria che nell'annata 2021 ha dimostrato alti livelli di assorbimento per entrambi gli elementi mentre nel 2022 è stato meno performante in entrambi i casi; questo può far ipotizzare una scarsa resistenza alla siccità spiegata probabilmente dall'apparato radicale di media profondità che ha comportato un minor flusso di cationi. Il 1103P definito molto vigoroso è effettivamente risultato il più performante in tutti gli assorbimenti con l'eccezione dell'assorbimento del magnesio nell'annata 2021 (dato forse dovuto al caso). Il 420A, al contrario, è definito poco vigoroso e infatti risulta sempre con assorbimenti bassi. Un caso particolare è il 110R che in letteratura viene definito come molto vigoroso (paragonabile al 140RU e 1103P) però mediamente risponde con bassi assorbimenti; questo ci può far pensare che nonostante l'alta vigoria, sia un portainnesto più selettivo per i cationi.

Le correlazioni calcolate tra calcio, potassio e magnesio sono tutte positive e ci dicono essenzialmente che non c'è antagonismo per l'assorbimento di questi elementi dal terreno come riportato in letteratura. L'antagonismo, però, a quanto pare si verifica quando uno degli elementi presi in considerazione è in largo eccesso rispetto agli altri, condizione che probabilmente nel sito dove è stato condotto l'esperimento non si è verificata.

Prendendo in considerazione “l’annata normale”, come è stato dimostrato da molti studi (Forster e Mengel, 1969; Chapin, 1980; Porro, 2019), persiste una forte correlazione tra calcio e magnesio, che viene meno durante il 2022 probabilmente per l’aumento eccessivo di calcio che ha squilibrato leggermente l’assorbimento di magnesio (figura 8).

Variabili 2021	calcio	potassio	magnesio
calcio	<b>1</b>	<b>0,567</b>	<b>0,724</b>
potassio	<b>0,567</b>	<b>1</b>	<b>0,615</b>
magnesio	<b>0,724</b>	<b>0,615</b>	<b>1</b>

Variabili 2022	calcio	potassio	magnesio
calcio	<b>1</b>	0,421	0,399
potassio	0,421	<b>1</b>	<b>0,500</b>
magnesio	0,399	<b>0,500</b>	<b>1</b>

Figura 8. Correlazioni calcio-magnesio-potassio delle annate 2021-2022

### 3.3 Valutazione di altri parametri: zuccheri e acidità totale

Le concentrazioni di zuccheri e acidità, come molti altri parametri, sono notevolmente influenzate dall’andamento stagionale. I dati raccolti dimostrano come l’annata 2021 presenti un grado zuccherino e un’acidità totale nella norma, a differenza del 2022 dove per il forte caldo l’acidità si è ridotta notevolmente mentre per le scarse piogge gli zuccheri si sono concentrati maggiormente dando così gradi zuccherini più elevati.

La presenza di acidità nel mosto e poi nel vino non è da trascurare perché potrebbe essere un fattore che incide sull’instabilità calcica. Generalmente l’acido più labile è l’acido malico, che nelle stagioni molto calde viene respirato dalla pianta comportando aumenti di pH a mosto; di conseguenza a pH alti l’acido tartarico si dissocerà maggiormente con una maggiore liberazione di ione tartrato che essendo in concentrazioni più elevate può legare più facilmente il calcio dandoci più instabilità.

Scegliere quindi il portainnesto più propenso a preservare l’acidità può aiutare nella gestione dell’instabilità calcica, oltre ovviamente a dare contributi fondamentali nella conservazione del vino ma anche dal punto di vista organolettico e microbiologico. I dati dimostrano che i portainnesti Schwarzmann e 110 Richter siano i meno performanti nel preservare l’acidità a differenza di K5BB, 1103P e 140RU che sono i più performanti.

