

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI
TORINO MILANO PALERMO SASSARI FOGGIA**

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE INTERATENEO

IN

SCIENZE VITICOLE ENOLOGICHE

TESI DI LAUREA

**VALUTAZIONE AGRONOMICA DI
VITIGNI PIWI IN AMBIENTE
MONTANO LOMBARDO**

Relatore: Prof. Failla Osvaldo

Correlatore: Prof. Lucio Brancadoro

Candidato: Maria Bianca Vierucci

Anno Accademico 2021/2022

Sommario

1	Introduzione	10
1.1	Varietà piwi: caratteristiche generali e stato dell'arte	10
1.1.1	Storia degli ibridi	10
1.1.2	Ibridi di prima generazione:	10
1.1.3	Ibridi di seconda generazione:	11
1.1.4	Ibridi di terza generazione:	11
1.1.5	Ibridi di recente costituzione: i Piwi	12
1.2	Il concetto di sostenibilità:	13
1.3	Legislazione:	15
1.4	La questione del nome:	17
1.5	Genetica	20
1.5.1	Obbiettivi del miglioramento genetico	20
1.5.2	L'incrocio: un metodo per ottenere variabilità genetica	23
1.5.3	Procedura per l'incrocio	24
1.5.4	Selezione clonale	25
1.5.5	Selezione clonale assistita da marcatori molecolari	26
1.5.6	Geni codificanti per caratteri di resistenza	27
1.5.7	Meccanismi di resistenza	29
1.5.8	Fonti di resistenza a Peronospora	31
1.5.9	Fonti di resistenza a Oidio	31
1.5.10	Biotecnologie: Cisgenesi, Transgenesi e Genome Editing	31
1.6	Malattie fungine	34
1.6.1	Peronospora	34
1.6.2	Oidio	37
1.6.3	Black rot	39
1.6.4	Botrite	40
1.7	Difesa	43
1.7.1	Lotta chimica	44
1.7.2	Lotta integrata	45
1.7.3	Lotta biologica	46
2	Scopo della tesi:	47
3	Materiali e metodi	47

3.1	Caratteri ampelografici varietà ibride	47
3.1.1	Bacca bianca	47
3.1.2	BACCA ROSSA	49
3.2	Varietà di riferimento tradizionali	52
3.3	Inquadramento territoriale	54
3.3.1	Valcamonica	54
3.3.2	Valtellina	79
3.4	Raccolta dei dati	86
3.4.1	Fasi fenologiche	86
3.4.2	Curve di maturazione	86
3.4.3	Incidenza delle malattie	87
4	Risultati	88
4.1	Valcamonica	88
4.1.1	Cabernet eidos	88
4.1.2	Cabernet volos	89
4.1.3	Merlot khantus	91
4.1.4	Merlot khorus	93
4.1.5	Sauvignier gris	94
4.1.6	Cabernet cortis	100
4.1.7	Johanniter	101
4.1.8	Solaris	103
4.1.9	Valutazione delle diverse zone:	105
4.2	VALTELLINA	107
4.2.1	Solaris	107
4.2.2	Grosio	109
4.3	Quadro riassuntivo incidenza delle malattie	111
4.3.1	Commento	114
5	Conclusioni	115
5.1.1	FASI FENOLOGICHE E CURVE DI MATURAZIONE	115
5.1.2	INCIDENZA DELLE MALATTIE	115
5.1.3	VALUTAZIONE GENERALE	116
1	Bibliografia	118

Riassunto

La scoperta dell'America, e più in particolare l'inizio degli scambi commerciali fra Nuovo Mondo e continente europeo, ha segnato indubbiamente un punto di svolta nella gestione agronomica della vite. L'introduzione in Europa di patogeni non autoctoni ha causato inizialmente una grave sofferenza alle varietà tradizionali europee, che non possedevano alcun carattere di resistenza contro malattie come peronospora, oidio e black rot. Inizialmente, e per un lungo periodo, la soluzione è stata ricercata esclusivamente nell'utilizzo di mezzi chimici, attraverso l'impiego di fitofarmaci e fungicidi a base di zolfo e rame con un effetto contro le principali malattie fungine introdotte. L'utilizzo di prodotti sistemici, quindi in grado di proteggere la pianta preventivamente entrando in circolo nel sistema linfatico è stata per molti anni una risorsa largamente impiegata per fronteggiare queste nuove difficoltà. I prodotti chimici di sintesi però presentano numerosi svantaggi. L'utilizzo prolungato dello stesso principio attivo porta l'insorgenza di fenomeni di resistenza all'interno della popolazione dei patogeni, rendendo necessaria la rotazione fra principi attivi diversi. Oltre a ciò, le sostanze attive di sintesi possono avere un certo livello di tossicità sia per la pianta che per l'ambiente, con livelli diversi di pericolosità anche per l'operatore che maneggia e distribuisce i prodotti. L'attenzione crescente per la sostenibilità ha fatto sì che negli anni ci sia stato un graduale passaggio a metodi di lotta biologici o quantomeno di lotta integrata. Quest'ultima impone un uso razionale dei trattamenti fitosanitari, integrati con una corretta gestione agronomica. Per quanto riguarda la difesa biologica invece, questa prevede l'esclusione totale di tutti i principi attivi di sintesi permettendo solamente l'uso di prodotti a base di zolfo e rame. La difesa biologica però presenta un importante aspetto negativo. Il fatto che possano essere utilizzati solo prodotti di copertura, soggetti quindi a dilavamento e con minore persistenza rispetto ai sistemici, obbliga gli agricoltori a intervenire in vigneto un numero di volte notevolmente maggiore per mantenere le piante sufficientemente protette nel corso della stagione. Il rame, pur essendo ammesso in biologico e ampiamente utilizzato, ha un tempo di dimezzamento nel terreno superiore a 120 giorni e un effetto tossico sugli organismi acquatici e sulla microfauna del suolo; per questo motivo è stata inserita nel 2015 dall'Unione Europea fra le sostanze candidate alla sostituzione. Nonostante questo però, l'uso di prodotti a base di sostanze attive contenenti rame è ancora ampiamente diffuso, anche a causa della mancanza di alternative efficaci nella difesa antiperonosporica. Per quanto riguarda lo zolfo invece, sono ben noti gli effetti negativi che questo causa in vinificazione se presente in eccesso sulle uve.

Ad oggi, le soluzioni possibili per limitare l'utilizzo di fungicidi in viticoltura sono state ricercate sia nella formulazione di prodotti alternativi, di origine microbiologica o botanica (agenti di biocontrollo, estratti di alghe o vegetali) sia nella creazione di varietà che risultino meno suscettibili all'attacco del patogeno, in modo da ridurre drasticamente il numero di trattamenti necessari al contenimento. Nel primo caso esistono già numerosi prodotti registrati efficaci principalmente nei confronti di oidio, botrite e mal dell'esca, ma per quanto riguarda la difesa antiperonosporica non esistono ancora soluzioni adeguate in sostituzione al rame.

Lo sviluppo di varietà tolleranti si basa sull'ibridazione tra varietà di *Vitis vinifera* con varietà americane o asiatiche non vinifera. Il principio alla base di questa pratica è quello di unire, attraverso l'incrocio, le caratteristiche agronomiche e enologiche qualitativamente migliori delle varietà europee con i caratteri di resistenza portati dalle varietà di vite non vinifera. I primi tentativi di ibridazione interspecifica vengono effettuati già all'inizio del XIX secolo in America, ma i risultati non furono eccellenti e le nuove varietà create presentavano grandi lacune dal punto di vista organolettico, oltre a una concentrazione di metanolo elevata, tale da renderli pericolosi anche dal punto di vista della salute del consumatore. Negli anni la ricerca è stata proseguita da numerosi centri di ricerca e breeder europei, che col passare degli anni capirono come disaccoppiare i caratteri di resistenza e qualità gestendo l'ibridazione in maniera sempre più precisa. Incrociando nuovamente i primi ibridi ottenuti con varietà diverse di *Vitis vinifera* è stato possibile ottenere, alla sesta o settima generazione, varietà di vite con un genoma contenente meno del 2% di DNA americano. In questo modo sono state ottenute varietà ibride qualitativamente raffrontabili alle varietà autoctone europee.

Ad oggi la legislazione europea prevede la registrazione e la commercializzazione di varietà ibride ottenute solo attraverso tecniche di selezione naturale o assistita da marcatori molecolari. Questa tecnica permette di ridurre notevolmente i tempi rispetto ad un incrocio "naturale" sfruttando i marcatori molecolari, cioè frammenti di DNA associati a determinati loci genetici, per selezionare in maniera univoca e efficiente le piante che portano i caratteri qualitativi e quantitativi di nostro interesse. In altre parole, non è necessario aspettare i tempi di attesa necessari alla propagazione e alla crescita delle piante ottenute dall'incrocio per selezionare quelle portanti i caratteri di nostro interesse. Oltre a ciò, la selezione si basa anche sulla valutazione del prodotto finale, cioè il vino, e questo allunga notevolmente i tempi, trattandosi di piante che entrano in produzione dopo tre anni. Sfruttando i marcatori molecolari invece, è possibile selezionare le piante quando ancora si trovano allo stato embrionale, propagando e valutando solo quelle che vengono ritenute idonee.

In Italia le varietà resistenti stanno riscuotendo relativo successo e risvegliando interesse solo negli ultimissimi anni. La forte storia vitivinicola del nostro Paese e la massiccia quantità di varietà autoctone italiane hanno fatto sì che queste nuove varietà, a volte commercializzate col nome contenente il richiamo al parentale europeo di elite, fossero viste come una minaccia alla tradizione e ad una produzione fortemente legata al concetto di terroir. E' recente però, l'ammissione all'utilizzo di varietà ibride all'interno delle varie denominazioni di origine. Questo rende necessario uno studio approfondito dell'attitudine agronomica ed enologica di questi ibridi in ambienti diversi così da poter avere un quadro ampio ed esaustivo delle loro potenzialità, che permetta una loro gestione accurata e sostenibile, sempre volta ad una produzione di qualità tipica della tradizione vitivinicola italiana.

Questa tesi si propone quindi di fornire un ulteriore piccolo tassello nella conoscenza di queste varietà, valutando l'attitudine agronomica di diverse varietà PIWI in ambiente montano. L'area di studio riguarda vigneti in cui sono state messe a dimora diverse varietà resistenti, posti in Valcamonica e Valtellina. Le due vallate, situate a nord della regione Lombardia, sono state suddivise in diverse zone e classificate secondo la loro variabilità climatica e pedologica, in modo da avere un'idea più chiara delle loro diverse attitudini vitivinicole.

Durante la stagione 2021 sono stati valutati il decorso delle fasi fenologiche e l'incidenza delle malattie, sempre operando un confronto rispetto a varietà internazionali di riferimento. Dal momento dell'invasatura in poi sono stati eseguiti campionamenti periodici in modo da seguire l'andamento della maturazione, registrando i valori di acidità, contenuto zuccherino e pH. I risultati ottenuti rivelano una notevole precocità di queste varietà in tutte le fasi fenologiche e nella maturazione rispetto alle varietà di riferimento nelle diverse zone. Per quanto riguarda i parametri tecnologici e' stata osservata una spiccata acidità nei vitigni a bacca bianca, mentre nei vitigni a bacca rossa la tendenza e' opposta, con valori di acidità notevolmente inferiori. Per quanto riguarda la tolleranza alle malattie e' stata osservata una certa sensibilità ai patogeni fungini in tutte le varietà che non sono state sottoposte a trattamenti, ad eccezione di aree poste ad un'altitudine di oltre 800m slm. Il numero di interventi di difesa necessari a mantenere le piante in condizioni sanitarie ottimali comunque e' notevolmente inferiore rispetto alla media dei trattamenti effettuati in regime biologico in condizioni di media pressione della malattia.

In conclusione, dal punto di vista agronomico e' indubbia e incoraggiante la capacità di queste varietà ibride di arrivare a maturazione in uno stato sanitario adeguato con un numero di trattamenti inferiore alla media, ma e' sicuramente necessaria una corretta valutazione pedo-

climatica del territorio in relazione alla variabilità varietale per riuscire a ottenere risultati positivi anche dal punto di vista enologico.

Abstract

The beginning of trade between the New World and the European continent has undoubtedly marked a turning point in the grapevine agronomic management. The introduction of non-native pathogens into Europe has initially caused severe suffering to traditional European varieties, which had no resistance against fungal diseases. To date, to drastically reduce the number of treatments necessary to contain the attack of pathogens, some solutions have been studied. The creation of tolerant varieties is based on the hybridization of *Vitis vinifera* varieties with non *vinifera* ones. The principle is to combine, through cross-breeding, the qualitatively better agronomic and oenological characteristics of European varieties with the resistance traits brought by non-*Vinifera* vine varieties. In Italy, resistant varieties are awakening interest only in the last few years, due to the strong wine-growing history and the massive amount of native Italian varieties: these new varieties, sometimes named with a reference to the elite European parent, were seen as a threat to tradition and to a production strongly linked to the concept of terroir. Recently, however, the use of hybrid varieties within the various denominations of origin has been admitted. This makes it necessary to carry out an in-depth study of their agronomic and oenological aptitude in different environments so as to have a broad and exhaustive picture of their potential, allowing their accurate and sustainable management, always aimed at a quality production. This thesis therefore aims to provide a further small step in the knowledge by evaluating the agronomic suitability of different PIWI varieties in a mountainous environment. The study area concerns vineyards located in Valcamonica and Valtellina. The two valleys, located in the north of the Lombardy region, were subdivided into different zones and classified according to their climatic and soil variability in order to get a clearer idea of their different viticultural aptitudes. During the 2021 season, the course of the phenological phases and the incidence of diseases were evaluated, again by comparison with international reference varieties. From the time of veraison onwards, periodic sampling was carried out in order to follow the course of ripening, recording acidity, sugar content and pH values. The results obtained reveal a remarkable earliness of these varieties in all phenological phases and in ripening compared to the reference varieties in the different areas. With regard to technological parameters, a pronounced acidity was observed in the white grape varieties, while in the red grape varieties significantly lower acidity values were observed. With regard to disease tolerance, a certain

susceptibility to fungal pathogens was observed in all varieties that did not undergo treatments. The number of defense interventions necessary to maintain the plants in optimal health conditions is, however, considerably lower than the average number of treatments carried out under organic conditions under average disease pressure. In conclusion, from an agronomic point of view, the ability of these hybrid varieties to reach maturity in an adequate state of health with a lower than average number of treatments is undoubtedly encouraging, but a correct pedo-climatic evaluation in relation to varietal variability is certainly necessary in order to obtain positive results from an oenological point of view as well.

1 Introduzione

1.1 Varietà piwi: caratteristiche generali e stato dell'arte

1.1.1 Storia degli ibridi

I parassiti fungini, agenti eziologici delle principali malattie fungine riscontrate su *Vitis vinifera*, insieme all'afide responsabile della fillossera, non sono autoctoni dell'ambiente europeo, ma sono stati introdotti in seguito alla scoperta dell'America, attraverso il trasporto di materiale vegetale durante gli scambi commerciali. La presenza di queste nuove patologie ha causato inizialmente grande sofferenza per le varietà autoctone europee, che non possedevano alcuna resistenza. L'impatto di malattie fungine come peronospora, oidio e marciume nero, causate rispettivamente da *Plasmopara viticola*, *Erisiphe necator* (definito inizialmente come *Uncine necator*) e *Guignardia bidwellii*, è stato devastante per la viticoltura europea e migliaia di ettari di vigneto vennero distrutti. (Sabbatini, et al., 2013)

Il primo approccio di difesa è stato quello di lotta chimica. Tra i primi fungicidi di successo utilizzati su larga scala c'è stata la poltiglia bordolese, miscela di zolfo e rame inventata da Millardet nel XIX secolo. (Ayres, 2004)

Nonostante negli anni si sia notevolmente implementata la ricerca verso nuove strategie di difesa, l'approccio chimico risulta ancora largamente in uso, anche se i principi attivi utilizzati nei fungicidi causano insorgenza di mutazioni nei parassiti, con sviluppo di resistenze e fitotossicità. La comprensione dell'ecologia dei parassiti e l'introduzione di strategie di lotta integrata, che prevede una drastica riduzione dei fitofarmaci mettendo in atto diversi accorgimenti senza ricorrere necessariamente all'utilizzo di mezzi chimici, hanno reso la gestione della difesa negli anni sempre più efficace.

Una delle strade percorse dalla ricerca fu quella dell'ibridazione interspecifica. L'ibrido viene costituito come risultato dell'incrocio fra *Vitis vinifera*, capace di conferire geneticamente caratteri qualitativi positivi, e specie diverse, portanti caratteri di maggiore tolleranza o resistenza alle malattie fungine.

1.1.2 Ibridi di prima generazione:

I primi ibridi frutto di azioni non casuali vengono realizzati in America a inizio '800, ottenuti incrociando vite europea e specie americane e caratterizzati da un'elevata produzione di uva, resistenza medio-bassa alla fillossera e resistenza elevata alle malattie fungine. Per quanto riguarda l'Europa, la Francia ha avuto un ruolo decisivo in questa prima fase di ibridazione.

Tra i primi risultati ottenuti ci sono Isabella, Clinton, Noah, Otello, Black Spanish e Herbermont. Questi vengono definiti “ibridi produttori diretti”, perché rappresentano la prima generazione dell’incrocio in cui il patrimonio genetico deriva per il 50% da entrambi i parentali. Oltre ai caratteri di maggiore tolleranza alle malattie fungine, è stato possibile conferire anche carattere di maggiore tolleranza al freddo, soprattutto attraverso un incrocio con *Vitis riparia*. Queste due caratteristiche resero la viticoltura possibile in Francia, in aree geografiche al di fuori dei distretti previsti dalla legge di Bordeaux del 1855. (Sabbatini, et al., 2013) Intorno a metà ‘800 però, la ricerca sugli ibridi viene pressoché abbandonata a causa della loro pessima qualità e molte più risorse vennero investite in favore degli agrochimici. Anche nei migliori risultati di incrocio infatti, erano presenti composti metabolici indesiderati solitamente assenti in vinifera, come furaneolo e antranilati di etile e metile (responsabili del cosiddetto odore “foxy”). Oltre alla qualità, anche la salubrità del prodotto non era idonea, poiché l’alta concentrazione di pectine derivante dal genoma parentale americano, faceva sì che si riscontrasse presenza di metanolo nel vino, con gravi rischi per la salute umana

1.1.3 Ibridi di seconda generazione:

Nella prima metà del XX secolo, in un periodo storico caratterizzato da guerre e profonde crisi economiche, la scarsa disponibilità di composti chimici fece riaccendere l’attenzione verso la coltivazione di varietà più tolleranti alle malattie e quindi coltivabili con minor input chimici. Numerosi vivaisti, perlopiù francesi, cercarono di risolvere i difetti qualitativi degli ibridi di prima generazione utilizzando nuovamente l’incrocio con altre varietà di *Vitis vinifera*. Una volta capito che i caratteri di qualità e resistenza si trovavano in associazione stretta ma non assoluta, si riuscì a disaccoppiarli. In questo modo, i difetti sopracitati vennero meno, e la coltivazione di queste varietà venne implementata, soprattutto per la produzione di vini da tavola. Soprattutto in Francia questi nuovi vitigni si introducono rapidamente e per molti anni ne caratterizzano in modo significativo il panorama viticolo. In Armagnac si diffonde un incrocio fra *V. labrusca* e *V. riparia*, poi modificato per arrivare alla varietà ibrida Baco Blanc. Molti di questi ibridi sono indicati soltanto con la sigla del vivaista che li ha costituiti, e sono stati poi sfruttati per l’ottenimento di ibridi di generazioni successive.

1.1.4 Ibridi di terza generazione:

Negli anni ‘70, in paesi come Francia e Italia vengono promosse politiche proibizionistiche, nonostante queste varietà coprissero al tempo migliaia di ettari, soprattutto in Francia, per salvaguardare la coltivazione delle varietà autoctone tradizionali; l’attività di ricerca e sviluppo di nuove generazioni di ibridi prosegue però in altri paesi, primo fra tutti la Germania. L’impiego del backcross ripetuto ha permesso di ottenere, alla sesta o settima

generazione, ibridi con un patrimonio genetico costituito per il 99% dal parentale di élite europeo. Con lo stesso meccanismo è stato anche possibile accumulare più di un carattere di resistenza, ma ovviamente in questi casi la percentuale di genoma americano aumenta, senza però mai superare il 2%. (Accademia dei Georgofili)

1.1.5 Ibridi di recente costituzione: i Piwi

In anni più recenti, è stato possibile sviluppare ibridi servendosi di biotecnologie come la selezione assistita da marcatori molecolari combinata a backcross multipli con varietà diverse di *Vitis vinifera*, creando così varietà che portano nel loro pedigree genetico sia geni codificanti per caratteri di resistenza che una significativa percentuale di genoma di *vinifera*. Utilizzando la selezione assistita (o MAS) è possibile ridurre notevolmente i tempi, poiché la selezione dei genotipi interessanti viene fatta a livello molecolare e non più a livello fenotipico. È opportuno ricordare che i parentali tra cui viene operato l'incrocio sono interfertili tra loro e l'ibridazione sarebbe possibile anche in natura, senza quindi che venga operata una forzatura.

Questi ibridi di moderna costituzione vengono chiamati “Piwi”, abbreviazione del termine tedesco “Pilzwiderstandsfähige” (vitigno resistente ai funghi). Generalmente ci si riferisce con questo termine sia ai vecchi ibridi che alle varietà di nuova costituzione, per indicare semplicemente la caratteristica di resistenza di questi vitigni. (Pedneault, et al., 2016).

I costitutori principali sono rappresentati da diversi istituti di ricerca e breeder europei tra cui:

- Istituto per la coltivazione viticola di Geilweilerhof/ Julius Kühn-Institut (Germania)
- Istituto statale di Friburgo (Germania)
- Università di Geisenheim (Germania)
- Klosterneuburg (Austria)
- Innovitis (Alto Adige, Italia)
- Università Mendel di Brno (Repubblica Ceca)
- Istituto di viticoltura di Eger (Ungheria)
- Valentin Blattner (genetista e breeder svizzero)
- Agroscope (Svizzera)
- Università di Udine (Italia)
- Fondazione Edmund Mach (San Michele all'Adige)

- Centro di Viticoltura ed Enologia Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria (CREA-VE)

1.2 Il concetto di sostenibilità:

I 17 Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile (SDGs, Sustainable Development Goals), stabiliti dalle Nazioni Unite, mirano a consolidare e dare seguito ai risultati degli Obiettivi di Sviluppo del Millennio (MDGs – Millennium Development Goals) che li hanno preceduti. Uno di questi obiettivi è proprio promuovere uno sviluppo che sia sostenibile, invertendo la rotta dall'attuale perdita di risorse ambientali e di biodiversità (United Nation, 2015).

Parlando in particolare di viticoltura, ci troviamo di fronte ad uno scenario sconcertante, in quanto questa utilizza circa il 65% di tutti i fungicidi impiegati in agricoltura, pari a circa 68mila tonnellate/anno, nonostante essa rappresenti solo il 3% della superficie europea a uso agricolo. Per questo motivo, uno degli obiettivi posti dalla Commissione Europea riguarda il tentativo di dimezzare l'uso di presidi sanitari entro il 2025 (quaderni VCR, 19).

Per fare chiarezza sul significato di “sviluppo sostenibile” la commissione Brundtland, commissione mondiale per l'ambiente e lo sviluppo indetta dalle Nazioni Unite nel 1987, ne ha fornito una definizione, intendendolo come lo “sviluppo in grado di assicurare il soddisfacimento dei bisogni della generazione presente senza compromettere le possibilità delle generazioni future”. Per approfondire il concetto di sviluppo sostenibile, possiamo dire che questo vede necessaria l'integrazione di tre dimensioni: ambientale, sociale ed economica. Ciò significa che lo sviluppo risulta sostenibile solo se la crescita economica ed in generale il benessere vengono perseguiti proteggendo le risorse ambientali e promuovendo l'uguaglianza sociale.

Questo concetto è molto importante perché anche a causa dello sfruttamento delle risorse ambientali, del danneggiamento degli ecosistemi e dell'inquinamento dilagante ci troviamo oggi di fronte ad una crisi climatica senza precedenti. Se da una parte l'aumento delle temperature sta permettendo di praticare agricoltura in aree del mondo dove fino a pochi anni fa il clima era proibitivo, in altre zone ci sarà un graduale passaggio da clima continentale a clima tropicale, con aumenti di 1,5-2,5°C delle temperature medie. I gravi fenomeni di carenza idrica verificatisi in gran parte delle zone a clima continentale nell'estate 2022 ne è la prova. Fenomeni di stress idrico prolungato, alte temperature e incremento della radiazione luminosa in estate, seguiti da periodi caratterizzati da forti precipitazioni hanno un effetto molto marcato sulla fisiologia della vita, comportando sfasamento delle fasi fenologiche, effetti ossidativi sull'attività fotosintetica, squilibri nella sintesi di composti secondari e

maggiore virulenza/aggressività degli organismi patogeni, poiché sia l'aumento delle temperature che l'allungamento del ciclo vegetativo delle piante ne favoriranno il ciclo biologico. Tutto questo pone gli agricoltori e i viticoltori in particolare davanti a nuove sfide, ed è importante che le risposte non vengano cercate esclusivamente nell'utilizzo della chimica come è avvenuto in passato, poiché verrebbe meno il perseguimento dello sviluppo sostenibile nella sua accezione sopra citata.

In questo scenario, una risposta concreta è rappresentata sicuramente dalla coltivazione delle varietà resistenti, che risultano modelli di sostenibilità in ciascuno dei tre ambiti che la costituiscono:

- Sostenibilità ambientale:

Pressione della malattia e sensibilità varietale sono i due fattori che determinano il numero di trattamenti necessari alla difesa da patogeni fungini, questi dipendono da numerosi fattori tra cui ambiente e condizioni climatiche. Sotto pressione media della malattia, in linea generale, è stato stimato un numero di trattamenti a stagione, per le varietà tradizionali, tra i 10 e i 12 (Rousseau, et al., 2013). Nella gestione biologica, in cui si permette soltanto l'utilizzo di preparati a base di rame e zolfo, il numero di trattamenti necessari al contenimento della malattia aumentano notevolmente; il che è, tra l'altro, in notevole contraddizione con il concetto comune di "biologico". Il rame è un metallo pesante che nel tempo può accumularsi nel suolo in alte concentrazioni, con un effetto tossico sugli organismi come lombrichi, alghe e batteri, nonché sul benessere dell'apparato radicale. Inoltre, può entrare nelle acque superficiali in seguito a fenomeni di erosione e danneggiare gli organismi acquatici. Il tasso annuale di applicazione del rame in Italia segue le linee comunitarie di regolamento definite dall'Unione Europea nel Reg CE 1981/2018 sull'uso del rame in agricoltura biologica. In base a questo, in agricoltura sia convenzionale che biologica, l'uso del rame non può eccedere i 4 kg/ha di rame metallo per anno, per un totale di 28 kg/ha in un periodo di sette anni. Ogni stato membro della UE ha la possibilità di aumentare l'utilizzo in uno o più anni ma mantenendo comunque obbligato il limite massimo cumulativo di 28 kg nei sette anni. Ancora più in contraddizione è il fatto che anche in agricoltura biodinamica sia permesso l'uso del rame. La certificazione Demeter permette l'utilizzo del rame, in caso di necessità, imponendo un dosaggio di 3 kg/ha/anno calcolati nella media di un arco di tempo di 5 anni e usando preferibilmente massimo 500 grammi per ogni trattamento. (Demeter, 2018).

Lo studio sopracitato (Rousseau, et al., 2013), condotto su 183 diverse varietà resistenti coltivate in sei diversi paesi europei, ha evidenziato come il numero di trattamenti fungicidi

sia stato ridotto del 73% e dell'82% in vigneti biologici rispettivamente con bassa e media pressione della malattia. Anche un'altra indagine che ha coinvolto 65 vigneti tedeschi a gestione biologica ha riportato come, per contenere le malattie sulle varietà Piwi, il numero di trattamenti necessari sia stato, in media, di 3,8 a stagione. (Becker, 2013)

Il minor impatto ambientale delle produzioni, grazie alla riduzione nell'utilizzo di fitosanitari, ha numerosi aspetti positivi; oltre alla riduzione dell'inquinamento anche la salute degli operatori agricoli viene tutelata, evitando continue esposizioni a sostanze dannose. Limitando l'ingresso in campo dei macchinari agricoli, si evita il compattamento del terreno che causa dilavamento, ristagno di umidità e carenza di ossigeno nel suolo, riducendo inoltre le emissioni. (Modina, 2020)

- Sostenibilità economica:

È evidente che tutti gli aspetti legati alla sostenibilità ambientale nella gestione delle varietà Piwi si riflettono in un risparmio economico. I costi di gestione della difesa da sostenere per le varietà tradizionali durante tutta la stagione rappresentano una parte importante dei costi totali; mentre un numero minore di trattamenti necessari fa sì che si riducano le spese per il costo del personale, l'acquisto di prodotti fitosanitari e di carburante per le macchine agricole

Sostenibilità sociale:

I vantaggi della coltivazione di Piwi in ambito sociale riguardano diversi aspetti. Innanzitutto, è da sottolineare il fatto che, essendo queste varietà molto più resistenti al freddo e a condizioni climatiche avverse, possono essere coltivati in luoghi remoti dove la viticoltura non sarebbe altrimenti possibile, creando così nuove possibilità occupazionali. La loro coltivazione è altresì consigliata in zone urbanizzate, migliorando così la convivenza tra viticoltori e abitanti, che a causa della deriva durante l'applicazione di fitosanitari sono solitamente avversi a eccessivi trattamenti nelle zone limitrofe alle abitazioni. (Accademia dei Georgofili)

1.3 Legislazione:

In Europa la politica riguardo all'utilizzo delle varietà PIWI ha subito una recente modificazione. Fino al 2021 infatti valeva il Reg. 1308 del 17/12/2013, che all'art. 93 ammetteva:

- Per le denominazioni di origine (DOC e DOCG), vino prodotto esclusivamente da varietà appartenenti a *Vitis vinifera*;

- Per l'indicazione geografica, vino ottenuto da varietà di viti appartenenti alla specie *Vitis vinifera* o da un incrocio tra la specie *Vitis vinifera* e altre specie del genere *Vitis*.

La scelta di escludere l'utilizzo di varietà ibride per la produzione di vini a denominazione di origine deriva dal fatto che i prodotti ottenuti dagli incroci di prima generazione come Clinton o Isabella presentavano notevoli deficit. L'accumulo di molecole come metilantranilato e furaneolo, responsabili dell'aroma foxy, compromette la qualità organolettica, ma a preoccupare era anche la presenza di elevate concentrazioni di metanolo, dannoso per la salute umana (la sua degradazione produce composti che deteriorano il nervo ottico e possono causare cecità). Il metanolo è sempre presente nel vino e in generale nei succhi di frutta ricchi in pectine, come risultato dell'attività pectin-metilesterasica, ma nei prodotti ottenuti da *vinifera* si riscontra in bassissime concentrazioni e la sua formazione può variare in funzione delle condizioni di fermentazione. Nel vino prodotto dalle varietà ibride si riscontra inoltre un accumulo di malvidina 3-5 di glucoside oltre il livello ammesso, pari a 15 mg/L; questa antocianidina non ha alcuna caratteristica negativa, ed è ricercata nelle analisi per distinguere i vini ottenuti da ibridi da quelli ottenuti da varietà pure di *vinifera*). Per quanto riguarda il metanolo invece l'OIV ha fissato i limiti di concentrazione a 250 mg/L per i vini bianchi e 400 mg/L per i vini rossi (19/2004), mentre la legge italiana del 20/02/2006 n.82 fissa i limiti a 0,20 ml/100 ml di alcool per i bianchi e 0,25ml/100 ml di alcool per i rossi. È importante sottolineare che gran parte delle varietà resistenti moderne permettono di produrre vini con contenuti in metanolo al di sotto dei limiti di legge, alcuni con contenuti del tutto equiparabili a quelli ottenuti da varietà di *vinifera*. Inoltre, il comportamento agronomico-produttivo e le qualità enologiche degli ibridi di recente costituzione si sta rivelando di ottimo livello (Carraro, et al., 2020) (Intrieri, 2019) (Testolin, 2016).

Probabilmente anche grazie a considerazioni di questo tipo, la legislazione sulla coltivazione e sull'utilizzo di varietà Piwi ha subito nel 2021 una svolta epocale, grazie al Regolamento UE 2021/2117, che va a modificare diversi Regolamenti precedenti riguardanti norme per l'organizzazione comune dei mercati dei prodotti agricoli (UE 1308/2013), i regimi di qualità dei prodotti agricoli e alimentari (UE n. 1151/2012), la definizione, la designazione, la presentazione, l'etichettatura e la protezione delle indicazioni geografiche dei prodotti vitivinicoli aromatizzati (UE n. 251/2014) e le misure specifiche nel settore dell'agricoltura a favore delle regioni ultraperiferiche dell'Unione (UE n. 228/2013). Al punto 28 di questo nuovo regolamento si legge che “per consentire ai produttori di utilizzare varietà di viti che si adattino meglio ai cambiamenti delle condizioni climatiche e che abbiano una maggiore

resistenza alle malattie, è opportuno prevedere disposizioni che permettano l'utilizzo di denominazioni d'origine per prodotti dalle varietà di viti appartenenti alla specie *Vitis vinifera* e da varietà di viti ottenute da un incrocio tra *Vitis vinifera* e altre specie del genere *Vitis*.”

L'articolo 93 è stato così modificato, introducendo la possibilità di indicare con denominazioni di origine anche i prodotti ottenuti da varietà di viti frutto di un incrocio tra la specie *Vitis vinifera* e altre specie del genere *Vitis*.

In questo modo le varietà PIWI vengono equiparate in maniera esplicita alle varietà tradizionali, ammettendone così le capacità e le potenzialità qualitative.

In Italia allo stato attuale, la viticoltura per la produzione di uva da vino è vincolata all'uso di varietà iscritte al Registro Nazionale e ammesse alla coltivazione nelle diverse unità amministrative o zone di produzione del territorio italiano (Dpr 24 dicembre 1969, n.1164 e successive modifiche). Nel 2009 sono state iscritte al Registro Nazionale le due prime varietà resistenti, Bronner e Regent, inizialmente ammesse alla coltivazione di uva da vino solo nella Provincia Autonoma di Bolzano. Attualmente sono iscritte 32 varietà, ammesse alla coltivazione in Lombardia, Veneto, Friuli-Venezia-Giulia, Trentino-Alto Adige, Abruzzo e Emilia-Romagna; nel 2015 sono state registrate anche le prime varietà selezionate in Italia grazie alla collaborazione tra l'università di Udine e i Vivai Cooperativi Rauscedo. Attualmente la superficie totale è di oltre 500 ha, ma è in espansione anche il settore vivaistico, che stima nel 2019 una crescita di oltre il 50% rispetto all'anno precedente. (Modina, 2020)

Nel resto d'Europa, la situazione cambia da paese a paese. Alcuni paesi sono molto più cauti; la Francia ad esempio non permette la produzione di vini Aop con uve di varietà resistenti, ed è contraria ai nomi che richiamano un parentale europeo. Paesi come Germania, Austria o Svizzera sono molto più permissivi: nel Registro Nazionale della Germania sono iscritte il numero maggiore di varietà resistenti, in Austria sono autorizzate più di 20. La Svizzera, non facendo parte dell'Unione Europea, si svincola completamente dalla legislazione comunitaria permettendo la produzione di vini di qualità da entrambi le uve, classiche e resistenti, mettendo solo l'obbligo di indicare in etichetta la varietà di derivazione e definendo parametri diversi per i vini in funzione della loro origine. (Carraro, et al., 2020)

1.4 La questione del nome:

L'attività dei breeder sul miglioramento genetico della vite si è svolta principalmente in Europa centrale, e per questo motivo le varietà di *Vitis vinifera* usate sono state principalmente quelle internazionali come Merlot, Cabernet, Pinot, Riesling e Tocai; in

periodi più recenti sono stati presi in considerazione ibridi di varietà autoctone italiane come Sangiovese o Primitivo (Accademia dei Georgofili).

Era chiara infatti l'importanza di avere un parentale apprezzato universalmente nella genealogia di questi ibridi, ma è importante ricordare che quello che viene definito come "backcross", o più semplicemente "re-incrocio", è in realtà uno pseudo "backcross". Questo per caratteristica genetica della vite, che soffrendo di depressione da inbreeding, perde di vigore e qualità se incrociato più volte con lo stesso corredo genetico, perché questo mette in rilievo i caratteri omozigoti recessivi. Il re-incrocio viene operato quindi utilizzando varietà diverse di vinifera, e questo rende molto complesso ed eterogeneo l'albero genealogico di questi ibridi, il cui pedigree contiene solo in ultima generazione il parentale "nobile" citato nel nome (Accademia dei Georgofili).

Nei paesi della Comunità Europea il parere sull'utilizzo del nome contenente il richiamo al parentale di elite è contrastante, e rispecchia spesso il livello di tradizione storica vitivinicola del paese specifico. In Francia ad esempio, paese in cui la cultura vitivinicola è profondamente radicata, la linea attuata è quella protezionistica, a salvaguardia delle varietà tradizionali che potrebbero subire una svalutazione. La preoccupazione è che il consumatore possa confondersi nella scelta trovandosi davanti a prodotti diversi ottenuti da varietà col nome molto simile. A detta degli stessi costitutori infatti, la scelta di un nome che richiamasse una varietà già conosciuta e apprezzata venne operata per motivi commerciali, ai fini di una più facile diffusione (Intrieri, 2019). Nel catalogo ufficiale del Ministero francese sono presenti solo due degli ibridi costituiti a Friburgo (Cabernet Cortis e Cabernet Blanc) e uno tra quelli costituiti dall'Università di Udine, peraltro registrato con nome di fantasia (Soreli B.).

In Italia invece, i primi ibridi con nome contenente il richiamo al parentale europeo sono stati iscritti nel Registro Nazionale nel 2013. Questo però avvenne d'ufficio, perché l'organo preposto al controllo delle richieste di iscrizione era stato sciolto l'anno precedente. Quando però nel 2014 l'Università di Udine chiese l'iscrizione di dieci nuove varietà ibride, sette contenevano nel nome una varietà internazionale, aggettivata da un attributo qualitativo (Petit, Royal, Early e Dorè). La decisione venne affidata ad una commissione scientifica, mancando ancora un Comitato Nazionale. I costitutori presentarono poi i dieci nuovi ibridi all'agenzia europea per i brevetti vegetali (Cpvo: Community plant variety office). Il giudizio della commissione fu positivo sulle caratteristiche e sulle potenzialità enologiche ma non sulla scelta del nome, in quanto all'interno della comunità scientifica "l'aggettivazione integrativa al nome di una cultivar già nota ed omologata può essere accettata solo nel caso di un mutante della medesima cultivar, da essa non distinguibile geneticamente, ma distinguibile

fenotipicamente per un importante carattere (es. Pinot Meunier, Malvasia rosa, Pinot bianco, ecc.)”. Anche il Cpvv si esprime negativamente, ma in questo caso il problema riguardava l’aggettivazione del nome, perché le norme per i brevetti vietano espressamente l’utilizzo di attributi indicanti requisiti particolari. I costitutori cambiarono quindi nome agli ibridi, eliminando l’aggettivo e utilizzando una parola di fantasia accanto però al nome della varietà internazionale. Con questa modifica il Cpvv concesse il brevetto, e nel 2015, ignorando il parere negativo della Commissione, i dieci ibridi vennero iscritti al Registro Nazionale, specificando soltanto che il loro utilizzo era destinato alla produzione di vini non iscritti a Doc o Docg.

In Paesi senza una particolare tradizione vitivinicola e con una storia enologica più recente come Austria, Svizzera o Ungheria, l’utilizzo di questi ibridi risulta molto vantaggioso e infatti la loro diffusione va crescendo.

La possibilità di rendere le produzioni più sostenibili grazie alla riduzione dell’uso di fitofarmaci ha fatto sì che in tutte le aree vitate del nostro Paese l’interesse verso le varietà resistenti sia in crescita. Attualmente sono attivi diversi programmi di breeding, grazie alla ricerca di numerosi Enti e Istituzioni, come la Fondazione Mach di San Michele all’Adige e l’Università di Udine, i Centri di Ricerca del Crea per la Viticoltura e l’Enologia di Conegliano e di Arezzo, il Centro Ricerche Produzioni Vegetali dell’Emilia-Romagna ed alcune organizzazioni vivaistiche. Le varietà tradizionali vengono ibridate con varietà ibride di ultima generazione, e la scelta del nome giocherà un ruolo fondamentale. Se la valutazione degli Organi ministeriali sarà positivo, verranno iscritti al registro nuovi ibridi, identificati o da nomi di fantasia come in Francia, o dal nome del parentale autoctono affiancato a una parola di fantasia (“Sangiovese XX”, “Montepulciano XY”, “Glera YY”, ecc.). Questa seconda ipotesi faciliterebbe sicuramente la loro diffusione commerciale, al punto che altri Paesi UE dalla cultura viticola finora marginale, potrebbero iniziare la coltivazione di varietà ibride con nomi aggettivati di parentali autoctoni italiani. Un nome del genere, richiama sicuramente i valori storici e qualitativi della produzione enologica italiana, e la preoccupazione è che una volta diffusi in paesi come Austria, Danimarca o Svezia venga meno il legame fondamentale di queste varietà al proprio territorio, che sia il Sangiovese in Toscana, o il Nebbiolo in Piemonte.

La registrazione verrà approvata dal “Gruppo di lavoro permanente per la protezione delle piante”, ricostituito dal Ministero nel 2016 in sostituzione del precedente Comitato.

È anche vero che gli ibridi costituiti dall'Università di Udine e registrati con nomi di fantasia come Fleurtaï, Soreli e Julius hanno avuto una diffusione notevole al pari di quelle con richiamo al parentale tradizionale, grazie al loro effettivo valore agronomico ed enologico. (Intrieri, 2019)

1.5 Genetica

1.5.1 Obiettivi del miglioramento genetico

Il miglioramento genetico della vite presenta due facce: una riguarda l'uva da tavola e l'altra l'uva da vino. Nel primo caso, il miglioramento genetico basato su incrocio e selezione è stato intenso e ha permesso un arricchimento notevole del panorama varietale. Nel secondo caso invece, i programmi hanno prodotto poche novità interessanti, con un posto marginale nel panorama complessivo della viticoltura da vino. La difficoltà di queste nuove varietà frutto di incrocio di trovare un posto accanto alle varietà tradizionali è dovuta fundamentalmente all'idea che la qualità di una varietà sia legata in modo saldo all'ambiente di coltivazione, o più in particolare, al concetto di terroir. D'altronde la correlazione fra vitigno e ambiente era già nota agli antichi, come dimostra ad esempio lo scritto di Plinio, che nella sua *Naturalis Historia* [*Naturalis Historia* III, 2-26] riporta che “alcune viti hanno un tale amore per il loro terreno che lasciano a esso tutta la loro fama e non possono essere trasferite in alcun luogo senza che la loro qualità venga intaccata”. Seguendo questa idea si è arrivati nel tempo a una viticoltura che ha selezionato vini e territori di grande eccellenza; il fatto di aver rinviato il rinnovo delle varietà ha però ingessato il comparto, rendendolo insostenibile dal punto di vista ambientale. Come già citato in precedenza è oggi in atto un notevole sforzo per ridurre l'uso di pesticidi in agricoltura, e in questo contesto una delle strade da percorrere è sicuramente la creazione di nuove varietà resistenti/tolleranti alle malattie. (Di Gasper, et al., 2013)

I processi di miglioramento genetico della vite, inteso in senso lato, cominciano con la nascita dell'agricoltura 10mila anni fa, quando gli agricoltori cominciano a notare e selezionare le piante fenotipicamente interessanti all'interno di campi selvatici, e cominciano a coltivarle consapevolmente.

Ovviamente nel corso di migliaia di anni la pressione selettiva imposta dall'uomo è talmente forte che arriva un momento in cui è necessario introdurre nuova variabilità all'interno del corredo genetico vegetale. Negli anni '50 questo viene fatto sfruttando la mutagenesi chimico-fisica, cioè utilizzando molecole chimiche e procedimenti fisici per indurre mutazioni nel DNA. Il concetto di ibrido è stato introdotto all'incirca negli anni '60: incrociando due

parentali, geneticamente linee pure, si ottiene un ibrido con un comportamento agronomico migliore di entrambi i genitori. Dagli anni '80 poi si può attingere a gene pool lontani, grazie all'uso delle biotecnologie che permettono di estrarre e gestire questi geni inserendoli poi nel corredo genomico vegetale. Operando in questo modo non si può parlare di incrocio, perché si lavora con specie che non sono assolutamente interfertili; le piante risultanti diventano transgeniche o geneticamente modificate.

Dagli anni 2000 si ha la possibilità di sequenziare i genomi, e questo ha rappresentato una vera rivoluzione: da quel momento in poi la genetica ha cominciato a gestire la variabilità genica naturale o indotta con mutageni con una capacità di risoluzione senza precedenti.

Negli anni, grazie all'evoluzione nel campo delle biotecnologie, sono stati messi a punto sistemi in grado di lavorare all'interno dei genomi andando a modificarne sequenze specifiche. In questo modo si può modificare il funzionamento di un gene in modo assolutamente preciso e mirato. Un esempio è il sistema CRISPR/Cas9, che utilizza la proteina Cas9 come “forbice molecolare” in grado di modificare il genoma di una cellula, vegetale o animale, “tagliando” il DNA bersaglio.

Negli ultimi dieci anni il miglioramento genetico della vite sta diventando estremamente evoluto, soprattutto grazie al sequenziamento del suo genoma, ottenuto per la prima volta nel 2007. Il lavoro è stato compiuto dal consorzio franco-italiano su un clone di Pinot nero PN40024 quasi completamente omozigote, frutto di miglioramento genetico. Sequenziando con tecnica WGS ad alta densità 12x è stato possibile discriminare i loci eterozigoti del genoma.

La lista dei genomi sequenziati o in corso di sequenziamento supera ormai il centinaio. Di questi, 73 sono piccoli genomi microbici, ma la lista include anche specie importanti di animali e piante, con genomi più grandi e complessi. La vite ha un genoma di circa 475 milioni di paia di basi (Mbp), tre volte maggiore di quello di Arabidopsis (125 Mbp), la prima pianta a essere stata sequenziata e più di sei volte inferiore a quello umano (circa 3000 Mbp). L'interesse per il sequenziamento della vite è legato alla ridotta dimensione del genoma e alle molte caratteristiche biologiche che la rendono una pianta modello di grande valore scientifico. Oltre a questo, è una specie economicamente importante, muovendo un giro di affari stimato di oltre cento miliardi di euro/anno. Tutto ciò giustifica l'impegno nel progetto di sequenziamento iniziato nel 2002 con alcune attività preparatorie, come la creazione di mappe genetiche e in seguito di mappe fisiche, oltre al sequenziamento parziale di un certo numero di sequenze espresse (EST), che ha visto coinvolti istituti di ricerca di vari Paesi

(Testolin, 2005). Il 26 luglio 2005 l'accordo italo-francese ha dato avvio al progetto di sequenziamento vero e proprio costituendo il French-Italian Consortium for the Characterization of the Grapevine Genome. La ricerca era gestita dal Consiglio per la Ricerca e Sperimentazione in Agricoltura (CRA) e l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). All'iniziativa si è aggiunto, come terzo partner, l'Istituto di Genomica Applicata (IGA) del parco tecnologico Luigi Danieli di Udine. Il piano di ricerca è partito nel gennaio del 2006 e il progetto si è sviluppato in un arco temporale di tre anni, portando al sequenziamento di una linea di "Pinot noir" autofecondata per 9 generazioni e quindi praticamente omozigote mediante la tecnica Whole Genome Shotgun (WGS) applicata a tre diverse librerie genomiche con inserti di lunghezza variabile da 2 a 40 kb, per una copertura di circa 8-10 genomi equivalenti. Il senso di sequenziare lo stesso genoma più volte è dato dal fatto che, per ragioni probabilistiche, per ottenere la sequenza intera di un genoma, soprattutto se il sequenziamento è basato su un approccio WGS cioè sul sequenziamento casuale di frammenti di piccole dimensioni e sull'assemblaggio di questi, è necessario sequenziare un numero di basi pari a 8-12 volte l'intero genoma, per avere una ragionevole probabilità di non tralasciarne qualche pezzo. Il sistema WGS permette di sequenziare soltanto circa 800 nucleotidi per volta, rendendo necessario frammentare il DNA cellulare in pezzi corti, che vengono clonati più volte. La clonazione dei frammenti è necessaria per avere una probabilità superiore al 90% di determinare almeno una volta la natura di ogni nucleotide che compone il DNA, essendo il processo di clonazione casuale. Secondo quanto stimato dal Consorzio italo-francese, 12 è il numero di genomi equivalenti necessari al sequenziamento completo del genoma di vite, quindi occorre sequenziare circa 7,5 milioni di frammenti casuali, corrispondenti a circa 6 miliardi di nucleotidi.

La ricostruzione della sequenza, o assemblaggio, è stata guidata da alcune mappe genetiche e da una mappa fisica, create dal gruppo dell'Università di Udine. Sfruttando programmi bioinformatici, le porzioni di sequenza comune vengono riconosciute all'interno dei numerosi frammenti sequenziati; individuare le sovrapposizioni consente di ricostruire l'intera sequenza. A questo segue l'annotazione delle sequenze, cioè l'individuazione della loro probabile funzione.

L'alto tasso di eterosi, e quindi di variabilità genetica, presente nel genoma di vite rende complesso il suo sequenziamento, e per ovviare alla difficoltà nell'assemblaggio sequenziale dei frammenti il Consorzio ha scelto di lavorare su un Pinot noir con un anormale tasso di omozigosi, ottenuto grazie a cicli di autofecondazione.

Nel genoma di vite sono stati riconosciuti circa 30mila geni, contro i 23mila ritrovati nel genoma umano. Questo sottolinea che non è tanto il numero di geni, quanto il loro sistema di regolazione a definire la complessità di un organismo (Pé, 2008).

1.5.2 L'incrocio: un metodo per ottenere variabilità genetica

L'attività di selezione su vite in senso lato ha inizio già nel Neolitico ed era rappresentata dal reperimento e utilizzo dei frutti da parte delle popolazioni caucasiche, terra dove ha origine la vite. Con il processo di domesticazione sono stati selezionati caratteri ritenuti maggiormente favorevoli, che ad oggi si presentano come i caratteri standard della vite coltivata. Uno dei caratteri più importanti che è stato selezionato è il fiore ermafrodita, in modo da garantire la fecondazione e quindi la produzione. Così, la vite è passata da riprodursi per fecondazione incrociata (allogamia), a riprodursi per autogamia, o autofecondazione. In questo modo, l'alto tasso di eterozigosi che era presente nel genoma della vite selvatica grazie alle continue ricombinazioni è stato "congelato" dai successivi programmi di breeding.

L'autogamia produce linee pure, cioè piante che dal punto di vista genetico non segregano più per nessun carattere. Gli individui che compongono una popolazione autogama sono omozigoti e danno discendenze per lo più omogenee. Ciò è dovuto al fatto che i genotipi AA e aa rimangono omozigoti dopo l'autofecondazione. Inoltre, i rari genotipi eterozigoti (Aa), frutto di incroci casuali o mutazioni spontanee, segregano nella seconda generazione (F2) producendo prole omozigote e eterozigote in proporzioni uguali, dimezzando ad ogni generazione la quota di eterozigosi effettivamente disponibile nella popolazione. Le linee pure tollerano l'inbreeding, cioè l'unione di individui imparentati. Questo fenomeno è sfavorevole perché la ricombinazione di materiale genetico uniforme implica la messa in evidenza della componente omozigote recessiva, che invece non dovrebbe manifestarsi perché fenotipicamente svantaggiosa. In un programma di breeding artificiale gli individui che portano gli alleli recessivi vengono contro selezionati, così da ottenere linee pure, che non segregano più perché omozigoti. Queste linee pure possono essere vendute ai produttori di sementi e barbatelle o usate come parentali nei programmi di ibridazione.

La vite però, pur essendo autogama, soffre di depressione da inbreeding: man a mano che viene auto incrociata il fenotipo perde di vigore e di caratteristiche qualitative. In eterozigosi invece mantiene una sorta di vigore ibrido. L'incrocio, sia spontaneo che artificiale, produce quindi variabilità ricombinando i caratteri. Una volta individuato l'ibrido di partenza, che possiede i caratteri fenotipici desiderati, viene poi mantenuto tal quale grazie alla propagazione vegetativa. La propagazione vegetativa è un sistema genetico che non prevede ricombinazione di caratteri. In questo caso, anche se non viene rilasciata variabilità genetica

nei nuovi individui, questa è presente in stato potenziale nel genoma, e può esprimersi in seguito a incroci successivi per originare nuove combinazioni di alleli.

L'incrocio nei programmi di breeding:

Per la creazione di varietà ibride resistenti i programmi di miglioramento genetico puntano all'introggressione di geni di resistenza provenienti da varietà diverse da vinifera massimizzando però nel nuovo ibrido la percentuale di genoma proveniente dal genitore di "élite". Come già riportato la vite soffre di depressione da inbreeding; questo viene risolto con la pratica dello "pseudo back-cross", cioè un re incrocio in cui l'ibrido interspecifico viene incrociato più volte con varietà di Vitis vinifera diverse dal parentale dell'incrocio originario. Ciò si traduce nel fatto che un "Cabernet cortis", pur portando nel nome un forte richiamo al parentale "Cabernet" possieda nel genoma molte accessioni diverse, di cui il Cabernet rappresenta l'ultimo incrocio o quello qualitativamente migliore.