Per quanto riguarda il contenuto zuccherino, uno studio ha dimostrato che l’aumento di calcio comporta una riduzione del grado brix (Martins et al., 2021); questa relazione non era visibile nella stagione 2021, ma nell’annata 2022 caratterizzata da alte concentrazioni di calcio, sono state trovate effettivamente delle correlazioni negative anche se non statisticamente significative (figura 9). Non è chiaro se questa correlazione dipenda effettivamente da un legame tra i due fenomeni o se semplicemente siano entrambi il risultato dello stress termico subito in particolare nell’annata 2022.



Variabili 2021	<u>brix</u>	calcio
<u>brix</u>	<b>1</b>	0,173
calcio	0,173	<b>1</b>

Variabili 2022	<u>brix</u>	calcio
<u>brix</u>	<b>1</b>	-0,409
calcio	-0,409	<b>1</b>

Figura 9. Correlazione gradi brix-calcio delle annate 2021-2022

## 4 CONCLUSIONI

Il problema dell'incremento dell'assorbimento di calcio che si sta verificando ultimamente è noto, ed è probabilmente riconducibile ai cambiamenti climatici che comportano annate anomale come quella del 2022 alterando la fisiologia della pianta.

Il mondo si sta muovendo per contrastare questi cambiamenti climatici con, ad esempio, delle politiche ambientali volte alla riduzione del riscaldamento globale, ma ci vorrà ancora molto tempo per vedere gli effetti di queste azioni correttive; quindi, è logico pensare che bisogna trovare soluzioni più immediate. La giusta scelta del portainnesto potrebbe essere una soluzione, non solo per limitare l'assorbimento del calcio ma anche per preservare l'acidità, per regolare la vigoria...

Si è visto che il portainnesto può influire sulla presenza del calcio nel grappolo, ma almeno in questo esperimento, non sono state evidenziate grosse differenze dal punto di vista statistico; c'è anche da dire che non essendo noto completamente il meccanismo di assorbimento del calcio, altre variabili potrebbero concorrere a far cambiare la concentrazione di calcio. Un ruolo importante può averlo il terreno stesso, che può avere una composizione diversa anche all'interno dello stesso appezzamento; in questo esperimento si è osservato che per alcuni portainnesti le repliche nella parte a nord del vigneto tendevano sempre ad avere assorbimenti minori rispetto a quelli posizionate nella parte sud, anche se non tutti i portainnesti rispettavano questo modello. Un altro punto interessante da affrontare potrebbe essere la regolazione del flusso d'acqua e quindi anche del flusso di calcio, gestendo le irrigazioni, la vigoria o anche valutando caratteristiche isoidriche o anisoidriche delle piante, che coincidono con la diversa capacità di chiudere subito gli stomi in risposta a stress idrici per mantenere l'acqua all'interno della pianta. Prendendo in considerazione tutti gli elementi si è notato che nell'annata 2021 i portainnesti sono risultati molto più omogenei negli assorbimenti rispetto alla stagione più siccitosa; probabilmente in "condizioni normali" la pianta trova un equilibrio che si rispecchia in assorbimenti più equilibrati mentre se sottoposta a stress fisiologici si altera tutto il metabolismo della pianta compresi gli assorbimenti stessi. Quindi capiamo che le variabili sono molte, e l'assorbimento del calcio merita studi più approfonditi per capirne a pieno il suo meccanismo.

Le correlazioni calcolate mettono in risalto l'assenza di antagonismo tra gli elementi, anzi al contrario c'è stata una correlazione positiva tra calcio, magnesio e potassio; questo confermerebbe che nel suolo gli elementi erano in equilibrio e non andavano in competizione tra di loro. In ogni caso anche

per le correlazioni non si conosce a pieno il meccanismo di entrata di questi ioni e di conseguenza altri parametri potrebbero far variare la loro concentrazione.

Dato che è stata dimostrata una correlazione tra la vigoria del portainnesto e il diverso assorbimento, potrebbe risultare interessante approfondire gli studi sul 110R; questo portainnesto pur avendo la stessa vigoria, lo stesso apparato radicale e la stessa resistenza alla siccità del 1103P in molte misurazioni è risultato statisticamente differente nell'assorbimento rispetto al 1103P probabilmente per una maggiore selettività nell'assorbimento dei cationi.