1.5.3 Procedura per l'incrocio

In viticoltura è possibile ottenere una nuova progenie attraverso un incrocio controllato, sfruttando la riproduzione sessuata di due vitigni genitori, opportunamente scelti. Gli obiettivi dell'incrocio possono essere diversi, ma in ogni caso questo rappresenta un modo per esprimere nuova variabilità creando nuove combinazioni di alleli durante il rimescolamento di caratteri dei due genitori eterozigoti.

Nella pratica l'incrocio viene effettuato grazie alla tecnica dell'impollinazione artificiale, procedura che si svolge in diverse fasi:

- i) Selezione dei grappoli fiorali da impiegare come impollinatori e da impollinare artificialmente per ottenere i semi fecondati.
- ii) Lo scopo è ottenere semi che siano solo frutto dell'incrocio determinato, per questo motivo è importante eliminare i fiori già aperti, così da evitare impollinazioni incontrollate dall'esterno.
- iii) Emasculazione dei fiori: poiché la vite è ermafrodita e la sua impollinazione è autogama occorre rimuovere la caliptra e gli stami dalla pianta scelta come madre "porta-seme", prima che l'ovario sia ricettivo.
- iv) Le infiorescenze vengono coperte con sacchetti per evitare impollinazioni casuali non controllate
- v) Il grappolo florale della pianta scelta come padre viene staccato e portato in ambiente caldo e luminoso così da favorire l'apertura delle antere e poterne raccogliere il polline

- vi) Il momento migliore per l'impollinazione del fiore femminile è quando appare la secrezione stigmatica sullo stigma dei pistilli. Solitamente il polline viene raccolto in una provetta e spennellato sui pistilli.
- vii) Una volta avvenuta la fecondazione si procede coprendo nuovamente il grappolo florale per evitare contaminazioni dall'esterno. In seguito all'allegagione si adottano tutte le possibili tecniche idonee a proteggere il grappolo da agenti esterni come patogeni e fattori ambientali.
- viii) Il grappolo fecondato dovrà rimanere in pianta fino a uno stadio avanzato di maturazione affinché i semi siano sufficientemente maturi per germinare (maturità fisiologica).
- ix) I vinaccioli vengono rimossi dagli acini e conservati in cella frigo. Per poter germinare i semi hanno bisogno di passare un periodo di freddo che provochi l'interruzione della dormienza. A tal scopo vengono mantenuti immersi in una soluzione di acqua e fungicida a 5°C, per 90 giorni. È anche possibile accorciare le tempistiche utilizzando una miscela di acqua e gibberelline, che inducono l'interruzione della dormienza.

Una volta ottenuti i semi di queste nuove varietà frutto di incrocio, questi subiscono i processi tipici della selezione clonale.

1.5.4 Selezione clonale

Una volta individuati cloni interessanti, ottenuti sia per mutazioni naturali che ibridazioni artificiali, vengono esaminate le loro caratteristiche fenotipiche, lo stato fitosanitario e le caratteristiche organolettiche con microvinificazioni. Una volta iniziata la propagazione degli individui migliori, continua l'analisi fenotipica, sanitaria e organolettiche per più step, finché si arriva ad ottenere una varietà valida che può essere registrata. A questo punto è necessario procedere ad una propagazione su larga scala, in cui vengono eliminati artificialmente gli off-type con caratteristiche indesiderate.

Una selezione clonale svolta nel modo classico richiede molti anni per arrivare ad avere una nuova varietà e, una volta registrata, serve una notevole quantità di tempo per propagarla e arrivare ad avere una quantità adatta per poter uscire sul mercato. Questo perché è possibile valutare la fruttificazione solo dopo tre anni dalla semina, e occorre procedere alla valutazione di micro-vinificazioni per due anni.

1.5.5 Selezione clonale assistita da marcatori molecolari

La difficoltà nella gestione dei programmi di miglioramento genetico su vite risiede nel fatto che molti caratteri non sono controllati unicamente da un gene, ma si trovano sotto gestione poligenica e la loro espressione è fortemente dipendente dalle caratteristiche ambientali.

Negli anni '90 per ovviare al problema, vengono messe a punto tecniche basate sui marcatori molecolari, cioè marcatori genetici identificabili usando strumenti molecolari che si focalizzano direttamente sulla sequenza di DNA piuttosto che sul prodotto del gene o sul fenotipo ad esso associato. I marcatori molecolari sono quindi originati da un frammento di DNA riconducibile a un locus (cioè a una posizione nel genoma), rilevabile con sonde o PCR, e contraddistinguono in maniera inequivocabile un tratto cromosomico e le regioni che lo circondano; quindi conoscendo quel locus ed evidenziandolo è possibile caratterizzarlo rispetto a tutto il resto del genoma. Il grande vantaggio è che i marcatori molecolari si trovano in ogni parte del genoma, sia in regione trascritte che non, e al contrario dei marcatori fenotipici non subiscono né interferenza ambientale né data dall'interazione dei geni stessi. Grazie a questo metodo innovativo quindi, è possibile mettere in evidenza all'interno della sequenza di nucleotidi presente nel DNA del genoma di ogni individuo, una variabilità polimorfica anche se questa non è visibile a livello fenotipico.

I primi studi di mappaggio genetico utilizzando marcatori molecolari sono stati descritti da Weeden, et al., (1994) a cui seguì la prima mappa genetica completa. Una caratterizzazione più efficace della vite a livello genotipico è stata permessa grazie all'introduzione di tecniche di analisi dei microsatelliti del DNA utilizzando i marcatori SSR (simple sequence repeated). Grazie all'analisi dei microsatelliti sono stati possibili studi di genotyping molto efficaci che hanno permesso di identificare parentele tra moltissime cultivar, e risolvere i casi di omonimia. Le molte mappe genetiche che sono state fino ad ora sviluppate utilizzando l'analisi degli SSR hanno permesso il mappaggio dei QTL (Quantitative Trait Loci) e quindi la possibilità di combinare informazioni genotipiche e fenotipiche all'interno della stessa mappa genetica.

L'utilizzo di marcatori molecolari e la disponibilità di mappe genetiche complete permettono l'utilizzo della MAS, cioè di una selezione assistita da marcatori molecolari, procedura che trova il suo massimo compimento nella possibilità di piramidare i loci di resistenza durante il processo di breeding. Una volta che sono disponibili marcatori molecolari co-segreganti associati strettamente ai loci del carattere di interesse, l'utilizzo della MAS permette di ridurre notevolmente i tempi di selezione; questo perché la MAS, utilizzando marcatori associati a

QTL, può sostituire la fenotipizzazione e inoltre può essere effettuata precocemente nello stadio di sviluppo della pianta

Piramidizzazione:

la difficoltà nella creazione di un genotipo resistente risiede nel fatto che i vari patogeni riescono più o meno facilmente a mutare ed eludere i meccanismi molecolari con cui la pianta contrasta l'attacco, se la resistenza si trova come carattere sotto controllo monogenico. Un altro aspetto da considerare è che la stessa specie di patogeno è caratterizzata da un grande numero di ceppi diversi, con diverso grado di virulenza e spesso diversi meccanismi di attacco. (Gomez-Zeledon, et al., 2013)

Per superare questo problema è importante promuovere la piramidizzazione genetica attraverso l'introgresione nello stesso genoma di i geni diversi legati ai meccanismi di resistenza, e questo è ovviamente reso possibile in tempi adeguati soltanto utilizzando una selezione assistita da marcatori.

1.5.6 Geni codificanti per caratteri di resistenza

I geni Rpv3 e Rpv4, localizzati sui cromosomi 18 e 4 nella cultivar Regent, sono due dei QTL maggiori per la resistenza a peronospora (Fischer, et al., 2003) (Welter, et al., 2007).

Sul cromosoma 12 di *Muscadinia rotundifolia* è stato identificato Run1, gene legato alla resistenza all'oidio. In stretta associazione a Run1 è stato trovato Rpv1, locus di resistenza a peronospora (Bouquet, et al., 2000) (Pauquet, et al., 2001).

Ren2 è stato caratterizzato nel 2001 (Dalbó, et al., 2001) studiando l'incrocio Horizon x Illinois 547-1 (portatore della resistenza), mentre nel 2007 è stato individuato il locus Ren3, ancora una volta su Regent. Ren1, altro locus di resistenza per l'oidio, è stato caratterizzato e identificato sul cromosoma 13 della cultivar Kishmish vatkana e della cultivar Dzhandzhal kara. (Hoffman, et al., 2008) (Coleman, et al., 2009).

Rpv2 è stato identificato nel genoma di *Muscadinia rotundifolia* e ritrovato nell'incrocio con Cabernet sauvignon x 8624, fornito dal parentale non vinifera (Wiedemann-Merdinoglu, et al., 2013).

Incrociando Chardonnay x Bianca è stato possibile caratterizzare Rpv3 e Rpv7, legati alla resistenza a peronospora. Bianca è a sua volta una varietà ibrida ottenuta nel 1960 incrociando

V. vinifera x Villard Blanc. Villard Blanc, o Seyve Blanc 12-375, è in grado di trasmettere alla progenie notevole resistenza a peronospora (Bellin, et al., 2009).

Nel 2011 dall'incrocio Ruprecht (V. amurensis) x V. amurensis è stato localizzato Rpv8; da Moscato bianco x V. riparia, Rpv9 e Rpv13 (Blasi, et al., 2011) (Moreira, et al., 2011). Successivamente è stato individuato Rpv10 grazie all'incrocio fra Gf.Ga-52-42 x Solaris (Schwander, et al., 2012).

Nel 2013 è stato invece caratterizzato Rpv12 nel cromosoma 14 della vite asiatica V. amurensis (Venuti, et al., 2013).

Grazie all'utilizzo di marcatori molecolari associati a questi loci di resistenza scoperti, è possibile operare il miglioramento genetico attraverso l'uso della MAS. Oltre alla riduzione drastica delle tempistiche che si ottiene percorrendo questa via, è opportuno sottolineare che altri grandi vantaggi risiedono nella praticabilità di questa tecnica, che risulta sostenibile anche dal punto di vista economico. Il lavoro di Molnár, et al. (2007) ha analizzato tre marcatori correlati a Run1 in una popolazione derivante da incrocio [(M. rotundifolia x V. vinifera) x BC4] x V. vinifera, utilizzando un semplice metodo di rilevamento del marker e corse elettroforetiche su gel di agarosio per il conteggio degli alleli. Questo ha evidenziato come sia possibile operare la MAS in modo semplice senza utilizzare un equipaggiamento particolarmente costoso, e attuabile da personale non specializzato.

Nel caso si ricerchi la piramidizzazione, e quindi l'introduzione di diversi geni codificanti per caratteri di resistenza, l'utilizzo della MAS risulta fondamentale. Lo studio di Eibach, et al. (2007) ne è un chiaro esempio. Questo lavoro ha permesso di selezionare genotipi in cui sono presenti sia le resistenze fornite da Regent (Ren3, Rpv3) sia quelle fornite da VRH3082-1-42 (Run1, Rpv1). Nel caso della peronospora le resistenze si sono dimostrate additive, cioè nelle piante il cui genotipo porta tutti i geni di resistenza non sono comparsi sintomi in seguito ai test d'infezione. Anche nel caso dell'oidio la resistenza risulta completa anche nel caso di forte pressione del patogeno.

In questo lavoro lo screening molecolare ha affiancato efficacemente la selezione fenotipica operata nelle prime fasi. Inizialmente è stata valutata la resistenza alla peronospora nelle plantule attraverso inoculo artificiale. La popolazione selezionata è stata poi valutata per la resistenza all'oidio. Una volta ridotta la popolazione di circa un sesto attraverso la selezione fenotipica convenzionale è stata utilizzata la MAS per individuare la presenza contemporanea dei quattro loci di resistenza, ciò ha permesso un'ulteriore riduzione della popolazione di circa un quinto.

1.5.7 Meccanismi di resistenza

Fino ad ora questi ibridi sono stati definiti come “resistenti”, anche se il termine che meglio si adatta alla loro reale condizione è quello di “tolleranti”. La differenza risiede nel fatto che, al contrario di una varietà sensibile che risulta completamente incapace di resistere alla pressione del patogeno subendone i danni, una varietà tollerante sopporta la crescita del patogeno, riuscendo a sua volta a crescere limitando l’insorgere di sintomi, che comunque risultano presenti ma non limitanti. Una varietà resistente invece è ancora colonizzabile dal patogeno ma riesce anche a contrastarlo efficacemente con opportuni meccanismi di difesa. Non è il caso delle cultivar Piwi.

Il meccanismo di difesa nelle piante è regolato da una sorta di sistema immunitario che si basa sul riconoscimento del patogeno. La resistenza genetica è possibile grazie alla messa in atto di sistemi di difesa passivi e attivi. Mentre i primi risultano essere più generici e si esplicano nella formazione di barriere strutturali che impediscono meccanicamente lo sviluppo e il nutrimento del patogeno e produzione di metaboliti con attività antimicrobica generica come saponine, glucosidi e fenoli, i meccanismi di difesa attivi derivano dal riconoscimento del patogeno. In seguito al riconoscimento la pianta mette in atto una risposta più specifica attraverso ancora meccanismi strutturali (deposizione di callosio nei plasmodesmi e inspessimento della parete cellulare grazie alla iperproduzione di lignina) e chimici (produzione di fitoalessine e specie reattive all’ossigeno).

I geni di resistenza sono sostanzialmente coinvolti nel determinare l’incompatibilità fra pianta ospite e patogeno, agente eziologico associato alla malattia. Nel processo di riconoscimento ospite-patogeno viene solitamente attuata una risposta ipersensibile generica. Se il carattere di resistenza si trova codificato da uno o pochi geni, si definisce “resistenza verticale”. Questo permette alla pianta di resistere all’attacco di un solo ceppo di patogeno; al contrario le resistenze sotto controllo poligenico permettono diversi livelli di resistenza. La possibilità di poter attingere a un repertorio genico molto più ampio permette alla pianta di poter resistere all’attacco di diversi ceppi virulenti del patogeno e di rispondere più rapidamente ad un suo eventuale adattamento.

Nel momento in cui il patogeno arriva all’interno della pianta viene riconosciuto da recettori specifici presenti sui tessuti a contatto col patogeno, permettendo un riconoscimento extracellulare dei PAMP (pathogen associated microbial pattern). Se questo riconoscimento avviene, nella pianta viene indotta la risposta di difesa, definita PTI (Pathogen triggered immunity). In particolare, in risposta al riconoscimento dei PAMP, si ha la produzione di

proteina associate alla difesa (proteine PR: chitinasi, glucanasi e proteasi che agiscono sulla composizione della parete cellulare del fungo), metaboliti secondari con attività antimicrobica (fitoalessine), specie reattive all'ossigeno e callosio che viene depositato negli spazi extracellulari. (Panstruga, et al., 2009) Se il patogeno è evoluto, è in grado di produrre effettori di virulenza, cioè molecole che interferiscono con il riconoscimento dei PAMP e quindi con l'induzione delle risposte di difesa. Questo meccanismo è definito come ETS (Effectors triggered susceptibility). La pianta, a sua volta, se non si trova in una condizione di totale suscettibilità, è ancora in grado di rispondere attraverso il riconoscimento degli effettori grazie a diversi meccanismi molecolari, mettendo in atto l'ETI (Effectors triggered immunity). La pianta può definirsi resistente se questo meccanismo non viene bypassato dalla produzione di effettori nuovi e diversi da parte del patogeno. (Jones, et al., 2006)

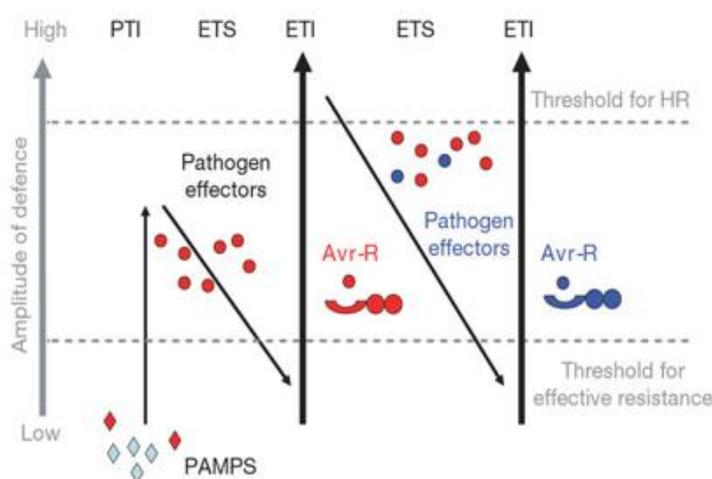


Figura 1-1 - fonte: Jonathan D.G Jones. & J. Dangl, 2006. *The plant immune system. Nature* 444, 323-329.

Durante la colonizzazione dell'ospite il patogeno può andare incontro a mutazioni nei geni responsabili della virulenza, sviluppando così nuovi effettori che riportano potenzialmente la pianta a una condizione di suscettibilità. La capacità della pianta di contrastare la presenza dei nuovi effettori e di rispondere mettendo in atto di nuovo un ETI determina il grado di suscettibilità della varietà. (Jones, et al., 2006) (fig.1)

La risposta al riconoscimento dell'effettore è più forte della PTI, si verifica un forte accumulo di specie reattive all'ossigeno e necrosi cellulare puntiforme intorno al punto di attacco del patogeno. Grazie all'attivazione di questa risposta ipersensibile si impedisce l'accesso del patogeno all'interno del mesofillo (Panstruga, et al., 2009).

Questa è la condizione che viene ricercata nei programmi di breeding per l'ottenimento di varietà resistenti.

1.5.8 Fonti di resistenza a Peronospora

Le varietà che presentano maggiormente il carattere di resistenza sono quelle americane come V. riparia, V. Labrusca, V. berlandieri, V. rupestris, V. cordifolia, V. aestivalis. Non esistono ad oggi varietà immuni ma solo varietà molto resistenti in cui il patogeno penetra nei tessuti ma si sviluppa e li colonizza in modo molto limitato grazie a un'efficiente risposta di difesa da parte della pianta.

Tutte le varietà di Vitis vinifera analizzate nello studio di Boso, et al. (2008) sono risultate molto suscettibili, a eccezione del Cabernet Sauvignon che evidenzia invece una parziale resistenza, mettendo in atto una risposta ipersensibile in seguito all'infezione.

1.5.9 Fonti di resistenza a Oidio

I caratteri di resistenza a oidio sono stati ricercati per anni nel genoma delle diverse varietà di Vitis vinifera, con scarsi risultati, e ad oggi sono classificate come sensibili. Quattro diversi livelli di tolleranza sono invece stati identificati nei generi Vitis, Muscadinia, Ampelopsis, Cissus e Parthenocissus. Nelle piante sensibili, la suscettibilità è data dall'incapacità della pianta di mettere in atto la risposta ipersensibile con morte cellulare programmata; in questo caso, si può osservare lo sviluppo dell'austorio dentro alle cellule dell'epidermide e lo sviluppo di ife secondarie. A. aconitifolia, V. riparia e V. rupestris hanno resistenza parziale, sfruttando la morte cellulare programmata per evitare l'espansione del fungo. Un livello ancora più alto di resistenza è stato trovato in M. rotundifolia, C. antartica e C. oblonga, dato dall'immediata risposta ipersensibile che viene messa in atto. C. rhombifolia, C. sterculiifolia, P. tricuspidato e P. henryana, non permettendo alle spore germinate di attraversare l'epidermide, sono considerate completamente resistenti alla penetrazione Feechan et al. (2011).

1.5.10 Biotecnologie: Cisgenesi, Transgenesi e Genome Editing

Attraverso l'impiego delle più recenti biotecnologie applicate alla viticoltura, è stata possibile la creazione di nuove varietà in cui il genoma è completamente rappresentato da quello del parentale di élite, al cui interno sono stati trasferiti solo alcuni geni responsabili del carattere di interesse. Ovviamente gli obiettivi del miglioramento genetico applicato al campo agrario possono essere diversi e riguardare aspetti relativi alla qualità o a determinati tratti agronomici, o ancora introduzione di caratteri di resistenza.

La prima distinzione necessaria è quella tra transgenesi e cis genesi. Nel primo caso il set di geni che viene inserito proviene da un gene pool molto lontano da quello della specie ricevente, e non c'è alcuna possibilità che l'interscambio avvenga in modo naturale, perché le due specie non sono assolutamente interfertili. Con la cis genesi invece il gene inserito proviene dallo stesso gene pool, si tratta semplicemente di ridurre i tempi di un breeding classico sfruttando la naturale resistenza della pianta. La cis genesi è molto specifica, in quanto non va incontro a fenomeni di genetic drag e permette di mantenere la cultivar di élite in cui solo uno o pochi geni sono aggiunti nel genoma. Questa possibilità è sicuramente molto più apprezzata a livello pubblico perché l'incrocio, a differenza delle piante transgeniche, potrebbe avvenire anche in natura, solo in tempi più lunghi e in modo meno specifico. Nonostante questo, le piante cis geniche sono considerate OGM, al pari delle transgeniche, perché ottenute tramite biotecnologie molecolari.

In entrambi i casi il trasferimento di geni viene fatto attraverso l'inserimento di un vettore, vivente (*Agrobacterium tumefaciens*) o no (Gene gun). *Agrobacterium tumefaciens* è un batterio patogeno in grado di produrre tumori, largamente usato nella biologia molecolare per la sua capacità di integrare il proprio genoma nel genoma della pianta ospite per proliferare al suo interno. Ingegnerizzando il plasmide circolare, cioè la parte portante i geni responsabili dell'integrazione con il Dna della pianta, è possibile sfruttare il naturale meccanismo di inserimento del batterio e la capacità totipotente della pianta per generare nuove piante portanti nel proprio genoma geni di nostro interesse. Allo stesso modo si può operare attraverso un sistema di bombardamento biolistico, definito "Gene Gun". Gli embrioni somatici trasformati vengono selezionati e una volta che hanno dato origine a piante transgeniche, queste vengono coltivate fino ad isolare il materiale vegetale che può confermare la transgenicità. Bisogna valutare che la trasformazione sia stabile ed ereditabile

Il principale vantaggio di questa tecnica consiste sicuramente nella grande precisione di trasferimento e la sua applicazione in viticoltura nel campo della ricerca di resistenza può avere diversi obiettivi:

- Resistenza a virus: introdotti con risultati positivi geni di resistenza a virus dell'arricciamento (GFLV) (Hemmer, et al., 2018).
- Resistenza a malattie fungine: *Vvpgip1*, gene responsabile della sintesi di una proteina inibitrice delle poligalatturonasi di *Botrytis cinerea*, è stato isolato in *Vitis* (*Vvpgip: Vitis vinifera polygalacturonase inhibiting protein*). L'introduzione di questo gene nel genoma di Chardonnay ha dato risultati incoraggianti, comportando una minor suscettibilità al patogeno in foglie infettate artificialmente (Aguero et al. 2005).

Un gene responsabile di resistenza a oidio e antracnosi è stato ritrovato in riso, che ha la capacità di produrre una chitinasi atta a disgregare le pareti fungine. Il risultato della transgenesi applicata al gene RCC2, trasferito in embrioni somatici di *Vitis* ha permesso un aumento della resistenza del vitigno alle due patologie fungine (Yamamoto et al. 2000).

Il gene *vvtl-1*, codificante per la produzione di una proteina da stress (thaumatin-like protein) è stato isolato in Chardonnay e trasferito in modo cisgenico nel genoma di Thompson seedless. Le piante così ottenute mostrano maggiore resistenza a sintomi di peronospora e black rot fogliari, nonché minor incidenza di marciumi su grappolo (Dhekney et al. 2011).

- Resistenza a batteriosi: sono stati sviluppati portainnesti resistenti a *Agrobacterium tumefaciens*, responsabile di tumori dell'apparato radicale.
- Resistenza a diserbanti: una delle prime applicazioni è stata rendere la vite resistente al diserbante 2,4D (diclorofenossiacetico), ampiamente usato su altre colture, molto volatile e dannoso per la vite, introducendo il gene *tfdA* codificante per un enzima in grado di degradare questa molecola a diclorofenolo. Il vitigno ottenuto (Chancellor) si è rivelato resistente a una concentrazione di diserbante 20 volte superiore di quella usata comunemente durante il diserbo.
- Resistenza al freddo: grazie all'introggressione di un gene codificante per una superossidodismutasi è stato creato un Cabernet Franc estremamente resistente al freddo (Rojas et al. 1996).
- Altri caratteri introdotti: apirenia, cambiamento nell'azione delle polifenol-ossidasi e conseguente riduzione dell'imbrunimento dei mosti. (Thomas, Scott. 2001).

1.6 Malattie fungine

1.6.1 Peronospora

1.6.1.1 ciclo biologico

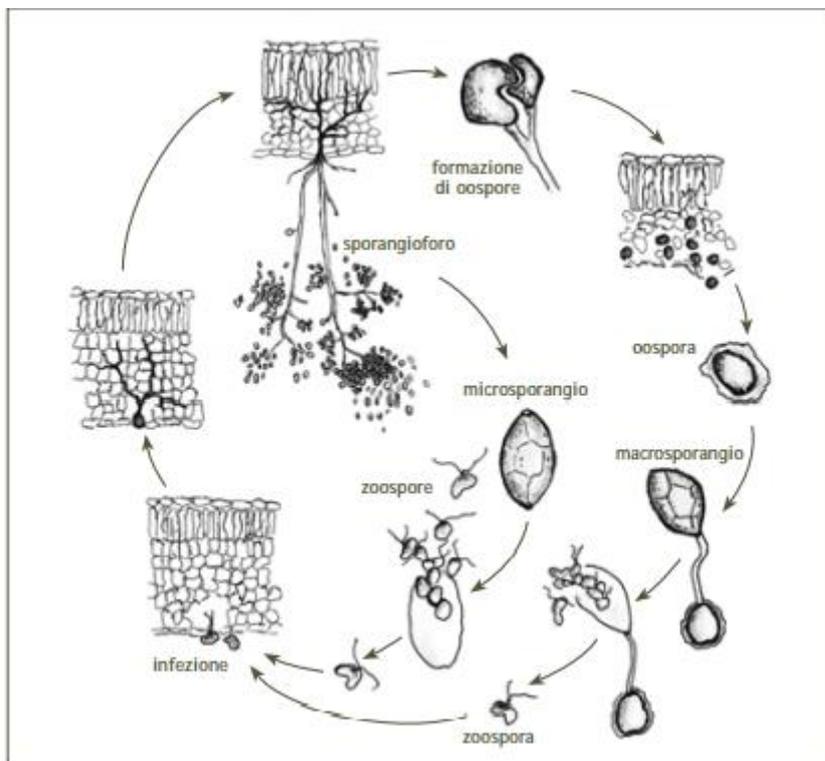


Figura 1.2: Ciclo epidemiologico della peronospora della vite (modificato da Goidanich, 1964)

Il ciclo biologico annuale di *Plasmopara viticola*, agente eziologico causante la peronospora, comprende una fase sessuale che assicura la sopravvivenza del fungo durante l'inverno, e una fase agamica durante il periodo vegetativo, che permette attraverso la liberazione di zoospore asessuate il dilagarsi dell'infezione a causa di infezioni secondarie e terziarie. In ogni caso il numero di infezioni può variare in relazione alle condizioni climatiche. (Jermini, et al., 2003)

Durante la fase di svernamento il patogeno si trova sotto forma di oospore, derivanti dalla fase sessuale (o gamica), nei residui fogliari che si trovano al suolo. In inverno le oospore maturano e in primavera raggiungono la capacità di germinare. Non sappiamo molto circa le condizioni di formazione e maturazione delle oospore. Il lavoro di Gehman (1987) indica che la germinazione avviene una volta che la sommatoria delle temperature giornaliere superiori agli 8°C supera il valore di 170, calcolate a partire dal primo di gennaio; in ogni caso il punto di partenza per il conteggio è stato scelto in modo arbitrario, quindi l'affidabilità di questa previsione è limitata. Una credenza molto diffusa che negli anni ha raggiunto quasi valore scientifico riguarda la regola dei tre dieci: la germinazione delle oospore può avvenire una

volta che la temperatura media nell'arco delle 24 ore supera il valore di 10°C, i fenomeni piovosi raggiungono almeno i 10 mm di acqua e il germoglio è cresciuto ad un'altezza di almeno 10 cm. In seguito alla germinazione le oospore emettono il macrosporangio, contenente le zoospore o spore asessuate, derivanti dal ciclo agamico. Una volta che le zoospore vengono liberate dal macrosporangio, grazie al movimento delle gocce d'acqua sui residui fogliari al suolo in seguito a pioggia, vengono trasportate sulla nuova vegetazione. Le zoospore sono flagellate e questo permette il movimento attraverso lo strato d'acqua sulla superficie fogliare. Una volta raggiunto lo stoma si incistano nel tessuto producendo un tubetto miceliare in grado di penetrare all'interno dello stoma e avviare la colonizzazione dei tessuti partendo dalla camera sotto stomatica.

Una volta verificata l'infezione, i sintomi si manifesteranno alla fine del periodo di incubazione, che risulta essere molto variabile in relazione a temperatura e umidità dell'aria.

L'infezione secondaria e le successive si manifestano in seguito alla formazione dei rami sporangiofori, visibili sotto forma di muffa bianca sul lembo inferiore di foglie e tessuti verdi. La sporulazione avviene solo di notte e le condizioni ideali sono date da temperature notturne superiori ai 12°C, con un optimum intorno ai 18°-20°C e un'umidità relativa elevata (>93%). In condizioni ottimali i primi sporangi si formano in meno di 4 ore al buio. In corrispondenza della sporulazione sul lembo inferiore, appaiono sulla pagina fogliare superiore delle decolorazioni giallastre, definite "macchie d'olio". Come per l'infezione primaria, le zoospore rilasciate dagli sporangi si muovono nello strato umido sulla superficie fogliare, ma in questo caso non sono necessari fenomeni piovosi intensi, perché possono distribuirsi sui tessuti grazie a piccole gocce d'acqua e rugiada.

1.6.1.2 Sintomi

L'oomicete biotrofo obbligato *Plasmopara viticola* è in grado di penetrare attraverso gli stomi nell'epidermide dell'ospite, diffondendosi nel tessuto parenchimatico sottostante e infettando tutti gli organi erbacei

Foglia:

La penetrazione delle spore riesce soltanto in stomi completamente sviluppati, quindi si verifica in foglie che abbiano raggiunto un diametro di almeno 2 cm. I primi sintomi che si manifestano in seguito all'infezione sono chiazze tondeggianti sulla pagina superiore che assumono l'aspetto della tipica macchia d'olio col progredire dell'infezione. In corrispondenza delle macchie d'olio, sulla pagina inferiore si sviluppano i rami sporangiofori visibili come muffa bianco-grigiastra. In seguito, la macchia necrotizza a partire dal centro,

determinando disseccamenti localizzati. In caso di attacco molto grave da peronospora, si può verificare filloptosi, cioè la perdita totale delle foglie.

La sensibilità all'attacco di peronospora diminuisce con l'avanzare dell'età fogliare (resistenza ontogenica). Le foglie attaccate in età avanzata, presentano, nella pagina superiore, macchie clorotiche che si evolvono in necrosi sparse su tutto il lembo, localizzate in particolare vicino alle nervature (peronospora a mosaico). In corrispondenza del mosaico si sviluppano gli sporangi, visibili come una sporulenza biancastra più rada di quella presente sulle foglie giovani. Ovviamente i danni a carico delle foglie si traducono in una minore efficienza fotosintetica, che porta a un minor accumulo di zuccheri e precursori aromatici nell'acino.

Grappolo:

La sintomatologia dell'infezione su grappolo dipende fundamentalmente dal periodo in cui si verifica l'infezione. Un attacco in pre-allegagione comporta la tipica deformazione del rachide che assume la tipica forma a uncino o "S". in condizioni favorevoli di umidità i grappoli si ricoprono di fruttificazioni del patogeno e seccano. Post allegagione la sindrome si manifesta diversamente a seconda dello stadio di sviluppo del grappolo, dell'epoca di attacco e dell'umidità ambientale. Nel caso di grappoli giovani e ancora tendenzialmente erbacei si manifesta sottoforma di marciume grigio: una condizione per cui l'acino assume una colorazione grigia a causa dei rami sporangiofori che escono dagli stomi e colonizzano la superficie. Una volta raggiunto il diametro di circa 2mm, gli stomi atrofizzano e non sono più attivi, e l'acino può essere infettato soltanto per via indiretta attraverso l'entrata del patogeno dal pedicello, sul quale si può osservare sporulazione e necrosi prima della comparsa dei sintomi sull'acino. In questo modo il fungo riesce a svilupparsi nell'acino, ma non si ha la presenza di sporulazione per mancanza di stomi funzionali. Questa condizione viene definita "marciume bruno" perché l'acino assume una colorazione bruna e marcescente.

Questo secondo caso avviene più raramente perché la peronospora richiede forte umidità per poter proliferare e quindi riesce ad attaccare il grappolo in uno stadio così avanzato solo in caso di estati fresche e piovose.

Germoglio

Ad essere colpiti sono i germogli erbacei, con stomi differenziati e attivi, vicino ai nodi o tramite infezione del picciolo fogliare. I sintomi sono visibili come imbrunimenti e portamento contorto della parte terminale o del viticcio, a causa di fenomeni di ipertrofia

cellulare. Quando è presente muffa biancastra riconosciamo la fine del ciclo fungino. Con l'agostamento la sensibilità del tralcio diminuisce, ma restano presenti lesioni dei tessuti corticali o cancri.

In generale i danni da peronospora si riflettono in una generale diminuzione quantitativa e qualitativa delle uve; la pianta subisce un deperimento generale e una maggiore suscettibilità ad altri patogeni. L'entità dei sintomi dipende dalla fase fenologica al momento dell'infezione, e può manifestarsi anche negli anni successivi con danni alla produzione causati dalla riduzione di riserve nutritive. (Pertot, et al., 2005)

1.6.2 Oidio

1.6.2.1 ciclo biologico

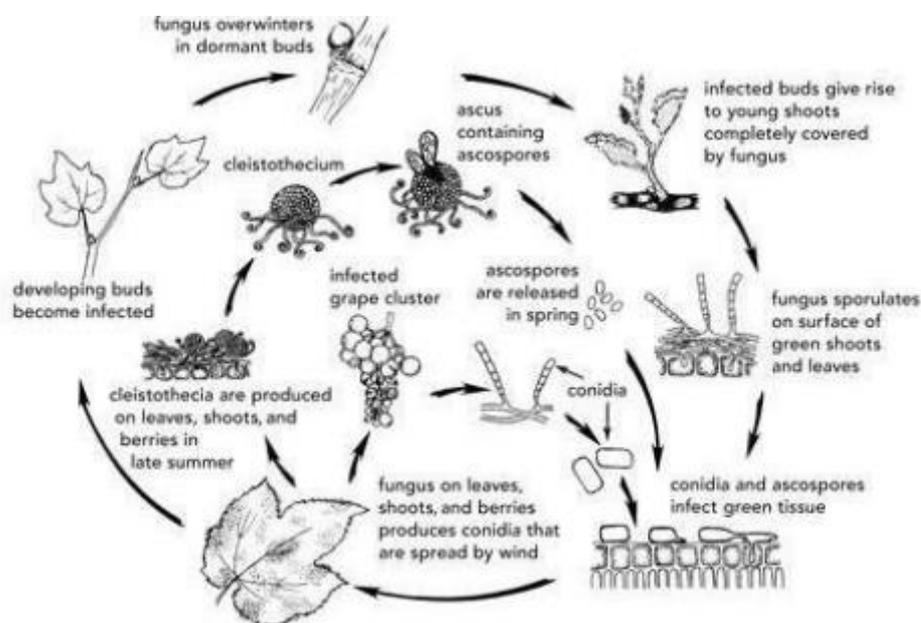


Figura 1-3: Ciclo biologico di *E. necator* (www.metos.at, 2013)

L'agente eziologico causa dell'oidio della vite è il fungo ascomicete *Erysiphe necator*.

Lo svernamento può avvenire sia in forma asessuata, come micelio all'interno delle gemme ibernanti, che in forma sessuata come cleistoteci, prodotti a fine estate sulla superficie verde della pianta. In primavera, con l'instaurarsi di condizioni ambientali favorevoli (10°C e leggera pioggia) gli aschi contenuti nei cleistoteci si aprono e liberano le spore, grazie alle quali si avrà l'infezione primaria. Il micelio prodotto dalla germinazione delle spore si sviluppa solo all'esterno del tessuto colpito, aderendo alla superficie cellulare tramite strutture

specializzate (apressori), mentre all'interno delle cellule penetra l'austorio, deputato all'assorbimento di nutrienti parassitando la cellula vegetale (fungo ectoparassita obbligato). I sintomi diventano visibili dopo un periodo di incubazione come micelio biancastro, dal quale iniziano le infezioni secondarie grazie ai conidi che si sono differenziati.

Temperature invernali miti promuovono lo svernamento del fungo in forma di micelio indifferenziato all'interno delle gemme.

1.6.2.2 sintomi

Infiorescenze e grappoli sono gli organi maggiormente colpiti, ma tutti gli organi verdi possono essere infettati. La superficie fogliare, sia superiore che inferiore, risulta coperta da piccole macchie giallastre che col tempo si espandono e impediscono lo sviluppo fogliare corretto. La lieve muffa biancastra che ricopre le macchie è più facilmente visibile sulla pagina inferiore, ed è qui che occorre operare i controlli a inizio stagione.

Sui germogli i sintomi sono visibili precocemente quando il micelio sverna nelle perule delle gemme, poiché al germogliamento risulta già coperto da muffa polverulenta bianca, e i lembi fogliari sono rivolti verso l'alto con portamento "a bandiera". L'agostamento avviene a fatica e la mancata lignificazione rende la pianta più suscettibile al freddo invernale. Sui tralci colpiti è possibile osservare macchie necrotiche anche dopo la lignificazione.

Sulle infiorescenze, se attaccate in pre-allegagione, si verifica aborto fiorale, e viene inibita la crescita degli acini che riescono ad allegare. In post allegagione si ha la necrosi delle cellule dell'epidermide degli acini colpiti, con conseguenti fessurazioni e infezioni da muffa grigia. In caso di attacco tardivo, gli acini non vengono compromessi completamente ma si formano imbrunimenti punteggiati, ricoperti da efflorescenze biancastre classiche.

Come nel caso della peronospora, i danni da oidio solitamente non portano a morte la pianta, ma ne riducono lo sviluppo e la produzione, sia in termini qualitativi che quantitativi, compromettendo la capacità fotosintetica, l'accumulo di fotosintetati e la corretta lignificazione dei tralci (Angeli, et al., 2007).

1.6.3 Black rot

Black rot o marciume nero è una patologia fungina causata dall' ascomicete *Guignardia bidwelli* (forma anamorfica *Phyllosticta ampellicida*) appartenente alla famiglia delle *Botryosphaeriaceae*, parassita di molte specie del genere *Vitis*, tra cui anche *Vitis vinifera*.

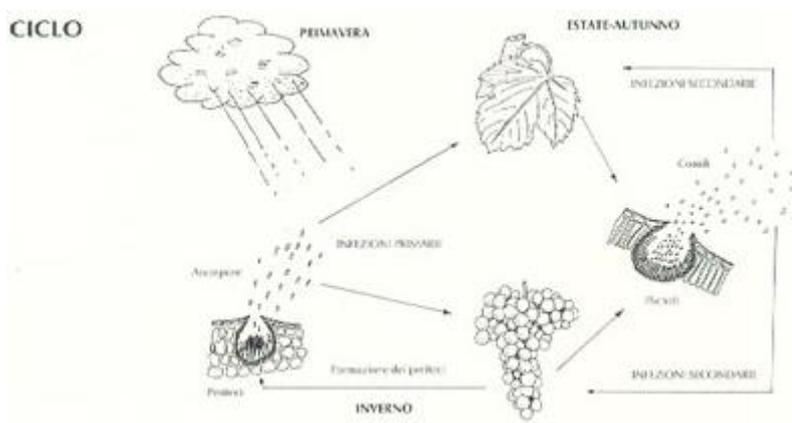


Figura 1-4: Ciclo biologico Black rot. Fonte: www.regione.veneto.it

1.6.3.1 ciclo biologico

Il ciclo biologico di questo fungo prevede sia una riproduzione asessuata con formazione di picnidi sulla superficie dei giovani organi verdi sia una riproduzione sessuata con produzione di periteci dagli sclerozi. Dai picnidi vengono liberati i conidi, cioè gli organi svernanti che si sviluppano nei grappoli mummificati, mentre dai periteci si liberano le ascospore sessuate, grazie alle piogge primaverili. Una caratteristica peculiare è la penetrazione attiva all'interno dei tessuti verdi che viene messa in atto per mezzo di appressorio anche in assenza di stomi, esattamente come l'oidio.

Come tutti i funghi, per svilupparsi ha bisogno di umidità estiva seguita da inverni miti ma piovosi. Repentini abbassamenti termici che possono rallentare lo sviluppo vegetativo aumentano la recettività da parte delle piante, mentre l'aumento delle temperature provoca una diminuzione del tempo d'incubazione. Germogli e foglie sono maggiormente suscettibili una volta raggiunti i 10-20cm, mentre per i grappoli sono pericolose maggiormente le prime sei settimane a partire dallo scalfitrimento, con un picco di massima sensibilità nelle prime due. Al termine della sesta/settima settimana il grappolo risulta meno suscettibile alle infezioni.

1.6.3.2 *sintomi*

Come per gli altri funghi, tutti gli organi erbacei della vite possono essere attaccati dal Black Rot.

Le foglie, dopo un periodo di circa 10 giorni di incubazione, presentano macchie necrotiche marroni, che disseccando assumono il caratteristico contorno violaceo e ben definito, sulle quali si svilupperanno i picnidi, visibili come punteggiature nerastre. I conidi del fungo sono in grado di infettare tutte le parti epigee della vite, ma solo finché i tessuti sono in attivo sviluppo vegetativo. Le foglie più mature distanti sei, sette nodi dall'apice del germoglio si dimostrano infatti resistenti alle infezioni.

Il grappolo può presentare sintomi sia su acino che su rachide. Sulla bacca sono visibili piccole macchie bianche che diventano poi color nocciola (picnidi), che ricoprono man mano tutta la superficie portando a mummificazione del grappolo. Sul rachide si riscontrano gli stessi danni presenti sui germogli, tacche brune e allungate che si infossano e necrotizzano ricoprendosi di pustole nere.

I sintomi possono essere confusi con quelli dovuti a un'infezione di botrite, per quanto riguarda il rachide, e di *Peronospora* per quanto riguarda l'acino; per poter attribuire il danno a Black rot occorre verificare la presenza di picnidi.

Le infezioni fogliari e le infezioni su grappolo possono manifestarsi in modo indipendente ossia esistere le une in assenza delle altre.

Per molto tempo sottovalutato perché controllato in modo soddisfacente per mezzo delle strategie di difesa adottate contro *peronospora* ed oidio, il fungo ha mostrato elevate capacità di danno in alcune annate favorevoli, se non adeguatamente controllato.

(Burroni, et al.)

1.6.4 Botrite

Botrytis cinerea è un fungo patogeno necrofilo, parassita di molte colture diverse tra cui la vite.

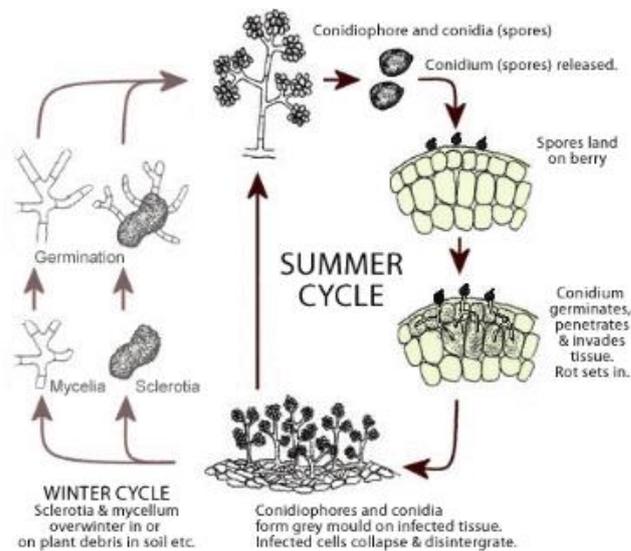


Figura 1-5: Ciclo biologico di *Botrite cinerea*

1.6.4.1 ciclo biologico

Il fungo sverna in forma di sclerozi o micelio nei tessuti della corteccia. Dagli sclerozi, formati in autunno e presenti come tacche nere e allungate sui tralci, e dal micelio, si sviluppano in primavera i conidi visibili come muffa grigiastra. La dispersione dei conidi avviene grazie a pioggia e vento; una volta raggiunto il tessuto vegetale, avviene la penetrazione dagli stomi o da ferite.

Come per tutti i funghi, le condizioni ottimali alla germinazione sono quelle di umidità prolungata e temperature tra i 16 e i 25°C. In particolare, come per la *Peronospora*, esiste una credenza assai diffusa chiamata “regola dei due 15”, secondo la quale la germinazione dei conidi trova il suo optimum con 15°C e 15 ore di bagnatura. Ovviamente in caso di lesioni sugli acini provocati da altri patogeni o da condizioni fisiche come pioggia e grandine, le ore di bagnature necessarie si riducono per la maggiore facilità alla penetrazione.

La botrite si può sviluppare già a inizio stagione sui germogli e poi sulle foglie, in caso di condizioni favorevoli; i grappoli sono suscettibili già in fase di fioritura, allegagione e accrescimento, ma maggiormente in maturazione, a causa dell'aumento di zuccheri nella bacca e all'instaurarsi di condizioni climatiche favorevoli grazie alle piogge più frequenti.

Più che la pioggia, quello che risulta fondamentale alla germinazione dei conidi è la bagnatura fogliare, e quindi l'umidità relativa nel microclima della chioma. Infatti la germinazione è possibile anche in assenza di piogge ma con umidità relative molto alte (Mattedi, et al.).

1.6.4.2 sintomi

Sugli organi verdi la botrite riesce a penetrare per via stomatica e i sintomi che si verificano su foglie, germogli e viticci sono visibili come aree che necrotizzano e sulle quali si forma muffa grigiastra. Danni più gravi si manifestano quando la botrite attacca gli acini, e questo può avvenire sia penetrando attraverso lo stigma florale o i giovani acini che sugli acini in invaiatura. Mentre nel primo caso le infezioni rimangono latenti a causa del basso pH dell'acino, nel secondo caso, dove la penetrazione avviene sfruttando lesioni già presenti, l'infezione è molto più grave. Si verifica una perdita di turgidità dell'acino, formazione della tipica muffa grigia e depauperamento nel contenuto polifenolico e zuccherino. A causa della forte attività ossidativa degli enzimi prodotti da botrite, i vini ottenuti da queste uve rischiano maggiormente casse ossidasiche, con conseguenti imbrunimenti e alterazioni organolettiche.

Esiste un altro lato della medaglia, per cui lo sviluppo di Botrite prende il nome di muffa nobile, ed è anzi una condizione cercata in alcune zone per la produzione di particolari vini. Il marciume nobile ha delle precise necessità in termini di condizioni climatiche per potersi sviluppare: un clima più caldo e secco in cui si alternano condizioni di umidità grazie a fenomeni piovosi o vicinanza a corsi d'acqua. Il suo sviluppo avviene solitamente in tarda stagione, su uve lasciate in pianta per appassimento.

(Bottura, et al., 2011)

1.7 Difesa

Pratiche agronomiche:

Le considerazioni riguardo le pratiche agronomiche adeguate al contenimento del patogeno possono essere svolte con carattere generale, trattandosi di agenti eziologici che, seppur diversi, sono tutti di natura fungina.

Sicuramente i patogeni fungini trovano il loro ambiente più ospitale in un microclima della chioma con alta umidità relativa, ed è quindi consigliabile svolgere pratiche atte a evitare il ristagno, favorendo arieggiamento e circolazione di aria all'interno di chioma e grappolo, in modo da favorire un'asciugatura più rapida. In primo luogo è importante operare una scelta coerente di portainnesto e forma di allevamento, favorendo il contenimento del vigore della pianta e la disposizione senza affastellamenti degli organi vegetali. Le pratiche che facilitano questa operazione sono sicuramente defogliazioni, eliminazione delle femminelle e dei germogli doppi. Riguardo le concimazioni azotate, è da tener presente che, se eseguite senza criterio, favoriscono un eccesso di vigore vegetativo portando la pianta in una situazione squilibrata.

Per quel che riguarda funghi come le peronosspore, le cui oospore svernano sul terreno nei residui di potatura, è opportuno eliminare dal terreno nel periodo invernale foglie secche e sarmenti, che rappresentano potenziali fonti di inoculo alla ripresa vegetativa. Allo stesso modo è consigliato eliminare i ricacci, che essendo più vicini al terreno possono essere le prime foglie raggiunte dalle oospore in seguito a eventi atmosferici favorevoli.

Nel controllo dell'oidio, sono opportune tutte le pratiche finalizzate a esporre il grappolo a buone condizioni di luminosità, come defogliazioni nella zona dei grappoli e contenimento generale della vigoria. Generalmente queste pratiche agronomiche sono efficaci e applicabili anche nei confronti della Botrite; in particolare per questo patogeno esistono studi che evidenziano come in zone in cui le condizioni sono ottimali per il diffondersi del fungo, la scelta del sistema di allevamento sia fondamentale, trovando una proporzionalità diretta tra strati fogliari presenti e presenza di botrite. In questo senso sono da prediligersi sistemi di allevamento come cordone speronato e guyot, che rispetto alla pergola riducono significativamente la pressione potenziale della malattia.

Attenzione va posta nei confronti dell'irrigazione e nella realizzazione di nuovi impianti, dove è opportuno -evitare zone eccessivamente umide e di fondovalle.

Una corretta gestione agronomica, sebbene da sola non sia efficace nel contenimento dei patogeni fungini, risulta comunque di importante ausilio nel contenere la diffusione della malattia.

1.7.1 Lotta chimica

Per quanto riguarda le strategie di difesa convenzionale, queste si basano sull'esecuzione di trattamenti mirati attuati preventivamente agli eventi infettanti, come fenomeni piovosi consistenti e ore di bagnatura prolungate. La data del primo trattamento viene decisa in funzione dell'avanzare delle fasi fenologiche della pianta e ovviamente delle condizioni meteorologiche; le date successive poi vanno in funzione del tempo di persistenza del principio attivo e della possibilità o meno che venga dilavato.

E' importante ricordare che quando si utilizzano prodotti sistemici e' consigliato operare una rotazione dei principi attivi usati, in modo da ridurre i fenomeni di induzione di resistenze nella popolazione patogena, evitando assolutamente l'uso ripetuto di un solo principio attivo nel corso della stagione.

Peronospora:

Il periodo più pericoloso per le infezioni da Peronospora e' quello che va da prefioritura a fine fioritura. In questa fase, e durante la successiva allegagione, vengono utilizzati prodotti sistemici a maggiore persistenza di azione. La pianta, infatti, in questa prima fase attua una forte crescita vegetativa, seguita poi dalla delicata fase di sviluppo e accrescimento dell'acino, e l'attenzione del viticoltore per evitare infezioni deve essere massima; soprattutto se ci sono le condizioni climatiche ottimali per l'instaurarsi dell'infezione. In estate gli accorgimenti della difesa integrata prediligono l'utilizzo di prodotti a base di rame, anche se in zone dove la pressione della malattia e' elevata o soggette a elevata bagnatura vengono consigliati comunque prodotti coformulati a base di rame e prodotti sistemici.

Oidio:

L'inizio della difesa antidioica viene solitamente associato al verificarsi del primo trattamento contro la Peronospora, con zolfo in polvere bagnabile in dosi variabili in relazione alla sensibilità della varietà e alle condizioni climatiche della zona valutata. Il periodo più

pericoloso per le infezioni da oidio e' quello che va dall'allegagione alla chiusura del grappolo; in questa fase il fattore umidità gioca un ruolo determinante, ed in base al livello di rischio vengono utilizzati prodotti sistemici antidioici specifici in formulazioni e dosi variabili. Nel periodo che va dalla chiusura del grappolo a invaiatura e' opportuno ritornare all'uso di zolfo bagnabile in polvere.

Per quanto riguarda l'utilizzo dello zolfo, questo prodotto non comporta danni all'entomofauna del vigneto, anche se il suo uso ripetuto a dosi elevate può influire negativamente sulla popolazione di fitoseidi; ciò rende opportuno il suo utilizzo in dosi elevate solo in casi strettamente necessari, solitamente a inizio stagione. Sono da ricordare anche le conseguenze enologiche dell'utilizzo eccessivo di zolfo, che viene poi ritrovato come residuo nel mosto, portando alla formazione di composti solforati maleodoranti.

Botrite

In questo caso più che negli altri, per quanto riguarda l'utilizzo di prodotti anti botritici, e' opportuno ricordare che in annate particolarmente critiche e in zone sensibili, i trattamenti devono essere necessariamente accompagnati dalla corretta gestione agronomica; in caso contrario difficilmente si arriverà ad un adeguato contenimento. I periodi più importanti per l'utilizzo di prodotti anti botritici sono la prechiusura grappolo e circa un mese prima della vendemmia, e con questi due trattamenti si riduce considerevolmente la presenza di botrite.

Per quanto riguarda i residui, i prodotti anti botritici sono quelli che lasciano maggiori residui sulle uve e nei vini; ma seguendo correttamente le indicazioni sui tempi di carenza e utilizzando una sola volta l'anno lo stesso prodotto commerciale, i residui massimi ammessi per legge non vengono mai superati.