I riferimenti al contenuto di zuccheri dimostrano che l'aumento di calcio non deve essere considerato come una problematica a se stante che riguarda solo le precipitazioni di tartrato neutro di calcio. Infatti, si è visto che potrebbe andare a squilibrare i metabolismi nella pianta dandoci meno grado zuccherino e quindi facendo variare le concentrazioni di altri composti.

Anche se esistono già tecniche enologiche per contrastare l'instabilità calcica (ma si può agire anche sul portainnesto preservando l'acidità), sarebbe interessante valutare anche le annate successive con l'aggiunta di più piante per portainnesto, per avere più campioni da analizzare, per avere una maggiore visione d'insieme e per valutare al meglio come le diverse stagioni possano andare a modificare la fisiologia della pianta. È anche vero che gli studi fatti su questo elemento sono pochi e incrementare questa banca dati consentirebbe ai viticoltori un più ampio margine di manovra non solo nella scelta del portainnesto, ma anche nella gestione del vigneto con migliori pratiche agronomiche.

## 5 BIBLIOGRAFIA

Nistor Eleonora, Alina Georgeta Dobrei, Giovan Battista Mattii, and Alin Dobrei. 2022. "Accumulo di calcio e potassio durante la stagione vegetativa nelle varietà di uva Cabernet Sauvignon e Merlot" plants.

Martins V, Unlubayir M, Teixeira A, Lanoue A and Gerós H (2021) Exogenous Calcium Delays Grape Berry Maturation in the White cv. Loureiro While Increasing Fruit Firmness and Flavonol Content. Front. Plant Sci.

Dale Sanders, Colin Brownlee, Jeffrey F. Harper, Communicating with Calcium, The Plant Cell , Volume 11, Numero 4, aprile 1999

Pickering, Spencer Umfreville, the chemistry of bordeaux mixture, 1907

Venios Senofonte, Elias Korkas, Aspasia Nisiotou e Georgios Banilas, 2020. "Risposte della vite allo stress da calore e al riscaldamento globale" plants 9

Enzo Corazzina, Coltivare la vite, 2018

Su Y., Feng, T., Liu, CB. et al. The evolutionary innovation of root suberin lamellae contributed to the rise of seed plants. Nat. Plants 9, 2023

Yang, H. e Jie, Y. (2005). Assorbimento e trasporto del calcio nelle piante. Giornale di fisiologia vegetale e biologia molecolare

Hocking, B. J. (2015). The role of calcium in the cell wall of grape berries

Minotti, P. L., Doris Craig Williams, and W. A. Jackson. "Nitrate uptake and reduction as affected by calcium and potassium." Soil Science Society of America Journal 3 (1968)

DIEM, B., and D. L. GODBOLD. "Potassium, Calcium and Magnesium Antagonism in Clones of Populus Trichocarpa." Plant and Soil (1993)

Sabbatini Paolo e Gordon S. Howell. "Interazione delle marze del portinnesto ed effetti sul vigore della vite, sulla fenologia e sulla resistenza al freddo di cultivar di uva ibrida interspecifica (Vitis spp.)." Rivista internazionale di scienza della frutta (2013)

Dr. Carien Coetzee, Calcium tartrate instability Basic Wine, 2023

Riccardo Longo, Valutazione del rilascio di calcio da parte di coadiuvanti enologici, 2024

Pou, A., Rivacoba, L., Portu, J., Mairata, A., Labarga, D., García-Escudero, E., & Martín, I. (2022). How rootstocks impact the scion vigour and vine performance of *Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 2022.

Delas, J., and R. Pouget. "The influence of rootstock-scion relationships on the mineral nutrition of the vine and the consequences for fertilization." *Soil in Mediterranean Type Climates and Their Yield Potential* (1979): 289-299.

## 6 SITOGRAFIA

<https://agqlabs.it/>

<https://agronotizie.imaginenetwork.com/>

<https://www.vinlogica.it/>