(Bottura, et al., 2007)

1.7.2 Lotta integrata

L'approccio di lotta integrata si pone come obiettivo il contenimento degli organismi patogeni non limitandosi all'uso di mezzi chimici ma sfruttando tutti i fattori biotici e abiotici di regolazione interna agli ecosistemi a suo vantaggio. Il concetto di base è una riduzione drastica nell'uso di fitofarmaci, dannosi per l'ambiente e per l'applicatore.

La difesa integrata è promossa dalla direttiva 2009/128/CE del Parlamento europeo, che prevede attraverso l'utilizzo di alternative non chimiche ai pesticidi, la limitazione

nell'utilizzo di fitofarmaci e ne incentiva un uso sostenibile, così da ridurre i rischi e l'impatto su ambiente e salute umana.

1.7.3 Lotta biologica

Il principio alla base dell'agricoltura biologica è quello di non limitarsi strettamente alla protezione della coltura, ma di andare a tutelare tutto l'ecosistema agricolo, difendendone la biodiversità e la fertilità del suolo, evitando l'inquinamento delle acque così come i rischi di salute per l'operatore che si trova ad interagire con l'intero sistema agricolo.

Così come nella lotta integrata, l'obiettivo principale è il contenimento del patogeno per evitare che si arrivi al superamento della soglia di intervento. Ovviamente per fare questo seguendo una conduzione biologica è di fondamentale importanza compiere scelte razionali sia nella fase di impianto che nella successiva gestione, operando monitoraggi e interventi tempestivi e possibilmente preventivi, così da ridurre al minimo la pressione del patogeno.

(Bottura, et al., 2011)

I prodotti usati in biologico come fungicidi solitamente sono sostanze tradizionali come rame e zolfo, ma che possono essere coadiuvati dall'azione di alcuni microrganismi tossici per il patogeno. *Ampelomyces quisqualis* è un micoparassita, produce spore che parassitano il micelio dell'oidio evitandone la diffusione. È possibile distribuirlo in vigneto miscelato ad olii minerali, ma ovviamente per avere un effetto positivo nel contenimento va impiegato quando la pressione della malattia è ancora molto bassa, se non addirittura preventivamente (Barani, et al., 2010)

È importante sottolineare che in biologico non è ammesso l'utilizzo di organismi geneticamente modificati, e questo apre le porte per una riflessione circa il possibile utilizzo di varietà Piwi eventualmente prodotte con cis genesi (ad oggi equiparata a OGM) in biologico. Pur non essendo permessa, ad oggi, si tratterebbe in realtà di un grande passo avanti per l'agricoltura biologica, in quanto questo tipo di varietà permetterebbe una drastica riduzione nell'utilizzo di prodotti come rame e zolfo, con tutti i benefici che ne conseguono.

2 Scopo della tesi:

La seguente trattazione si pone come obiettivo l'analisi dell'attitudine agronomica di diverse varietà resistenti PIWI in ambiente montano, in relazione alla variabilità ambientale osservata in Valcamonica e Valtellina.

In entrambi i territori lo studio è stato condotto analizzando in primo luogo la variabilità presente dal punto di vista pedologico e climatico. Una volta differenziate le diverse zone in cui i vigneti sono stati messi a dimora è stato osservato e registrato il susseguirsi delle fasi fenologiche seguendo la classificazione BBCH, così da poter evidenziare eventuali differenze rispetto alle varietà tradizionali prese come riferimento.

Durante la stagione vegetativa sono state osservate e registrate, quando presenti, le malattie che hanno colpito i diversi vigneti, così da avere un quadro generale dell'effettiva tolleranza o suscettibilità delle varietà prese in esame.

3 Materiali e metodi

3.1 Caratteri ampelografici varietà ibride

3.1.1 Bacca bianca

3.1.1.1 *SOLARIS*

Nome della varietà: SOLARIS B.

Codice: 471

Proponente: Istituto Agrario S. Michele all'Adige

Data di ammissione al Registro: 10/07/2013

Gazzetta ufficiale: G. U. 186 - 9/08/2013

Ottenuta nel 1975 da Norbert Beker incrociando Merzling x (Zarya severa x Muscat Ottonel) e riconosciuta come varietà tollerante alle malattie fungine.

Il germoglio è di colore giallo bronzato, aperto e con elevata presenza di peli striscianti. La foglia adulta è media, trilobata, leggermente bollosa, con seno peziolare a lobi leggermente sovrapposti. Grappolo di media dimensione e compattezza. Acino medio piccolo, ellittico corto di colore verde giallo, intenso se esposto al sole. Il Solaris è una varietà precoce nel germogliamento, nella fioritura e nella maturazione. Quest'ultimo aspetto lo rende idoneo alla coltivazione in ambienti ubicati ad altitudini maggiori esposti a una minore radiazione solare.

3.1.1.2 *SOUVIGNIER GRIS*

Nome: Souvignier Gris B.

Codice: 496

Data di ammissione: 20/10/2014, decreto pubblicato sulla G.U. 258 del 11/06/2014

Questa varietà è dell'incrocio fra Bronner x Cabernet Sauvignon, ottenuta dall'Istituto di Friburgo nel 1983. Caratterizzata da elevata vigoria. Presenta una foglia adulta di medio-grosse dimensioni, trilobata. In piena maturità gli acini si presentano sferici con una buccia spessa e elevata presenza di pruina, tipicamente di colore rosa chiaro. I grappoli sono spargoli, di medie dimensioni e dotati di ala laterale; solitamente presenti sul tralcio in numero di 2. Il peso medio del grappolo è di circa 100-120 grammi.

3.1.1.3 JOHANNITER

Nome della varietà: JOHANNITER B.

Codice: 469

Proponente: Istituto Agrario S. Michele all'Adige

Data di ammissione al Registro: 10/07/2013

Gazzetta ufficiale: G. U. 186 - 9/08/2013

Ottenuto nel 1968 a Freiburg incrociando Riesling x (Seyve-Villard 12- 481 x (Ruländer x Gutedel)), e riconosciuta come varietà resistente alle principali malattie fungine. Il germoglio è aperto di colore giallo bronzato, con elevata presenza di peli striscianti. Vitigno medio sia nel germogliamento che nella fioritura. La foglia adulta è medio-piccola, pentalobata, bollosa, e con le nervature principali rosse fino alla prima biforcazione. Grappolo cilindrico di media dimensione e compattezza. Acino medio, sferico di colore verde giallo.

3.1.1.4 BRONNER

Nome della varietà: BRONNER B.

Codice: 416

Proponente: Provincia autonoma di Bolzano

Data di ammissione al Registro: 27/03/2009

Gazzetta ufficiale: G.U. 146 - 26/06/2009

3.1.1.5 AROMERA

Varietà sperimentale non registrata nel registro nazionale delle varietà di vite, creata da Innovitis, Bolzano. La cultivar è caratterizzata da bassa vigoria, con fertilità basale non

accertata e internodi molto corti. I germogli solitamente non si sviluppano molto in lunghezza, rendendo le cimature poco necessarie. Le foglie adulte sono di piccole dimensioni, con una suddivisione in tre lobi poco evidente. A maturità gli acini si presentano di colore ambrato, sferici con una buccia mediamente spessa e buona deposizione di pruina. Di solito sono presenti due grappoli per tralcio, piccoli e spargoli. Dati i profumi intensi sprigionati dalle bacche alla degustazione, questa varietà viene inserita nella lista delle cultivar aromatiche, con sentori simili a quelli dei vari Moscati.

3.1.2 BACCA ROSSA

3.1.2.1 MERLOT KANTHUS

Nome della varietà: MERLOT KANTHUS N.

Codice: 842

Sinonimi ufficiali: UD-31.122

Proponente: Università degli Studi di Udine

Data di ammissione al Registro: 4/08/2015

Gazzetta ufficiale: G.U. 199 - 28/08/2015

Varietà resistente a peronospora e tollerante a oidio, adatta alle condizioni pedoclimatiche dell'Italia centro-settentrionale ma resiste anche a minime invernali fino a $- 22^{\circ}\text{C}$. Mediamente sensibile a carenza di magnesio e siccità. Presenta una discreta vigoria, con una fertilità basale elevata che la rende adatta a forme di potatura corta o mista. Una peculiarità di questa varietà sono gli internodi rossi sulla faccia dorsale del tralcio erbaceo, verde e rossi sulla faccia ventrale; così come i nodi, verdi e rossi da entrambe le facce. La foglia adulta è di medie dimensioni, pentalobata e cuneiforme. Il seno peziolare è aperto con base a U o a graffa e una leggera colorazione rossa. I grappoli, solitamente due per tralcio, sono di dimensioni medie (mediamente 160g) con un'ala laterale simile a un grappolino. Gli acini sono ellissoidali, di medie dimensioni, con elevata presenza di pruina e colore blu-nero.

3.1.2.2 MERLOT KHORUS

Nome della varietà: MERLOT KHORUS N.

Codice: 843

Sinonimi ufficiali: UD-31.125

Proponente: Università degli Studi di Udine

Data di ammissione al Registro: 4/08/2015

Gazzetta ufficiale: G.U. 199 - 28/08/2015.

Varietà resistente a peronospora e tollerante a oidio, mediamente sensibile a botrite e marciume acido, non resiste a minime invernali inferiori a -18°C. La vigoria risulta elevata e la vegetazione assurgente, con un'elevata fertilità basale che la rendono adatta a potature corte o miste. Il germoglio presenta colorazione rossa e verde su entrambe le facce di nodi e internodi, entrambi glabri. La foglia adulta è di medie dimensioni, cuneiforme e pentalobata, con seno peziolare aperto a graffa. Nonostante si tratti di una varietà a bacca rossa, in autunno la foglia si colora di giallo. Il grappolo è di dimensioni medio-piccole (circa 120g), con un'ala media sempre presente. L'acino è sferico, di medie dimensioni e mediamente ricoperto di pruina.

Tutte le fasi fenologiche sono di epoca media, con il germogliamento che si verifica solitamente nella seconda/terza decade di aprile, la fioritura tra fine maggio e inizio giugno e la maturazione nelle prime due settimane di settembre.

3.1.2.3 CABERNET CORTIS

Nome della varietà: CABERNET CORTIS N.

Codice: 466

Proponente: Istituto Agrario S. Michele all'Adige

Data di ammissione al Registro: 10/07/2013

Gazzetta ufficiale: G. U. 186 - 9/08/2013

Il vitigno Cabernet Cortis n. venne ottenuto nel 1982 da Norbert Beker a Freiburg incrociando Cabernet sauvignon x Solaris ed è riconosciuta come varietà resistente alle principali malattie fungine. Varietà di media vigoria e fertilità basale non accertata, porta una foglia adulta pentalobata con seno peziolare mediamente sovrapposto e forte bollosità della pagina superiore. Il grappolo è mediamente spargolo e porta acini piccoli ed ellittici dal colore blu-nero. Per quanto riguarda la fenologia, risulta una varietà precoce dal germogliamento alla maturazione. Il grado di resistenza alle malattie fungine viene indicato, sul Registro Nazionale, come alto nei confronti di Plasmopara viticola e Botrytis ma molto debole verso l'Oidio.

3.1.2.4 CABERNET EIDOS

Nome della varietà: CABERNET EIDOS N.

Codice: 840

Sinonimi ufficiali: UD-58.083

Proponente: Università degli Studi di Udine

Data di ammissione al Registro: 4/08/2015

Gazzetta ufficiale: G.U. 199 - 28/08/2015

Varietà resistente a peronospora e tollerante a oidio, adatta alle condizioni pedoclimatiche dell'Italia centro-settentrionale. Porta una foglia adulta cuneiforme di medie dimensioni, da tri a pentalobata, con seno peziolare aperto e forma a grappa. Entrambe le pagine fogliari presentano una colorazione rossa fino alla prima biforcazione delle nervature principali. A maturità il grappolo si presenta di grandi dimensioni (peso medio 150g fino ai 220g) con acini di dimensioni medie e forma ellissoidale, buccia sottile e elevata deposizione di pruina. Solitamente i grappoli si trovano in numero di due per germoglio, la vigoria è buona e la vegetazione di tipo assurgente. Le gemme basali hanno un'elevata fertilità che rende questa varietà idonea alla potatura corta e mista. Le fasi fenologiche risultano essere di epoca media, l'uva arriva a maturità intorno alla seconda/terza decade di settembre.

3.1.2.5 CABERNET VOLOS

Nome della varietà: CABERNET VOLOS N.

Codice: 841

Sinonimi ufficiali: UD-32.078

Proponente: Università degli Studi di Udine

Data di ammissione al Registro: 4/08/2015

Gazzetta ufficiale: G.U. 199 - 28/08/2015

Varietà resistente a peronospora e tollerante a oidio, adatta alle condizioni pedoclimatiche dell'Italia centro-settentrionale. Il tralcio erbaceo presenta un portamento semi-eretto; con internodi dalla colorazione verde e rossa sulla faccia dorsale, e verde sulla faccia ventrale; nodi con colorazione verde e rossa su entrambe le facce. La foglia adulta è di medie dimensioni, di forma orbicolare e generalmente con cinque lobi, la superficie presenta bollosità e depressioni medie, con presenza di ondulazioni. Il seno peziolare è aperto e con la base a grappa oppure a V. I grappoli sono di dimensioni medie (g 70-190, peso medio g 130), cilindrici e compatti, con un'ala media sempre presente. Portano acini di dimensioni medie, di forma sferoidale, con buccia sottile e pruina elevata, di colore blu nero. I grappoli si trovano solitamente in numero di due per germoglio. Varietà di media vigoria, con vegetazione assurgente e elevata fertilità delle gemme basali. Tutte le fasi fenologiche vengono indicate come di media epoca, con l'uva che arriva a maturità durante prima/seconda decade di settembre. Viene indicata sul Registro Nazionale la resistenza a minime invernali fino a -24°C, a peronospora e oidio, mentre risulta sensibile a botrite e marciumi.

3.1.2.6 *PRIOR*

Nome della varietà: PRIOR N.

Codice: 470

Proponente: Istituto Agrario S. Michele all'Adige

Data di ammissione al Registro: 10/07/2013

Gazzetta ufficiale: G. U. 186 - 9/08/2013

Il vitigno Prior n. venne ottenuto nel 1987 da Norbert Beker a Freiburg incrociando (J.S. 234-16 x Bl. Spätburgunder) x (Merzling x (Zarya Severa x Blazer St. Laurent)) ed è riconosciuta come varietà resistente alle principali malattie fungine. Il germoglio è aperto di colore giallo e con debole presenza di peli striscianti. La foglia adulta è trilobata e di grandi dimensioni, con presenza di pigmentazione antocianica nel punto peziolare e seno peziolare solitamente chiuso, con i margini sovrapposti. Grappolo da medio a grande, conico e mediamente compatto. Gli acini sono di lunghezza media e forma ellissoidale, dal colore blu-nero.

Vitigno medio, sia nel germogliamento che nella fioritura. Viene indicata dal Registro Nazionale un'elevata resistenza a Peronospora, specialmente sulle foglie ma una tolleranza molto debole nei confronti di Oidio e Botrite.

3.2 *Varietà di riferimento tradizionali*

3.2.1.1 *MERLOT*

Nome della varietà: MERLOT N.

Codice: 146

Proponente: CRA-VIT Conegliano

Data di ammissione al Registro: 25/05/1970

Gazzetta ufficiale: G.U. 149 - 17/06/1970

Varietà internazionale dalla notevole vigoria, considerata sensibile a malattie fungine come Peronospora e Oidio; viene segnalata dal Registro Nazionale un'ottima tolleranza verso i marciumi.

Presenta foglie di media grandezza, pentalobate o trilobate. Con seno peziolare a U largo, a bordi sovrapposti. Il grappolo è di medie dimensioni e media compattezza, piramidale, con una o due ali laterali. Gli acini sono sferici o lievemente schiacciati, di medie dimensioni e media consistenza della buccia, con presenza di pruina e dal colore blu-nero. I grappoli si trovano in numero di 1-2 per germoglio e le femminelle son scarsamente fertili. Per quanto

riguarda i fenomeni vegetativi, viene indicata solo la fioritura come precoce; l'uva arriva a maturazione intorno alla fine di settembre fino ai primi di ottobre.

3.2.1.2 INCROCIO MANZONI

Nome della varietà: INCROCIO MANZONI 2-3 B.

Codice: 450

Proponente: Istituto "G. Cerletti" Conegliano

Data di ammissione al Registro: 22/04/2011

Gazzetta ufficiale: G. U. 170 - 23/07/2011

Varietà ottenuta dall'incrocio di Trebbiano x Traminer, con buona vigoria ma non elevata produttività. Presenta una foglia adulta piccola, pentagonale e pentalobata, con una forte bollosità della pagina superiore. Il seno peziolare è chiuso, con margini sovrapposti e forma a V. Il grappolo è medio e di forma piramidale, compatto e solitamente alato. Porta acini di media grandezza e dalla forma rotondeggiante, con buccia di medio spessore leggermente ricoperta di pruina. Per quanto riguarda la fenologia, tutte le fasi vengono indicate dal Registro Nazionale come di epoca media.

3.3 Inquadramento territoriale

3.3.1 Valcamonica

3.3.1.1 Area di studio



Figura 3-3-1: posizionamento Vallecamonica in riferimento della regione Lombardia



Figura 3-3-2: carta schematica delle valli della Valcamonica. Fonte: F. Lucchini, 1996

“Chi attraversa il lago d’Iseo vede sullo sfondo, verso nord, tra Lovere e Pisogne, un’ampia insenatura sbarrata da colli e cupe foreste, dietro di cui si innalza una paurosa catena di montagne ardue e ghiacciate: quella è la Valcamonica”. Questo scritto, di inizio XX secolo,

rende molto bene l'idea di come questa valle sia costituita, e delle diverse zone vegetative presenti nel territorio camuno: una parte di pianura in cui si estende il lago d'Iseo, una zona collinare e una parte montana, che comprende tutte e tre le sottozone (montana dai 600 ai 1500m; subalpina da 1500m a 2500m e alpina fino a 3500m).

La Valcamonica, situata a Nord-Est della Lombardia, è una valle di origine glaciale lunga circa 90km e con un'estensione di 1.518,19 km² di superficie. Il limite inferiore è rappresentato dal Lago d'Iseo su cui si staglia il Corna Trentapassi, mentre troviamo ad est le valli bresciane Sabbia e Trompia e ad ovest la valle di Scalve, i confini settentrionali sono definiti da tre valichi montani: a Nord-Est il Passo del Tonale, attraverso il quale si arriva al Trentino, a Nord-Ovest il Passo dell'Aprica che conduce in Valtellina e il Passo del Gavia che rappresenta il punto più a nord della valle.

Come tipicamente succede alle vallate erose dal ghiaccio, la Valcamonica presenta una forma ad U, con fondo piatto e fianchi quasi verticali, nei quali si inseriscono vallate laterali perpendicolari all'andamento nord-est/sud-ovest.

Durante le tre principali ere glaciali (Mindel, Riss e Wurm) i ghiacciai che sono scesi fino alla Pianura Padana hanno modellato la vallata, che si è formata grazie all'erosione del fiume Oglio, che la attraversa, e dai movimenti alpini. La valle si trova tutt'ora in una fase di evoluzione morfologica, con fiumi e torrenti con alveoli non ancora definiti.

3.3.1.2 Storia della viticoltura in Valcamonica

Le prime tracce di presenza antropica in Valcamonica risalgono alla fine del Paleolitico superiore, grazie al miglioramento delle condizioni climatiche che permisero la sopravvivenza umana.

La viticoltura, presente in Lombardia già in età romana, ebbe il suo maggiore sviluppo dal Basso Medioevo. Le notizie sulla coltivazione della vite in Valcamonica ci arrivano da alcuni documenti dell'epoca, che riportano prove circa la presenza di vigneti in valle già dai primi decenni dell'anno mille. La messa a dimora di tali vigneti rispecchiava probabilmente quella attuale, grazie alla sistemazione di terrazzamenti sui terreni collinari, introdotti in epoca comunale. I vigneti facevano parte del patrimonio vescovile e signorile dell'epoca, e ne rappresentavano una sostanziale risorsa economica. Le forme di allevamento utilizzate nel medioevo erano sostanzialmente due: la vite bassa ancorata a tutori, situata principalmente negli orti e nelle clausure di collina, e una vite coltivata alta, sostenuta da alberate, in pianura.

Il '500, periodo segnato da una diminuzione di attività commerciali, sia manifatturiere che mercantili, è caratterizzato parallelamente da un crescente interesse verso le attività agricole. La Valcamonica in questo periodo storico ha subito diverse influenze legate alle diverse dominazioni sotto cui si è trovata. Prima quella della Repubblica di Venezia, e poi quella francese, che ha cercato di introdurre nuove pratiche enologiche importanti, andando a modificare quella che era la cultura di vinificazione del Bresciano.

(Flocchini, et al., 2014)

La dominazione veneta, che seguì quella francese, pose ancora più importanza alla viticoltura in valle, e molte aree prima boschive furono riadattate alla coltivazione della vite.

Grazie a testi clericali dell'epoca, sappiamo che questo periodo di sviluppo si interruppe bruscamente nel 1567, a causa di una inspiegabile moria di viti che interessò tra l'altro solo la zona camuna, senza intaccare la produzione delle valli confinanti. La crisi di produzione vinicola fu così importante che si rese necessaria l'importazione di vino dalla vicina Valtellina.

Nei decenni successivi si assiste ad una ripresa dell'attività vitivinicola in valle, riportata anche da alcuni scritti risalenti a inizio '600 ritrovati nel Catastico di Giovanni da Lezze del 1610. In questi documenti si riprende l'attività iniziata nel medioevo di suddivisione della valle in zone più o meno vocate alla viticoltura. Da questo emerge che la produzione migliore veniva dai comuni di Erbanno, Angone, Malegno, Borno, Cividate, Breno e Berzo inferiore. Altri scritti successivi confermano la miglior vocazionalità della bassa e media Valcamonica (Trattenimenti contenenti ragguagli sacri e profani dei popoli camuni, 1698).

A inizio '700 si verificò un abbassamento termico importante in tutta Europa, che ridusse la coltivazione viticola in tutto il territorio. Anche l'Italia fu toccata da questo fenomeno, e in Valcamonica si salvarono soltanto le coltivazioni di bassa valle, mentre scomparirono tutte quelle ad altitudini più elevate a causa del clima proibitivo (Fonte: Brunetti M. et al, 2006). Parallelamente, in questo periodo si assiste all'introduzione nel territorio camuno di allevamenti di bachi da seta e coltivazione del gelso, che hanno contribuito alla riduzione dell'attività viticola.

Com'è noto, gli anni che seguirono furono caratterizzati da un'altra profonda crisi oltre a quella climatica. L'800 è il periodo di introduzione di tutte le nuove malattie dal nuovo mondo, che hanno comportato una drastica riduzione del comparto viticolo in Valcamonica come nel resto d'Europa. Nel 1897 viene costituito il Consorzio Antifillosserico bresciano,

comprendente anche la Valcamonica, con lo scopo di monitorare la diffusione dell'afide responsabile della fillossera e di coordinare le strategie di difesa. Contemporaneamente all'abbandono dei vigneti più marginali, devastati da questa nuova infestazione, in Valcamonica si assistette a un processo di selezione e miglioramento del patrimonio viticolo. In questo contesto venne principalmente abbandonata la coltivazione di varietà autoctone in favore di varietà importate dalla Francia come Merlot e Cabernet, oltre a varietà bianche come Riesling renano, Chardonnay e Incrocio Manzoni; tutte varietà ampiamente presenti tutt'ora nel territorio camuno (Brunetti, et al., 2009)

Il periodo che va dagli anni '30 agli anni '50 del XX secolo vede un notevole incremento nella produzione viticola camuna, tralasciando il periodo della Seconda Guerra Mondiale. Dagli anni '50 in poi la Camera di Commercio locale promosse diverse iniziative e bandi in favore della realizzazione di nuovi impianti viticoli. È documentato al catasto agrario l'incremento dai 1777 ha nel 1929 ai 2608 ha del 1956.

Grazie alla creazione del Centro di assistenza tecnico agraria camuno si hanno informazioni molto dettagliate riguardo al periodo degli anni '60 e '70. Vennero svolte ricerche sulla reale occupazione viticola delle aree camune e sulle caratteristiche pedologiche dei terreni, in modo da rilanciare lo sviluppo della viticoltura in valle, da troppo tempo in condizioni di arretratezza e abbandono.

In ogni caso, negli anni successivi la crisi della viticoltura camuna continuò. Grazie ai dati agricoli catastali è possibile osservare una continua diminuzione degli ettari destinati a uso viticolo, e questo è probabilmente da imputare allo spostamento verso le attività industriali più redditizie e alla speculazione edilizia che permise la creazione di agglomerati urbani occupando i vecchi terreni a uso agricolo.

Dagli anni 2000, nonostante continui la diminuzione di terreni coltivati, cresce parallelamente la consapevolezza dell'importanza della viticoltura per rilanciare l'agricoltura montana. Grazie all'interessamento in anni più recenti di agricoltori e degli enti locali, si è arrivati all'approvazione di un disciplinare di produzione dei vini camuni. Ponendo l'attenzione sul fatto che una crescita sia in termini di produzione qualitativa che puramente economica sia possibile soltanto seguendo una programmazione comunitaria, utilizzando fondi comuni per rilanciare le attività viticole di valle. Questo porterà benefici non solo agli agricoltori ma a tutta la comunità montana, poiché il ruolo della agricoltura di montagna non è solo legato alla produzione, ma anche alla conservazione dell'intero ecosistema.

3.3.1.3 Divisione in sottozone

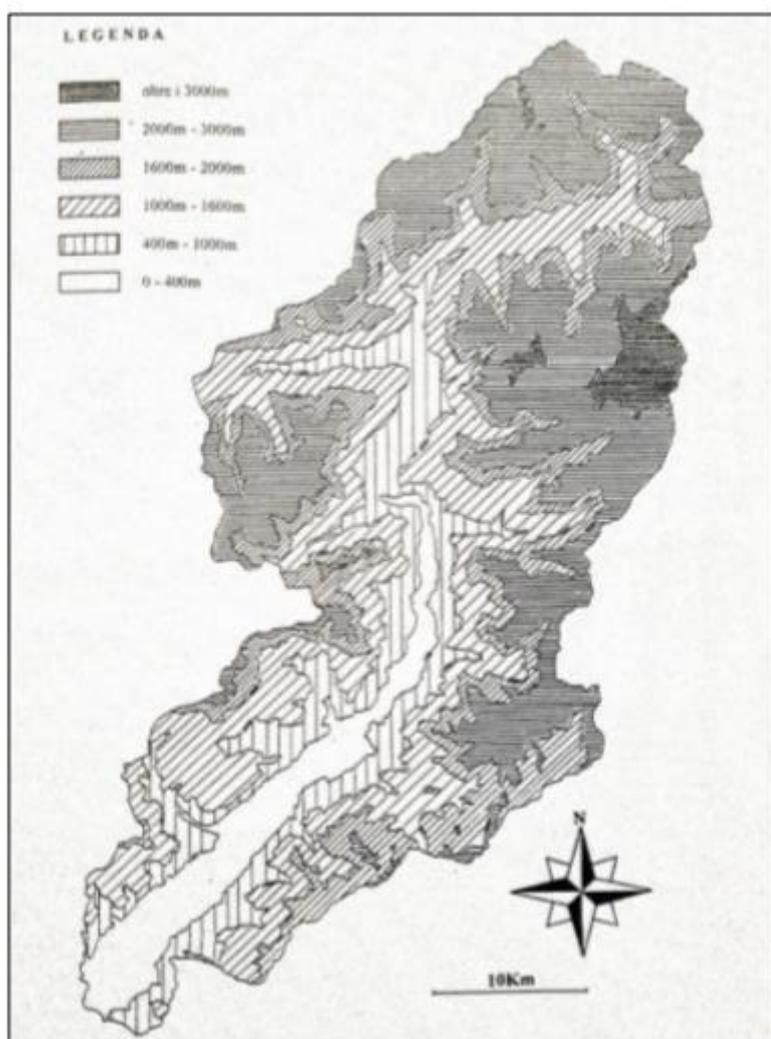
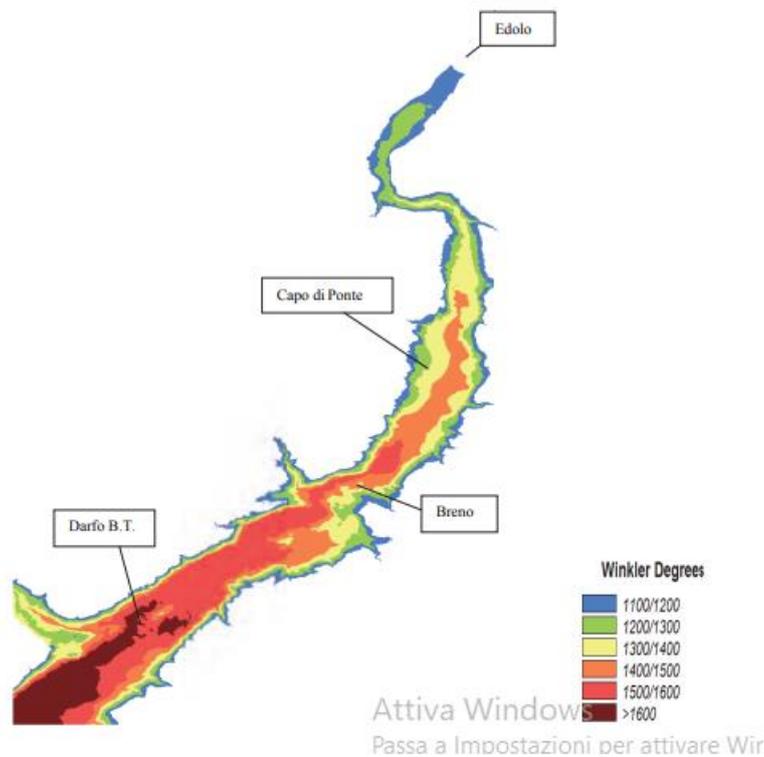


Figura 3-3-3: Carta altimetrica della Valcamonica. Fonte: F. Lucchini, 1996

Essendo un areale montano, l'altimetria è molto variabile così come le altre caratteristiche pedologiche e climatiche. Per una corretta interpretazione di questo territorio si rende necessaria la suddivisione in sottozone così da apprezzarne pienamente la variabilità.

Considerando le sommatorie termiche, le sottozone della valle presentano una diversa vocazionalità e attitudine vitivinicola, osservabile analizzando l'Indice di Winkler, ossia la sommatoria delle temperature attive medie giornaliere superiori ai 10°C nel periodo dal 1° aprile al 31 ottobre (stagione vegetativa).



Region	Degreedays (Winkler)	MJT °C	Grape varieties	Wine Regions
Region I	<1390	<19.8	Pinot Noir, Riesling, Chardonnay, Gewurztraminer, Pinot Grigio Sauvignon Blanc	Chablis, Friuli, Tasmania, Champagne, Marlborough
Region II	1391 to 1670	19.9 to 21.3	Cabernet Sauvignon, Chardonnay, Merlot, Semillon, Syrah	Bordeaux, Alsace, Yarra Valley, Frankland River
Region III	1671 to 1940	21.4 to 22.8	Grenache, Barbera, Tempranillo, Syrah,	Clare Valley, Lower Hunter, Rioja, Piemonte
Region IV	1941 to 2220	22.9 to 24.3	Carignan, Cinsault, Mourvedre, Tempranillo	McLaren Vale, Upper Hunter, Langhorne Creek, Montpellier
Region V	>2220	>24.3	Primitivo, Nero d'Avola, Palomino, Fiano	Greek Islands, Jerez, Sicily, Sardinia

Source: paper by Dr. Andrew Pirie – 'Defining Cool Climate'. Stratford's Brave New World seminar, London, September 2007.

Figura 3-3-4: Indice di Winkler nelle diverse zone della valle

Nonostante la variabilità presente, si può notare come buona parte della valle si trovi in Regione II, con condizioni termiche simili a quelle di regioni come Bordeaux e Alsazia, e adatte alla coltivazione di varietà come Cabernet Sauvignon e Merlot che sono sia le varietà rosse internazionali più coltivate in valle, sia le cultivar di élite presenti nel genotipo delle

varietà resistenti a bacca rossa presenti nel territorio camuno. Analizzando più nel dettaglio si può osservare come valori più alti di Indice di Winkler si riscontrano in bassa valle, nelle zone del comune di Darfo Boario Terme e limitrofe al Lago d'Iseo. Mano a mano che si risale verso nord i valori dell'indice decrescono, assestandosi intorno a 1400-1500 in media valle, con valori inferiori intorno all'area di Capo di Ponte, che presentando una sommatoria termica di 1300-1400 gradi risulta assimilabile alle regioni di Champagne e Chablis; da questa zona della valle in poi infatti la coltivazione di varietà a bacca bianca risulta preferibile a quella di varietà a bacca rossa, che potrebbero non arrivare a completa maturazione fenolica e tecnologica viste le temperature più basse. Per quanto riguarda il comune di Edolo, limite superiore della valle, i valori riscontrati si trovano al limite di quelli necessari per la coltivazione della vite, ossia 1100-1200 gradi.

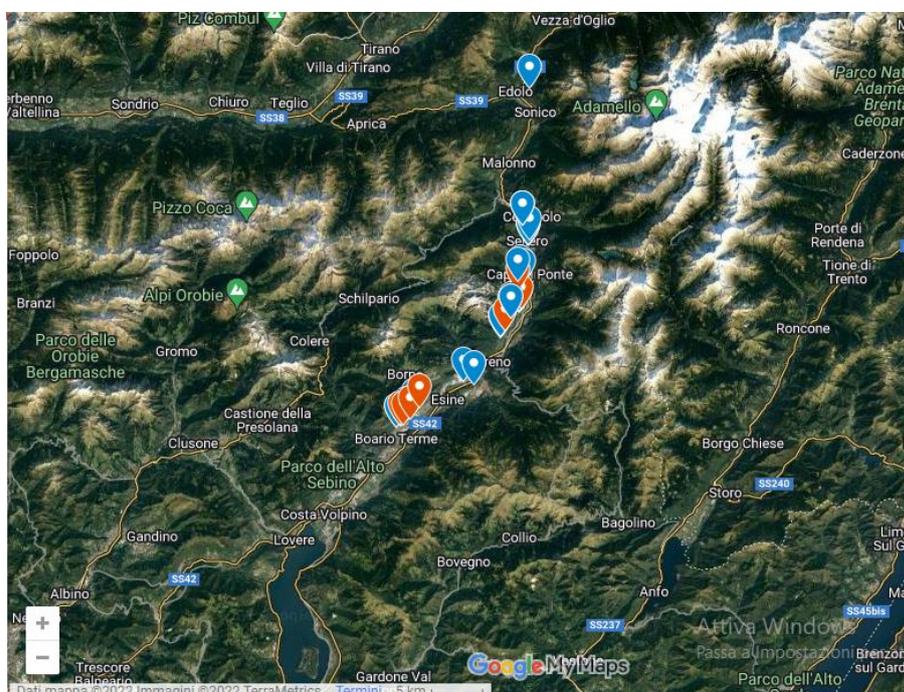


Figura 3-5: Localizzazione dei vigneti (segnaposto blu) lungo la valle

Sulla base di studi precedenti svolti sul medesimo ambiente e analizzando le diverse caratteristiche pedologiche e climatiche, la valle è stata suddivisa nelle seguenti sottozone:

BASSA VALLE:

zonale

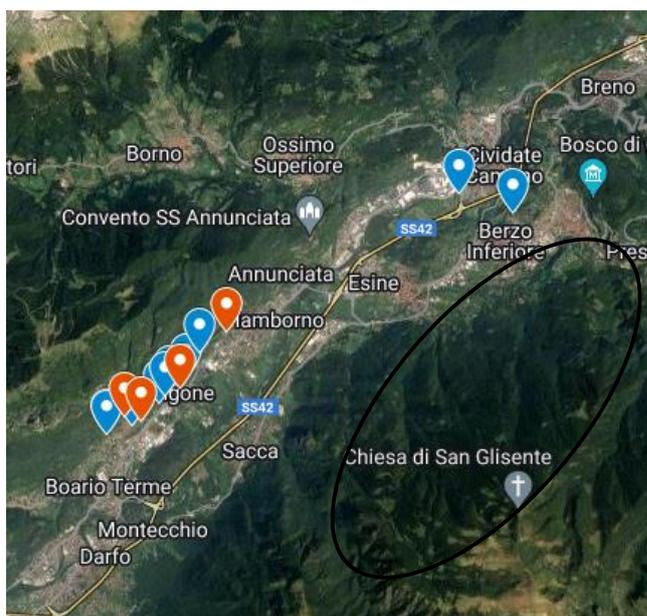


Figura3-3-6: Dettaglio dei vigneti presenti in zona 1

Comuni interessati: territorio compreso tra i comuni di Darfo Boario Terme e Piamborno. I vigneti sotto osservazione si trovano tutti sul versante sinistro della valle con esposizione Sud – Sud-Est (Vigneti sotto osservazione segnalati in blu).

Clima: E' la zona più vicina al lago d'Iseo, che garantisce buona mitigazione e ventilazione. Rispetto al nord della valle si riscontra in questa zona maggiore piovosità con un alto rischio di precipitazioni anche sottoforma di grandine, per due motivi principali: trattandosi di una fascia prealpina la concentrazione di aria umida che arriva dalla pianura si scarica in questa zona; inoltre, qui la valle presenta la sua massima sezione in larghezza tra i versanti, favorendo il persistere dei fenomeni metereologici.

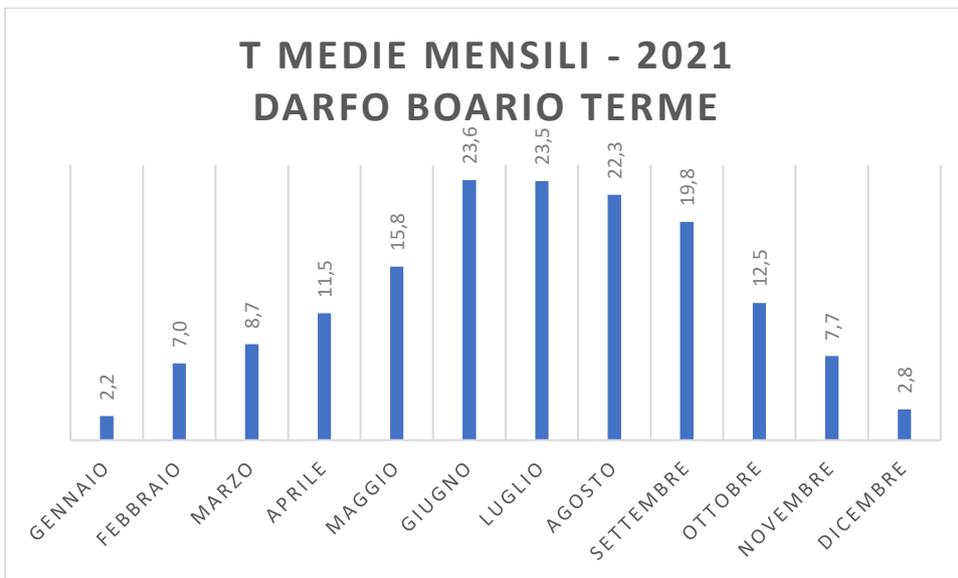


Grafico 3-3-1: temperature medie mensili, 2021. Centralina meteo Darfo Boario terme

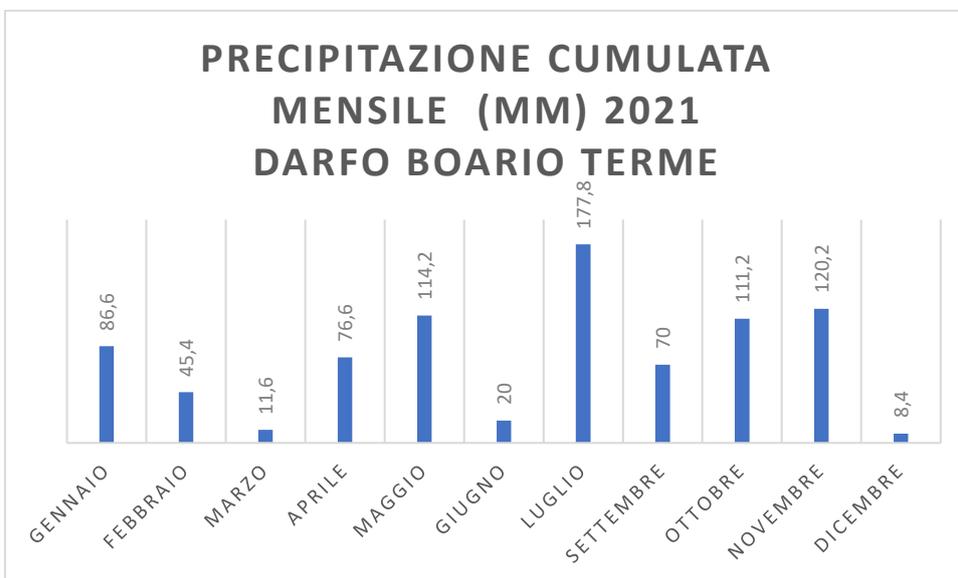


grafico 3-3-2: Precipitazione cumulata mensile (mm), 2021. Centralina meteo Darfo Boario terme

Suolo: In questa zona il pH del terreno è prevalentemente basico, poiché il suolo è composto da un substrato litologico di strati selciferi e marna calcarea. I vigneti si trovano distribuiti su terrazzamenti, con suoli prevalentemente scheletrici ma con una buona presenza di limo e minima argilla. L'alta percentuale di limo (circa il 30%) è dovuta al ritiro del ghiacciaio, che ha generato in questa zona un'area paludosa.

Potenzialità vinicole:

In questa parte della valle è indicata la coltivazione di varietà a bacca rossa utilizzabili nella produzione di vini rossi di buona struttura, garantita dalla presenza di scheletro e di limo. La maturità fenolica è più facilmente perseguibile rispetto alle zone più a nord grazie alla maggiore insolazione e al clima mitigato dalla vicinanza al lago d'Iseo. Le alte escursioni termiche giorno/notte recando meno stress alle piante permettono di preservare l'acidità delle bacche e di raggiungere con successo anche la maturità aromatica, rendendo possibile la produzione di vini strutturati e bilanciati, da lunga conservazione e affinamento.

Aziende e vigneti nel territorio:

AZ. SIGALA:

- vigneto: Erbanno2

varietà: Merlot; Cabernet Eidos

- Vigneto: Erbanno

Varietà: Erbanno

AZ. TOGNI REBAIOLI:

- vigneto: Erbanno

varietà: Sauvignier gris (3 anni)

- vigneto: Erbanno

varietà: Merlot

- vigneto: Erbanno

varietà: Lambrusco maestri

AZ. FOPPOLI:

- vigneto: Angone

varietà: Cabernet volos

AZ. LUSCIETTI

- vigneto: Piamborno

varietà: Merlot

zona2

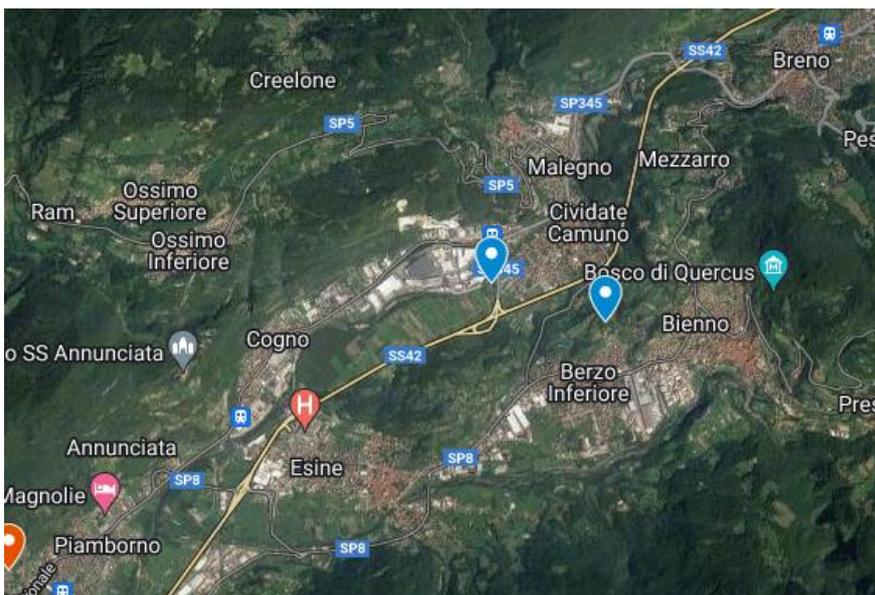


Figura 3-3-7: Dettaglio dei vigneti presenti in zona 2

Comuni interessati: I vigneti si trovano nei comuni di Cividate e Berzo, sulla parte destra della vallata esposti ad Ovest.

clima: In questa parte della valle, l'illuminazione risulta essere ottimale, garantita dal primo mattino fino a sera inoltrata, grazie al direzionamento verso Ovest che permette un'esposizione al sole ottimale. Qui la Valcamonica interseca la Val Grigna, e questo accavallamento di due valli garantisce una ventilazione costante, ma anche fenomeni piovosi intensi, con precipitazioni che superano i 1.100 mm annui e fenomeni di grandine.

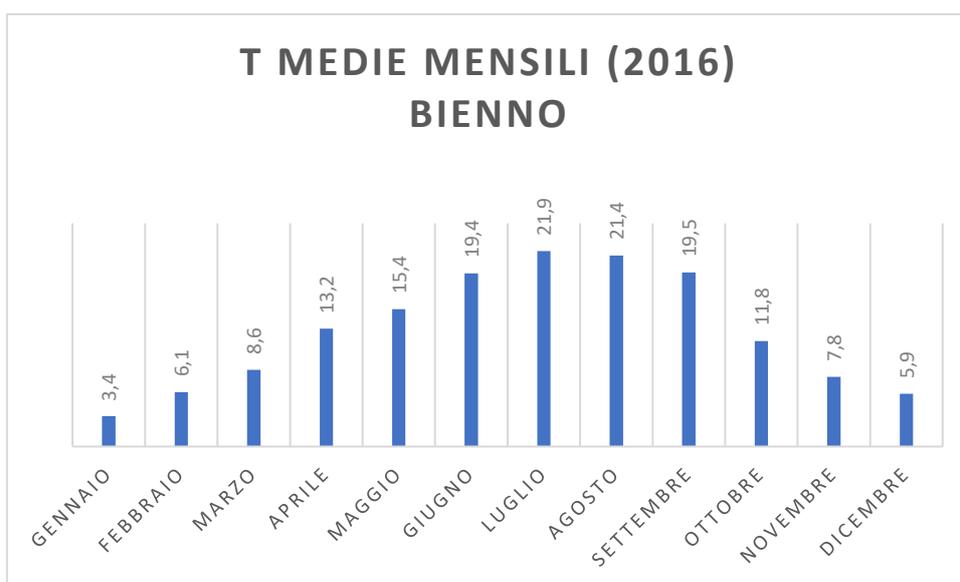


grafico 3-3-3: t medie mensili, 2016. Centralina meteo Bienna

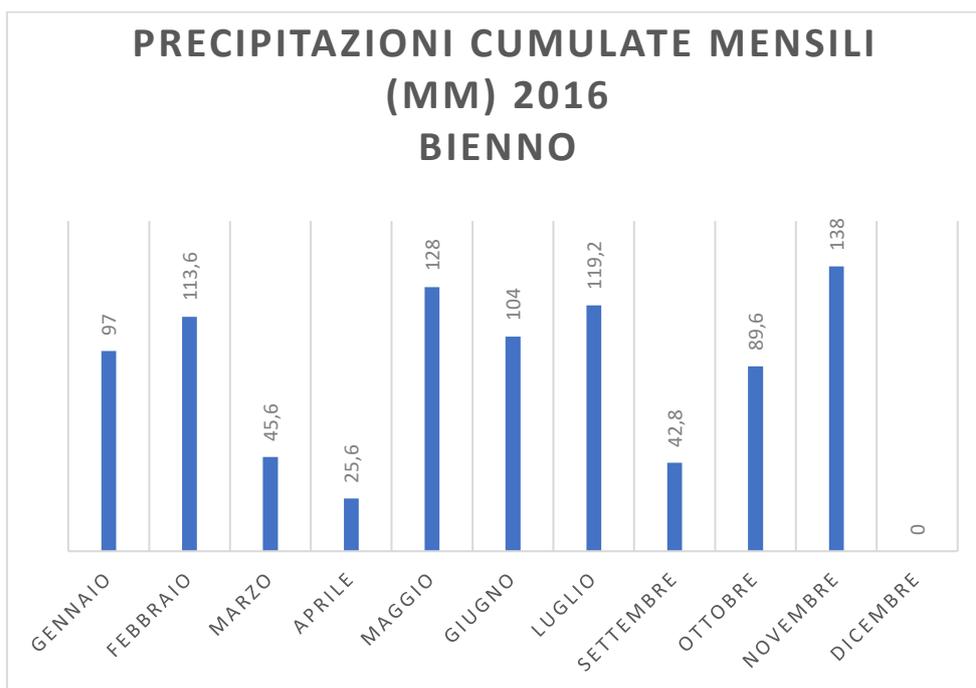


grafico 3-3-4: precipitazione cumulata mensile, 2016. centralina meteo Bienno

Suolo: questi due vigneti si trovano in terreni con pH diversi dovuti alla diversa litologia. Nel caso del vigneto situato nel comune di Cividate, il substrato si trova su una piana alluvionale che conferisce pH subacido; per quanto riguarda il vigneto nel comune di Berzo invece, i depositi detritici e il substrato di natura calcarea conferiscono al suolo pH basico.

Qui si riscontra una minore presenza di scheletro rispetto alle altre zone, con una buona percentuale di limo e argilla.

Potenzialità vinicole: È stato osservato in questa zona un ritardo fenologico di circa 5 giorni rispetto alla zona 1. Il tipo di suolo permette la produzione di vini rossi strutturati ed eleganti, e grazie all'illuminazione ottimale è possibile raggiungere una considerevole maturità fenolica.

Aziende e vigneti nel territorio:

AZ. MEDEGHINI:

- vigneto: Berzo inf.

Varietà: Merlot (micro2019)

AZ. AGRICOLA VALLECAMONICA:

- vigneto: Cividate camuno
- varietà: Manzoni bianco (micro 2019)

MEDIA VALLE

Zona3

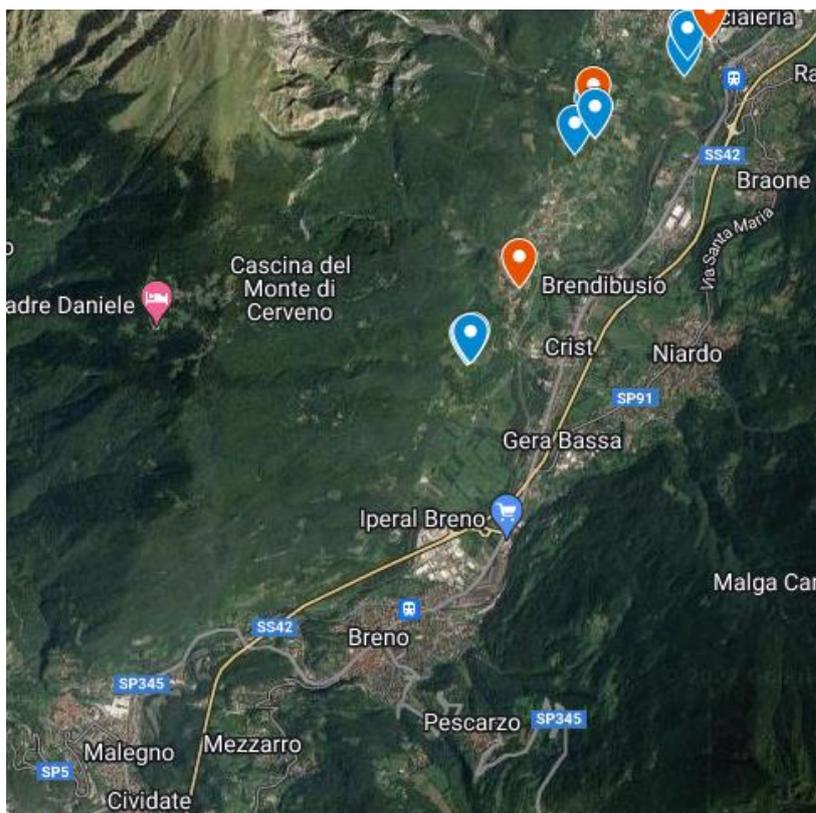


Figura 3-3-8: Dettaglio vigneti in zona 3

Comuni interessati: Il territorio è compreso tra i comuni di Breno e Losine. I vigneti si trovano sulla destra orografica della valle con esposizione Est – Sud-Est.

Clima: Il clima in quest’area subisce ancora l’influenza degli scambi di correnti con il Lago, che garantiscono la ventilazione. Lo spostamento delle masse d’aria in questa zona è influenzato anche dal restringimento litologico che si osserva all’inizio del territorio di Breno, che spesso divide le correnti causando ristagno di aria umida a volte a nord e a volte a sud, comportando notevoli differenze meteorologiche tra i comuni di Malegno e Breno, nonostante questi si trovino molto vicini tra loro.

Al confine tra Malegno e Breno il percorso di fondovalle sembra subire un’interruzione, riaprendosi poi verso Nord curvando intorno ai comuni di Ceto e Cerveno.

La curvatura è data dalla presenza del conoide del monte Concarena, che ovviamente ha una notevole influenza sulla disposizione dei venti. Il territorio situato nel comune di Losine subisce le maggiori precipitazioni, trovandosi nella zona sud di tale conoide, ed è influenzato direttamente dagli scambi di correnti d'aria con la bassa Valcamonica. Per questo motivo spesso le precipitazioni si verificano in forma di grandine, anche molto violenta.

Suolo: In quest'area l'influenza maggiore è ovviamente esercitata dal conoide di deiezione della Concarena, che essendo calcareo rende il pH del terreno basico. I suoli sono ricchi in scheletro e ben drenanti.

Potenzialità vinicole: Rispetto alla zona 1 si assiste ad un ritardo fenologico di circa 10 giorni; questo rende difficile il pieno raggiungimento della maturità fenolica per le varietà a bacca rossa, nonostante la coltivazione sia possibile. In generale probabilmente quest'area è più adatta alla produzione di vini rossi meno strutturati, con minor potenziale di invecchiamento e un profilo aromatico tendente al floreale.

Da questa sottozona a salire, la coltivazione preferenziale è di varietà a bacca bianca, con produzione di vini dalla notevole mineralità e sapidità fornite dal conoide calcareo, unitamente a ricchezza di profumi e acidità.

Aziende e vigneti nel territorio:

AZ. MEDEGHINI:

- vigneto: Losine

varietà: Merlot; Sauvignier gris; Merlot kanthus; Johannitter

AZ. LA MURACA:

- vigneto: Losine

varietà: Manzoni bianco (progetto Valsovica, non vendemmiato e seguito nel 2019 per scarsa produzione)

AZ. MONCHIERI:

- vigneto: Losine

varietà: Merlot khorus, Merlot (micro 2019)

zona4:

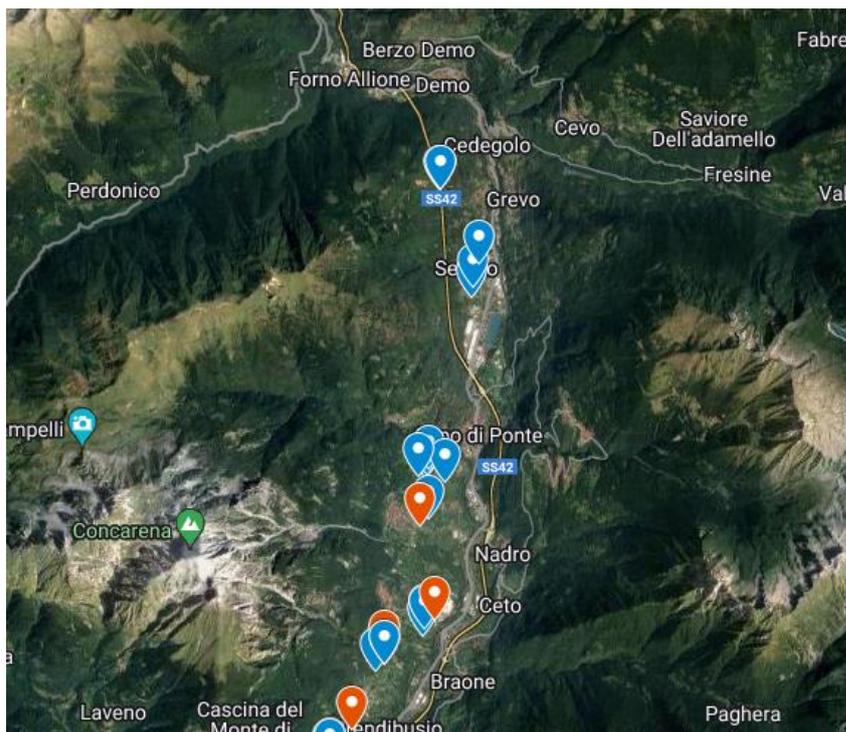


Figura 3-3-9: Dettaglio vigneti in zona 4

Comuni interessati: I vigneti sono situati nei comuni di Cerveno, Ono San Pietro, Capo di Ponte e Sellero, sulla destra orografica con esposizione ad Est.

clima: A causa della curvatura della valle dovuta alla presenza del conoide, le masse d'aria e la ventilazione sono molto variabili: i comuni di Cerveno e Ono s.p. risultano protetti dalle precipitazioni, grazie ad una ventilazione costante ed asciutta dovuta all'intersecarsi del conoide. Le precipitazioni si scaricano prevalentemente su Losine, e proseguono impattando il versante opposto.



grafico 3-5: t media mensile, 2021. Centralina meteo Capo di Ponte.

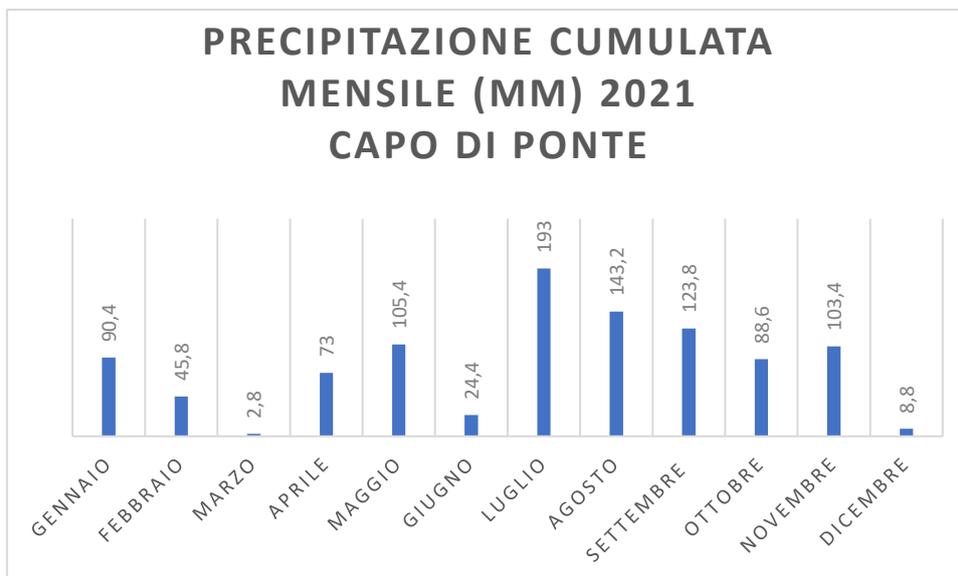


grafico 3-3-6: Precipitazione cumulata mensile, 2021. Centralina meteo Capo di Ponte

Suolo: Non tutti i comuni di questa sottozona si trovano sul conoide, e la diversa litologia comporta una variabilità nel pH del suolo: infatti se a Capo di Ponte e Ono S.P. i depositi gessosi e le marne calcaree rendono il pH decisamente basico, i vigneti che si trovano nel comune di Sellero, grazie alla presenza di substrato scistoso, appoggiano su suoli tendenzialmente acidi. Nella zona di Capo di ponte e Sellero, non essendo ubicati sul puro conoide, il substrato presenta minor percentuale di scheletro, con presenza di limo e argilla intorno al 30%. Storicamente, in tale area i terreni sono stati soggetti maggiormente a

coltivazione e questo ha comportato una presenza di sostanza organica maggiore rispetto ai terreni di Losine e Cerveno.

Potenzialità vinicole: In questa zona si assiste ad un ritardo fenologico di circa 5 giorni rispetto a Losine. La direzione Nord-Sud della valle comporta che il versante interessato, esposto ad est, si trovi in condizione di minore illuminazione nel pomeriggio. In quest'area è possibile la produzione di vini potenzialmente più strutturati, sempre considerando che le varietà rosse meglio adattabili a questa zona sono quella a maturazione precoce.

Aziende e vigneti nel territorio:

AZ. MOGGIO:

- vigneto: Cerveno

Varietà: Merlot, Cabernet volos

AZ. ZANETTA:

- vigneto: Cerveno

Varietà: Manzoni bianco (micro 2019)

AZ. FLONNO:

- vigneto: Ono S.P.

varietà: Sauvignier gris

- vigneto: Capo di ponte

varietà: Cabernet cortis (micro 2019)

AZ. CASCINA CASOLA

- vigneto: Capo di ponte

Varietà: Manzoni bianco (micro 2019)

AZ. CONCARENA

- Vigneto: Capo di ponte

Varietà: Merlot; Merlot kanthus; Merlot khorus; Sauvignier gris

AZ. RODELLA:

- Vigneto: Sellero

Varietà: Merlot (micro 2019); Sauvignier gris

AZ. VI BU

- Vigneto: Sellero

Varietà: Manzoni bianco (micro 2019)

AZ. CARONA

- Vigneto: Sellero novelle

Varietà: Chardonnay

ALTA VALLE

zona5



Figura 3-3-10: dettaglio vigneto zona 5

Comuni interessati: L'ultimo vigneto in osservazione si trova nel comune di Edolo

clima: In questa zona la vallata vede la sua minima estensione in larghezza tra i versanti, compromettendo una adeguata esposizione solare dal comune di Cedegolo a Malonno, eccetto per alcune frazioni sopraelevate e situate lungo i versanti. Da Malonno il territorio si apre nuovamente favorendo una discreta insolazione. In quest'area l'influenza del Lago d'Iseo scompare totalmente a causa di questo restringimento litologico.

Il comune di Edolo è molto interessante, poiché posizionato al centro di tre raccordi: da Sud la Valle Camonica, la valle che prosegue verso Nord in zona Ponte di Legno e la vallata che si direziona verso Ovest (zona Aprica).

I vigneti situati ad Edolo si trovano ad un'altitudine maggiore rispetto agli altri, ma l'esposizione Sud – Sud-Est garantisce comunque una buona illuminazione, anche in territori posti a più di 600 metri sul livello del mare.

Le masse di aria umida si scaricano precedentemente lungo la valle, e per questo in alta Valcamonica i fenomeni piovosi sono molto minori rispetto alle altre zone; l'area intorno ad Edolo in particolare si dispone parallelamente allo spartiacque alpino, trovandosi così ancora più protetta a nord e a sud dai versanti.

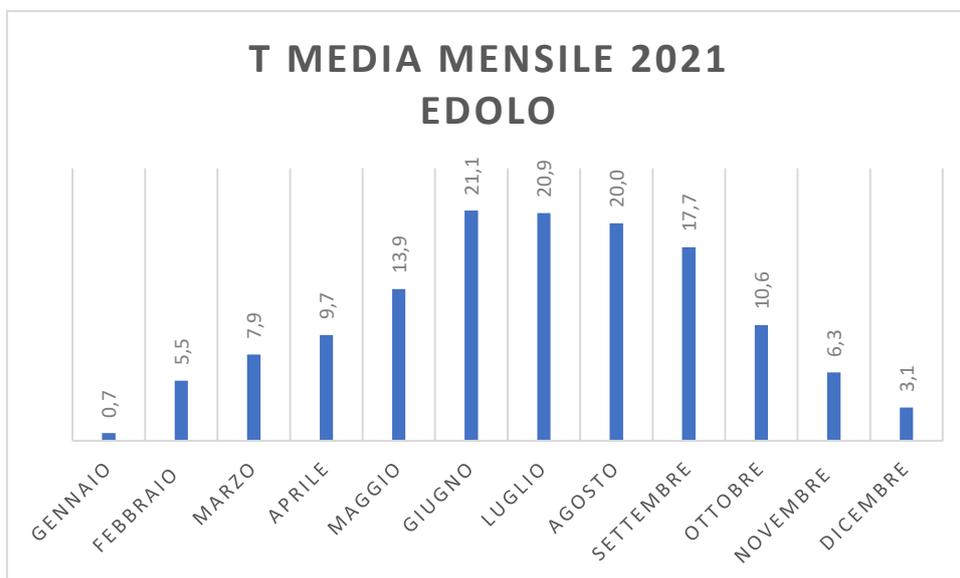


grafico 3-7: t media mensile, 2021. Centralina meteo Edolo

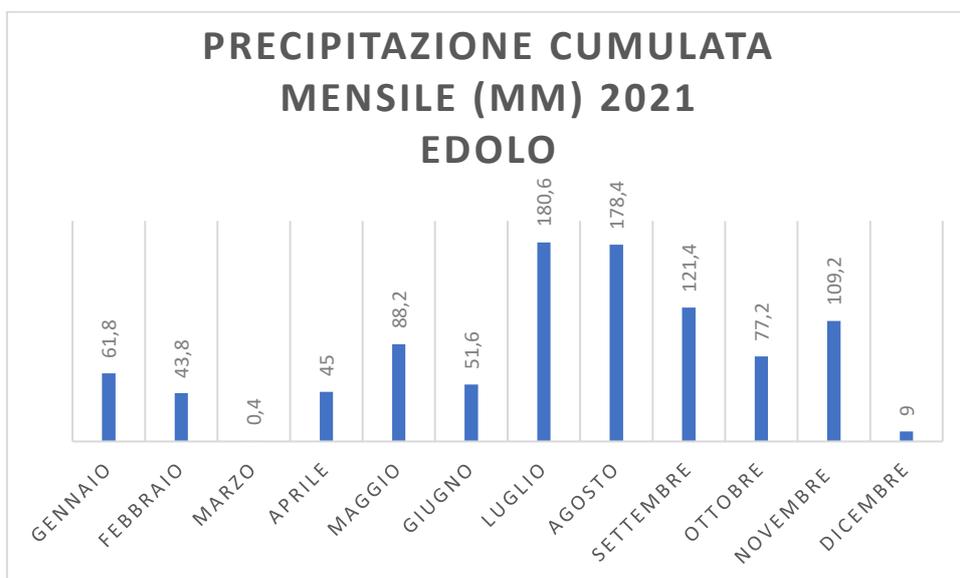


grafico 3-8: precipitazione cumulata, 2021. Centralina meteo Edolo

Suolo: Anche in questa zona il substrato scistoso rende il suolo acido, con una media presenza di scheletro e media struttura.

Potenzialità vinicole: Con varietà adatte alla coltivazione in quest'area, a maturazione precoce, è possibile produrre vini bianchi di grande freschezza e acidità, con un notevole profilo aromatico.

Aziende e vigneti nel territorio:

AZ. IL CARDO

- Vigneto: Edolo

Varietà: Solaris (micro 2019)

Fonte dati climatici: Arpa meteo Lombardia

Fonte dati suolo: Geo portale Lombardia

3.3.1.4 Indici bioclimatici

WEATHER BY MONTH // WEATHER AVERAGES DARFO BOARIO TERME

	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
Avg. Temperature °C (°F)	-3.5 °C (25.7) °F	-2.1 °C (28.1) °F	2.1 °C (35.8) °F	5.9 °C (42.6) °F	10.6 °C (51.2) °F	14.8 °C (58.7) °F	16.6 °C (61.8) °F	16.2 °C (61.2) °F	12.6 °C (54.7) °F	8.4 °C (47.2) °F	3 °C (37.5) °F	-1.6 °C (29.2) °F
Min. Temperature °C (°F)	-8.5 °C (16.7) °F	-7.5 °C (18.5) °F	-3 °C (26.6) °F	0.4 °C (32.7) °F	4.9 °C (40.8) °F	9.3 °C (48.8) °F	11.3 °C (52.4) °F	11.3 °C (52.4) °F	8.1 °C (46.7) °F	4.4 °C (39.9) °F	-0.7 °C (30.7) °F	-5.9 °C (21.3) °F
Max. Temperature °C (°F)	2 °C (35.6) °F	2.8 °C (37) °F	6.5 °C (43.7) °F	10.3 °C (50.5) °F	15.1 °C (59.2) °F	19.1 °C (66.4) °F	20.8 °C (69.4) °F	20.4 °C (68.8) °F	16.6 °C (61.9) °F	12.4 °C (54.3) °F	6.9 °C (44.4) °F	3.1 °C (37.5) °F
Precipitation / Rainfall mm (in)	67 (2)	70 (2)	92 (3)	158 (6)	197 (7)	213 (8)	204 (8)	199 (7)	170 (6)	174 (6)	177 (6)	86 (3)
Humidity(%)	69%	70%	72%	77%	78%	78%	78%	80%	81%	83%	79%	71%
Rainy days (d)	5	6	7	13	17	17	16	16	12	10	9	6
avg. Sun hours (hours)	6.1	6.5	7.2	7.2	8.1	9.6	9.9	8.6	6.6	5.3	5.1	5.7

Data: 1991 - 2021 Min. Temperature °C (°F), Max. Temperature °C (°F), Precipitation / Rainfall mm (in), Humidity, Rainy days. Data: 1999 - 2019: avg. Sun hours

Tabella 3-1. Fonte: www.climate.data.org

WEATHER BY MONTH // WEATHER AVERAGES BIENNO



	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
Avg. Temperature °C (°F)	-3.9 °C (25) °F	-2.6 °C (27.3) °F	1.6 °C (34.9) °F	5.3 °C (41.6) °F	10.1 °C (50.2) °F	14.3 °C (57.8) °F	16.1 °C (61) °F	15.8 °C (60.4) °F	12.2 °C (53.9) °F	8.1 °C (46.5) °F	2.7 °C (36.8) °F	-1.9 °C (28.5) °F
Min. Temperature °C (°F)	-8.7 °C (16.4) °F	-7.8 °C (18) °F	-3.4 °C (25.9) °F	-0 °C (32) °F	4.5 °C (40) °F	8.9 °C (48.1) °F	11 °C (51.7) °F	11 °C (51.8) °F	7.9 °C (46.2) °F	4.1 °C (39.4) °F	-0.9 °C (30.3) °F	-6.1 °C (21) °F
Max. Temperature °C (°F)	1.5 °C (34.7) °F	2.2 °C (35.9) °F	5.8 °C (42.5) °F	9.5 °C (49.1) °F	14.5 °C (58.1) °F	18.5 °C (65.4) °F	20.2 °C (68.4) °F	19.9 °C (67.8) °F	16.1 °C (60.9) °F	11.9 °C (53.5) °F	6.4 °C (43.5) °F	2.6 °C (36.6) °F
Precipitation / Rainfall mm (in)	67 (2)	70 (2)	92 (3)	158 (6)	197 (7)	213 (8)	204 (8)	199 (7)	170 (6)	174 (6)	177 (6)	86 (3)
Humidity(%)	69%	70%	72%	77%	78%	78%	78%	79%	80%	83%	78%	70%
Rainy days (d)	5	6	7	13	17	17	16	16	12	10	9	6
avg. Sun hours (hours)	6.1	6.5	7.2	7.2	8.1	9.6	9.9	8.6	6.6	5.3	5.1	5.7

Data: 1991 - 2021 Min. Temperature °C (°F), Max. Temperature °C (°F), Precipitation / Rainfall mm (in), Humidity, Rainy days. Data: 1999 - 2019: avg. Sun hours

Tabella 3-2. Fonte: www.climate.data.org

WEATHER BY MONTH // WEATHER AVERAGES CAPO DI PONTE



	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
Avg. Temperature °C (°F)	-5.3 °C (22.4) °F	-3.9 °C (25) °F	0.5 °C (33) °F	4.3 °C (39.7) °F	9.1 °C (48.3) °F	13.5 °C (56.2) °F	15.1 °C (59.2) °F	14.8 °C (58.6) °F	11.1 °C (52) °F	6.9 °C (44.5) °F	1.4 °C (34.4) °F	-3.4 °C (25.9) °F
Min. Temperature °C (°F)	-10.4 °C (13.3) °F	-9.2 °C (15.4) °F	-4.3 °C (24.3) °F	-0.5 °C (31.1) °F	3.8 °C (38.8) °F	8.2 °C (46.7) °F	10 °C (50) °F	9.9 °C (49.8) °F	6.7 °C (44) °F	2.8 °C (37.1) °F	-2.4 °C (27.8) °F	-7.6 °C (18) °F
Max. Temperature °C (°F)	0.2 °C (32.3) °F	1.2 °C (34.1) °F	4.8 °C (40.6) °F	8.2 °C (46.8) °F	13.3 °C (56) °F	17.7 °C (63.8) °F	19.3 °C (66.7) °F	18.9 °C (66.1) °F	15.2 °C (59.3) °F	11 °C (51.8) °F	5.2 °C (41.4) °F	1.2 °C (34.2) °F
Precipitation / Rainfall mm (in)	67 (2)	70 (2)	92 (3)	158 (6)	197 (7)	213 (8)	204 (8)	199 (7)	170 (6)	174 (6)	177 (6)	86 (3)
Humidity(%)	64%	66%	70%	76%	79%	78%	78%	80%	80%	82%	76%	66%
Rainy days (d)	5	6	7	13	17	17	16	16	12	10	9	6
avg. Sun hours (hours)	6.1	6.5	7.2	7.2	8.1	9.6	9.9	8.6	6.6	5.3	5.1	5.7

Data: 1991 - 2021 Min. Temperature °C (°F), Max. Temperature °C (°F), Precipitation / Rainfall mm (in), Humidity, Rainy days. Data: 1999 - 2019: avg. Sun hours

Tabella 3-3: fonte www.climate.data.org

WEATHER BY MONTH // WEATHER AVERAGES EDOLO



	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
Avg. Temperature °C (°F)	-7.4 °C (18.7) °F	-5.6 °C (22) °F	-0.7 °C (30.7) °F	3.4 °C (38) °F	8.1 °C (46.6) °F	13.1 °C (55.5) °F	14.8 °C (58.6) °F	14.3 °C (57.7) °F	10.3 °C (50.6) °F	5.7 °C (42.3) °F	-0.4 °C (31.4) °F	-5.8 °C (21.6) °F
Min. Temperature °C (°F)	-12.5 °C (9.5) °F	-10.9 °C (12.4) °F	-5.4 °C (22.3) °F	-0.8 °C (30.5) °F	3.4 °C (38.1) °F	7.9 °C (46.2) °F	9.6 °C (49.2) °F	9.3 °C (48.8) °F	5.6 °C (42.1) °F	1.3 °C (34.4) °F	-4.3 °C (24.2) °F	-10.6 °C (12.9) °F
Max. Temperature °C (°F)	-2.1 °C (28.1) °F	-0.4 °C (31.3) °F	3.6 °C (38.5) °F	7.1 °C (44.7) °F	12.2 °C (53.9) °F	17.4 °C (63.3) °F	19.1 °C (66.5) °F	18.7 °C (65.7) °F	14.8 °C (58.6) °F	10.1 °C (50.2) °F	3.7 °C (38.7) °F	-1.1 °C (30) °F
Precipitation / Rainfall mm (in)	59 (2)	55 (2)	67 (2)	107 (4)	127 (5)	130 (5)	119 (4)	109 (4)	107 (4)	126 (4)	143 (5)	74 (2)
Humidity(%)	68%	67%	67%	74%	76%	72%	72%	75%	76%	78%	76%	69%
Rainy days (d)	6	6	7	10	14	13	13	12	9	8	9	7
avg. Sun hours (hours)	5.6	6.2	7.1	7.4	8.0	9.7	10.0	8.6	6.6	5.3	4.9	5.1

Data: 1991 - 2021 Min. Temperature °C (°F), Max. Temperature °C (°F), Precipitation / Rainfall mm (in), Humidity, Rainy days. Data: 1999 - 2019: avg. Sun hours

Tabella 3-4: fonte www.climate.data.org

Sulla base dei dati pluriannuali raccolti nelle stazioni metereologiche presenti, sono stati calcolati alcuni indici bioclimatici:

Indice di Jackson

Suddivide il territorio in due aree in base alla temperatura media nel periodo di maturazione:

- **Beta:** Mesoclimi tendenzialmente caldi.

Tmedia nel periodo di maturazione delle uve > 16°C.

- **Alpha:** Mesoclimi freddi.

Tmedia nel periodo di maturazione delle uve tra i 9 e 15°C.

STAZIONE	T Media	Macroarea
DARFO B.T.	16,4	BETA
BIENNO	15,8	ALPHA
CAPO DI PONTE	14,9	ALPHA
EDOLO	14,5	ALPHA

Tabella 3-5

Tranne la zona di Darfo Boario terme, tutti i comuni in media e alta valle si trovano in area alpha.

Indice di Winkler

Permette di definire il potenziale vegeto-produttivo della vite in territori diversi, considerando la sommatoria delle temperature medie maggiori di 10°C, registrate nella stagione vegeto-produttiva, da inizio aprile a fine ottobre.

$$GDD = \sum_4^{10} \max \left[\left(\frac{T_{\min} + T_{\max}}{2} - 10 \right); 0 \right]$$

STAZIONE	IW
DARFO B.T.	1803
BIENNO	1670
CAPO DI PONTE	1520
EDOLO	1370

Tabella 3-6

Regione	GDD Winkler	Temperatura media (°C)	Varietà	Tipiche zone vocate.
Regione 1	<1390	<19.8	Pinot Nero, Riesling, Chardonnay, Gewurztraminer, Pinot Grigio, Sauvignon Blanc.	Chablis, Friuli, Tasmania, Champagne, Marlborough.
Regione 2	1391 - 1670	19.9 - 21.3	Cabernet Sauvignon, Chardonnay, Merlot, Semillon, Syrah.	Bordeaux, Alsace, Yarra Valley, Frankland River.
Regione 3	1671 - 1940	21.4 - 22.8	Grenache, Barbera, Tempranillo, Syrah.	Clare Valley, Lower Hunter, Rioja, Piemonte.

Figura 3-11: Classificazione e attitudini colturali delle diverse zone in base all'indice di

La bassa valle, trovandosi in regione 3, vede indicata la coltivazione di varietà a bacca rossa con una spiccata componente polifenolica, perché il clima mite favorisce il conseguimento della maturità fenolica.

In media valle, la similitudine col clima di Bordeaux suggerisce la coltivazione di varietà che permettano la produzione di grandi vini rossi strutturati.

Le temperature nettamente più fredde in alta valle, che si trova in regione 1, permettono di preservare acidità e potenziale aromatico di varietà a bacca bianca

Indice di Huglin

La limitazione dell'indice di Winkler è che tende a sottostimare la temperatura, considerando soltanto le temperature medie, che spesso non raggiungono i 10° C.

L'indice di somma del calore di Huglin considera sia le temperature medie giornaliere che le temperature massime. La sommatoria delle temperature oltre i 10°C viene calcolata da inizio aprile a fine settembre, e moltiplicata per una costante K al variare della latitudine.

L'indice non tiene conto di diversi fattori e le somme termiche calcolate sottostimano i valori effettivi nei vigneti. In pendii ben esposti i valori di temperatura possono essere più alti di 1,5/2 ° C rispetto alla stima.

$$H = HI = K \cdot \sum_{01.04.}^{30.09.} \left(\frac{T_{\text{mean}} + T_{\text{max}}}{2} - 10 \right) = K \cdot \sum_{01.04.}^{30.09.} \frac{(T_{\text{mean}} - 10) + (T_{\text{max}} - 10)}{2}$$

Stazione	Huglin
Darfo B. t.	2411
Capo di Ponte	2187
Edolo	1967

Tabella 3-7

Indice Huglin H	Varietà di uva
$H < 1500$	
$1500 \leq H < 1600$	Müller-Thurgau , Blauer Portugieser
$1600 \leq H < 1700$	Pinot bianco , Grauer Burgunder , Aligoté , Gamay noir , Gewürztraminer
$1700 \leq H < 1800$	Riesling , Chardonnay , Silvaner , Sauvignon blanc , Pinot nero , Grüner Veltliner
$1800 \leq H < 1900$	Cabernet Franc
$1900 \leq H < 2000$	Chenin blanc , Cabernet Sauvignon , Merlot , Sémillon , Welschriesling
$2000 \leq H < 2100$	Ugni blanc
$2100 \leq H < 2200$	Grenache , Syrah , Cinsaut
$2200 \leq H < 2300$	Carignan
$2300 \leq H < 2400$	Aramon

Figura 3-12: classificazione delle varietà secondo l'indice di Huglin

Cool Night Index

Il Cool Night Index valuta la **VARIABILITÀ DELLA FRESCHEZZA NOTTURNA** che influisce sull'aspetto qualitativo delle uve.

Stazione	Cool Night Index
Darfo	14,4
Capo di Ponte	11,7
Edolo	11,5

Tabella 3-8

Uno degli effetti del cambiamento climatico in corso è l'aumento generale delle temperature, e questo comporterà sicuramente una variazione di questi indici.

3.3.2 Valtellina

3.3.2.1 *Storia della viticoltura in Valtellina*

La Valtellina è una valle alpina posta all'estremo nord della Lombardia. Il nome deriva dal latino "Vallis Tellina", denominazione ritrovata anche in un documento risalente al 775 ad opera di Carlo Magno, cioè "Valle di Teglio" dall'omonimo paese che si trova in media valle.

La valle, percorsa dal fiume Adda che confluisce poi nel Lago di Como, è delimitata a nord dal versante delle Alpi Retiche e a sud dalla fascia delle Prealpi Orobiche. Il confine nord-orientale con l'Alto Adige è delimitato dal passo dello Stelvio, mentre attraverso il Passo del Gavia e della Aprica la Valtellina si connette alla Valcamonica. A nord e a sud della valle troviamo rispettivamente il territorio svizzero e le province di Bergamo e Brescia.

La valle si estende in larghezza per circa 66 km e in lunghezza per circa 150 km, percorrendo la linea insubrica che segna la "saldatura" fra le Alpi Retiche orientali e le Alpi e Prealpi Bergamasche e Orobiche. Questo posizionamento determina una diversa pedogenesi nei due versanti della valle, influenzando le diverse composizioni minerali del suolo e differenze a livello climatico.

Come per la Valcamonica, l'origine glaciale ne determina la forma ad "U" e la presenza di conoidi di deiezione e terrazzi fluivo-glaciali.

Le prime testimonianze sulla presenza di vite in Valtellina arrivano dal periodo romanico grazie a scritti di Virgilio e Plinio il Giovane, in cui si riporta che la vite viene importata in Valtellina dai primi insediamenti dei popoli liguri sui versanti alpini. All'inizio del Basso Medioevo la Valtellina, come tutto il territorio lombardo, si trova sotto i vescovi di Como, ed è proprio grazie alla spinta ecclesiastica che il paesaggio e il sistema di terrazzamenti vengono consolidati, e la produzione vitivinicola implementata. Dalla prima decade del 1500 inizia in Valtellina la dominazione dei Grigioni, cantone svizzero che, nonostante l'occupazione della valle, garantì al popolo valtellinese il rispetto di costumi e tradizioni. Questo portò grande prestigio alla produzione di vino valtellinese, grazie anche all'esportazione florida in tutto il Centro Europa. La viticoltura e la produzione vinicola in Valtellina proseguono senza sosta nonostante il susseguirsi di dominazioni a cui è andata in contro la valle. A metà '800, dopo l'annessione alla Repubblica Cisalpina, l'espansione viticola è al suo massimo, con una superficie di oltre 6000 ettari terrazzati. Ovviamente la viticoltura in valle ha subito le stesse crisi che hanno assoggettato la produzione di tutta Europa, sia dal punto di vista patologico che sociale, con l'introduzione di patogeni dall'America e le Guerre della prima metà del

‘900, oltre al progressivo abbandono del faticoso lavoro di campagna nel secondo Dopoguerra.

Tra i momenti che segnano importanti riconoscimenti per la viticoltura valtellinese c'è l'istituzione della Denominazione di Origine Controllata nel 1968, seguita nel 1976 dalla nascita del Consorzio per la Tutela dei Vini di Valtellina. Gli ultimi anni del '900 e l'inizio dell'anno 2000 vedono l'affermarsi di numerose case vitivinicole, con una superficie vitata ben inferiore ai 6000 ettari del XIX secolo ma con una produzione caratterizzata da maggiore capacità e consapevolezza tecnica. L'affermazione sul mercato aumenta anche grazie al riconoscimento nel 2003 della DOCG Sforzato di Valtellina. Ad oggi il sistema agricolo valtellinese è tenuto in piedi da grandi aziende storiche così come piccoli e medi produttori, che si impegnano nella valorizzazione di un territorio particolare ed "eroico". I terrazzamenti in forte pendenza che rendono così famosa questa valle richiedono un impegno professionale nella lavorazione, rischiosa, faticosa ma soprattutto completamente manuale.

3.3.2.2 *Vigneto di Grosio*

Posizione:



Figura 3-13: posizionamento del vigneto sperimentale. fonte: Google Earth

Il vigneto circonda il Castello Visconti Venosta e il Castello di San Faustino, rispettivamente definiti come “Castello Nuovo” e “Castello Vecchio”, che sovrastano il paese di Grosio, in provincia di Sondrio. Questo colle soleggiato e ben esposto ha ospitato per molti anni la coltura della vite, prevalentemente di varietà Nebbiolo (o Chiavennasca localmente), ma i vini prodotti non erano sempre apprezzati, a causa della sua peculiare maturazione tardiva che portava alla produzione di vini dalla spiccata acidità e dalla beva difficile. Per questo motivo la coltura agricola venne abbandonata e il colle tornò boschivo.



Figura 3-14: Inquadramento della zona al castello di Grosio prima della bonifica. fonte Geo portale Sondrio

Grazie al progetto di bonifica e rivalorizzazione della zona è stato impiantato un nuovo vigneto sperimentale per una superficie di 15.000 m² sulle aree utilizzabili, sfruttando la presenza di terrazzamenti.



Figura 3-15: Zona del castello dopo la bonifica e l'impianto dei vigneti

Le varietà scelte per l'impianto sono tutte varietà resistenti a bacca bianca e maturazione precoce: Muscaris, Johanniter, Sauvignier Gris, Bronner, Aromera e Solaris.

Clima:

WEATHER BY MONTH // WEATHER AVERAGES GROSIO

< >

	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
Avg. Temperature °C (°F)	-8.8 °C (16.1) °F	-7.1 °C (19.2) °F	-2.3 °C (27.8) °F	1.9 °C (35.3) °F	6.5 °C (43.6) °F	11.7 °C (53) °F	13.5 °C (56.3) °F	13.1 °C (55.5) °F	9 °C (48.2) °F	4.4 °C (40) °F	-1.9 °C (28.6) °F	-7.3 °C (18.9) °F
Min. Temperature °C (°F)	-13.7 °C (7.4) °F	-12.2 °C (10) °F	-7 °C (19.3) °F	-2.3 °C (27.8) °F	1.9 °C (35.5) °F	6.4 °C (43.6) °F	8.2 °C (46.7) °F	8 °C (46.4) °F	4.2 °C (39.6) °F	0 °C (32) °F	-5.9 °C (21.4) °F	-12 °C (10.4) °F
Max. Temperature °C (°F)	-3.9 °C (25) °F	-2.1 °C (28.2) °F	2 °C (35.6) °F	5.6 °C (42) °F	10.4 °C (50.7) °F	16.1 °C (60.9) °F	17.9 °C (64.3) °F	17.6 °C (63.7) °F	13.6 °C (56.5) °F	8.8 °C (47.9) °F	2.1 °C (35.8) °F	-2.8 °C (26.9) °F
Precipitation / Rainfall mm (in)	59 (2)	55 (2)	67 (2)	107 (4)	127 (5)	130 (5)	119 (4)	109 (4)	107 (4)	126 (4)	143 (5)	74 (2)
Humidity(%)	70%	69%	68%	74%	77%	72%	71%	74%	75%	78%	77%	70%
Rainy days (d)	8	6	7	10	14	13	13	12	9	8	9	7
avg. Sun hours (hours)	5.6	6.2	7.1	7.4	8.0	9.7	10.0	8.6	6.6	5.3	4.9	5.1

Data: 1991 - 2021 Min. Temperature °C (°F), Max. Temperature °C (°F), Precipitation / Rainfall mm (in), Humidity, Rainy days. Data: 1999 - 2019: avg. Sun hours

Tabella 3-9

I terrazzamenti su cui è presente il vigneto si trovano ad un'altitudine compresa fra i 650 e i 700 m s.l.m. L'esposizione a sud-est garantisce temperature fresche anche nei mesi estivi.

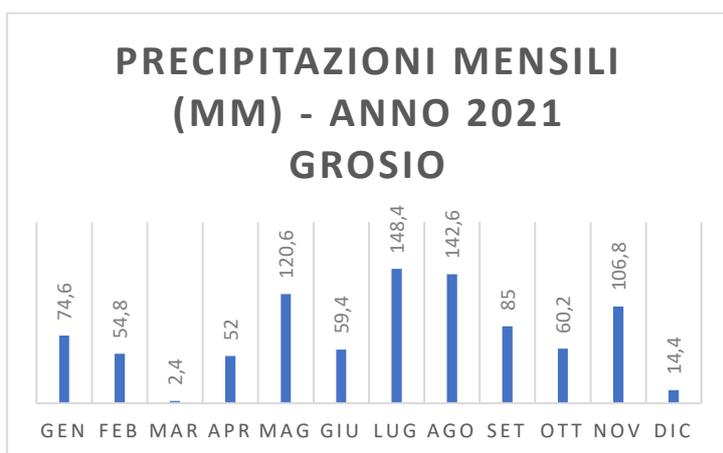


grafico 3-9: Precipitazione cumulata mensile, 2021. Stazione meteo Grosio

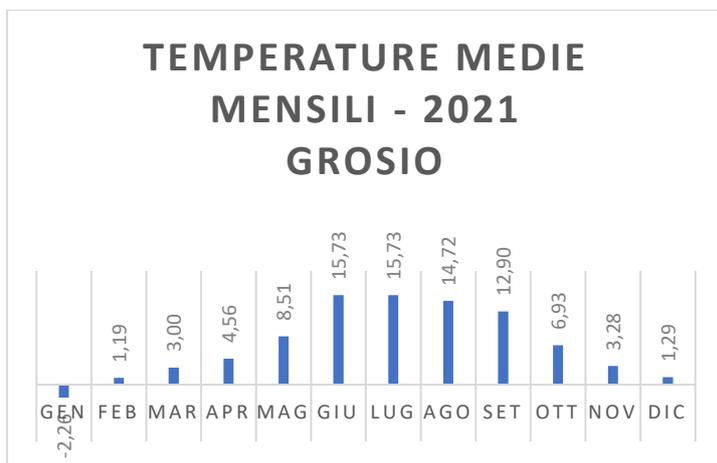


grafico 3-10: t medie mensili, 2021. Stazione meteo Grosio

La peculiarità di questa zona è la bassa incidenza di fenomeni piovosi, ed è per questo che è stata scelta per la messa a dimora del vigneto sperimentale, grazie al quale è stata possibile la caratterizzazione agronomica di varietà resistenti a conduzione biologica.

L'annata 2021 è stata caratterizzata da temperature particolarmente basse, specialmente nel periodo di germogliamento e fioritura.

Suolo:

Il vigneto si trova in un terreno poco profondo, essendo terrazzato, di tessitura sabbiosa con abbondante scheletro. L'abbandono per anni del terreno ha ristabilito la fertilità del suolo: l'elevato contenuto di sostanza organica rende il pH subacido.

Potenzialità vitivinicole: Le basse temperature e la buona esposizione solare garantita dall'orientamento nord-sud dei filari permettono di preservare acidità e componente aromatica nelle varietà a bacca bianca a maturazione precoce, e di produrre vini freschi e dalla spiccata componente varietale.

3.3.2.3 Vigneto di Stazzona

Posizione: Nella frazione di Stazzona (So) è stato valutato l'andamento di maturazione di un vigneto di Solaris. Il vigneto si trova ad un'altitudine di 400m, dalla parte valtellinese del passo dell'Aprica, che collega Valtellina e Valcamonica.

Suolo: Grazie alle informazioni presenti sul Geo portale della provincia di Sondrio è stato possibile risalire alla litologia di questo terreno. Si tratta di un suolo di origine colluviale, ciò significa che si è formato grazie ai sedimenti che sono stati depositati alla base dei pendii per azione degli agenti atmosferici. Questo tipo di terreno solitamente presenta una composizione molto varia.

3.3.2.4 Vigneto di Baruffini

Posizione: Anche nel comune di Baruffini è stato possibile valutare il comportamento agronomico di un vigneto di Solaris. Il vigneto è di proprietà di Cantina la Grazia (Tirano, So) ed è stato impiantato ad un'altitudine di 900m slm. La gestione agronomica del vigneto non ha previsto trattamenti antifungini durante la stagione, ma sono comunque state effettuate tutte le pratiche agronomiche di gestione del verde necessarie e le piante alla valutazione visiva risultavano sufficientemente equilibrate in termini di sviluppo vegetativo e produzione. Anche la valutazione sanitaria è stata positiva, le altitudini e la bassa umidità hanno evitato lo sviluppo di patogeni fungini.

Suolo: Il suolo si trova ad un'altitudine maggiore rispetto a quello di Stazzona, a fondovalle ed è formato da depositi morenici. Presenta un pH sub-acido e tessitura sabbioso-limosa, con elevata capacità drenante grazie all'abbondante presenza di scheletro.

,

3.3.2.5 Vigneti di Tirano, Cantina la Grazia

Il terreno di proprietà di Cantina la Grazia è stato riqualificato grazie all'impianto di diverse varietà Piwi, in seguito all'espianto di un frutteto poco produttivo. La collocazione a fondo valle comporta maggiore ristagno di umidità e temperature più alte rispetto ai vigneti di Grosio e Baruffini, similmente al vigneto posto nella frazione di Stazzona.

Suolo: Il suolo, come molti altri in area montana, si è formato grazie al ritiro dei ghiacciai. La tessitura è prevalentemente sabbiosa per lo sfaldamento delle rocce granitiche. Si tratta di un terreno molto drenante in cui è difficile sussistano problemi di ristagno idrico.

Clima: i tre vigneti (Stazzona, Baruffini e tirano) condividono gli stessi dati climatici, trovandosi tutti e tre nel comune di tirano. Purtroppo la mancanza di centraline meteo posizionate in prossimità dei vari vigneti non ha permesso una classificazione climatica più accurata. Il fatto che si trovino a tre altitudini differenti però va considerato durante la valutazione dei parametri climatici presi in esame.

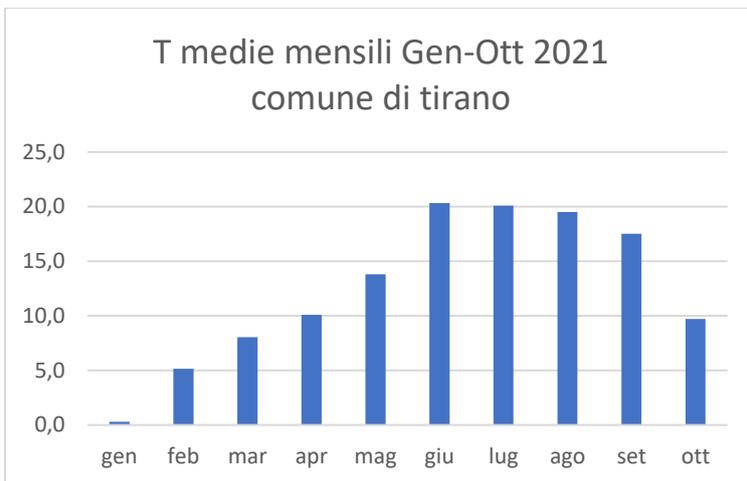


grafico 3-11: T medie mensili Gen-Ott 2021 comune di Tirano.

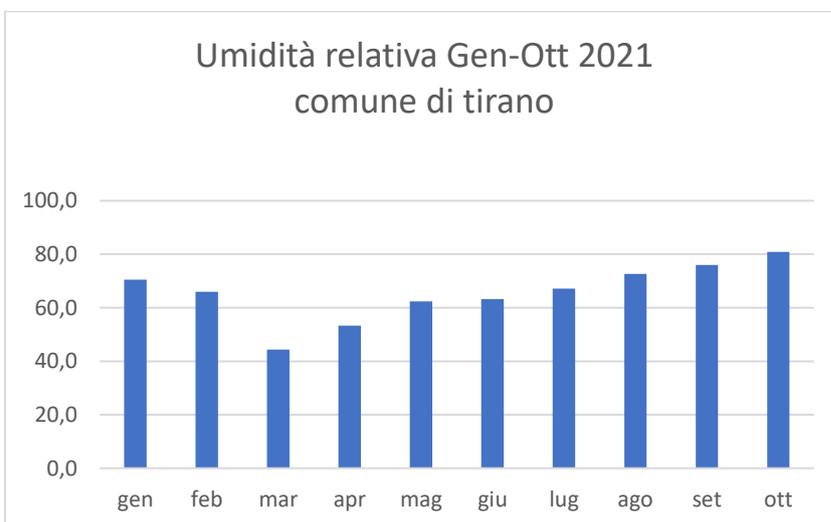


grafico 3-12: Ur Gen-Ott 2021 - comune di tirano

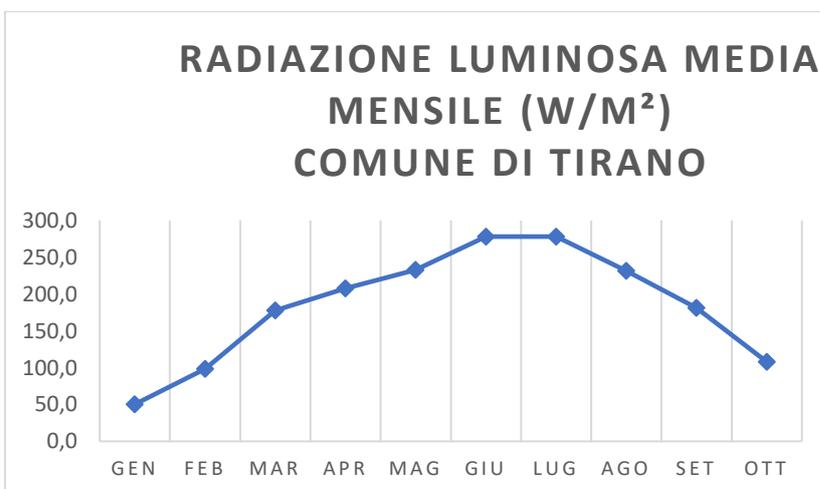


grafico 3-13: radiazione luminosa media mensile comune di tirano

(fonte dati meteo: Arpa Lombardia)

(fonte dati suolo: Geoportale Provincia di Sondrio)

3.4 Raccolta dei dati

Per caratterizzare la risposta alle condizioni ambientali delle varietà oggetto di studio, in ogni vigneto sono stati raccolti dati riguardanti:

1. Fenologia
2. Curve di maturazione
3. Incidenza delle malattie

3.4.1 Fasi fenologiche

In ciascun vigneto sperimentale sono state registrate le diverse fasi fenologiche che si sono susseguite durante la stagione vegetativa 2021, da inizio maggio a settembre. I dati sono stati registrati in modo tabellare seguendo la scala BBCH in modo da identificare facilmente le differenze riscontrate a parità di vitigno e a parità di zona.

I valori riportati seguono il sistema decimale della scala BBCH utilizzata, che permette di rilevare in maniera esaustiva il susseguirsi delle fasi fenologiche durante la stagione. Il valore fornito è composto da tre cifre, nell'ordine:

1. Fase principale
2. Mesofase: riporta il momento della fase principale
3. Fasi secondarie, che si succedono nelle mesofasi

Fonte: Failla et al., 2013

3.4.2 Curve di maturazione

In ogni vigneto, a partire da completa invaiatura, sono stati effettuati campionamenti delle uve con lo scopo di caratterizzare il decorso della maturazione. I campionamenti sono stati effettuati ogni 10 giorni e in ogni data sono stati registrati i valori di acidità titolabile, contenuto zuccherino e pH.

3.4.2.1 *Determinazione dei parametri della maturazione tecnologica*

Le analisi dei campioni raccolti sono state effettuate presso il Laboratorio dell'Università di Edolo. Le misurazioni sono state svolte con l'utilizzo di un rifrattometro per la determinazione degli zuccheri in gradi Brix e di un pH-metro per la valutazione del pH. L'acidità è stata misurata attraverso una titolazione con soda NaOH 0,1M, seguendo il metodo OIV-MA-AS313-01 per la determinazione dell'acidità totale del vino (fonte:

congress.oiv.int/oiv-ma-as313-01.pdf). I risultati si intendono espressi in g/L di acido tartarico.

3.4.3 Incidenza delle malattie

Durante la stagione 2021 è stata svolta una valutazione visiva dello stato sanitario di queste varietà PIWI, confrontandole anche con le varietà tradizionali di riferimento, Merlot e Incrocio Manzoni. La prima valutazione da fare è che purtroppo sia il territorio Camuno, che quello Valtellinese, trattandosi di ambienti montani, non sono luoghi semplici da gestire e in cui lavorare. Questo purtroppo, in alcune situazioni, è andato a discapito dello stato sanitario dei vigneti.

È importante ricordare infatti, che queste varietà definite resistenti sono in realtà solo tolleranti ai patogeni fungini, ed è quindi altamente improbabile che riescano ad arrivare indenni a fine stagione senza l'utilizzo di trattamenti, seppur molto limitati, o con una scorretta gestione delle pratiche agronomiche necessarie al mantenimento dell'equilibrio vegeto produttivo delle piante. Si ricorda infatti che in rari casi il valore dell'indice di Ravaz, misurato nei vigneti camuni, è risultato adeguato, mostrando una tendenza allo squilibrio diffusa in tutte le zone della valle, in alcuni casi spostato verso la produzione e in altri verso l'attività vegetativa.

4 Risultati

4.1 Valcamonica

4.1.1 Cabernet eidos

4.1.1.1 Fenologia e andamento della maturazione

VARIETA'	VIGNETO	DATE CAMPIONAMENTO					
		4 mag	1 giu	13 lug	30 lug	10 ago	23 ago
		GERMOGLIAMENTO	FIORITURA	ALLEGAGIONE		INVAIATURA	MATURAZIONE
Cabernet eidos	Erbanno – zona 1	108	606	709	709	802	806
Merlot	Erbanno – zona 1	107	606	707	709	802	806

Tabella 4-1

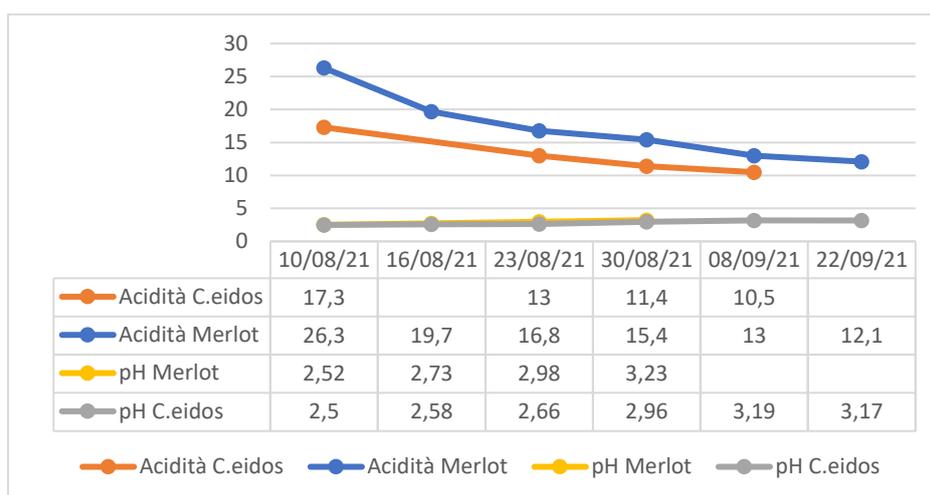


grafico 4-1

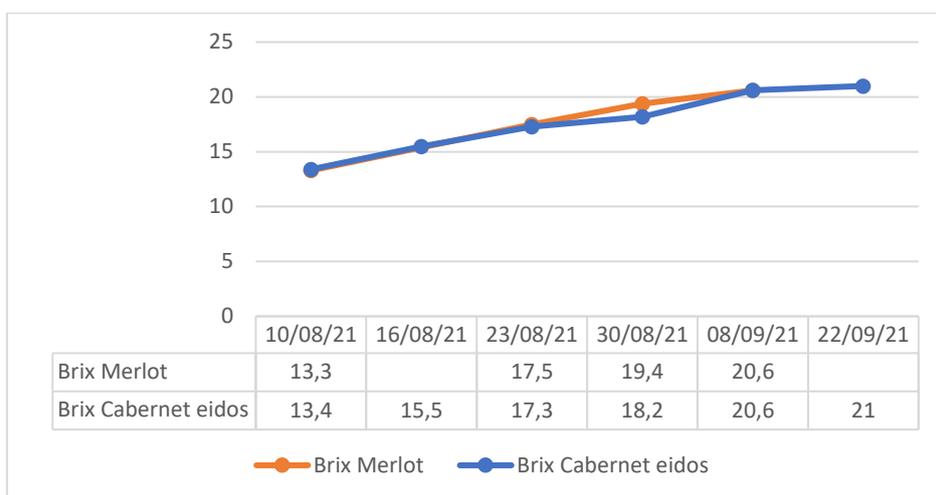


grafico 4-2

Le fasi fenologiche delle due varietà seguono un andamento pressoché identico. Per quanto riguarda le curve di maturazione si può osservare una similitudine anche nell'accumulo zuccherino, mentre per quanto riguarda l'acidità, a parità di osservazione (8 settembre), si registrano nella varietà resistente campionata 2 g/L in più rispetto alla tradizionale.

4.1.1.2 Stato sanitario delle uve

Per quanto riguarda la valutazione dell'incidenza delle patologie, per entrambe le varietà non sono stati riscontrati danni da infezione di peronospora e oidio tali da compromettere l'equilibrio vegetativo. I pochi trattamenti che sono stati eseguiti hanno permesso di tenere sotto controllo il diffondersi delle infezioni di *Plasmopara viticola* verificatesi a fine luglio quando le temperature e la presenza di precipitazioni hanno reso possibile il suo sviluppo.

4.1.2 Cabernet volos

4.1.2.1 Fenologia e andamento della maturazione

VARIETA'	VIGNETO	DATE CAMPIONAMENTO					
		4 mag	1 giu	13 lug	30 lug	10 ago	23 ago
		GERMOGLIAMENTO	FIORITURA	ALLEGAGIONE		INVAIATURA	MATURAZIONE
Cabernet volos	Angone – zona 1	112	606	801	801	805	808*
	Cerveno – zona 4	112	609	801		803	**
Merlot	Erbanno – zona 1	107	606	707	709	802	806

Tabella 4-2: fasi fenologiche varietà resistente (Cab.v.) confrontata con riferimento (Merlot)

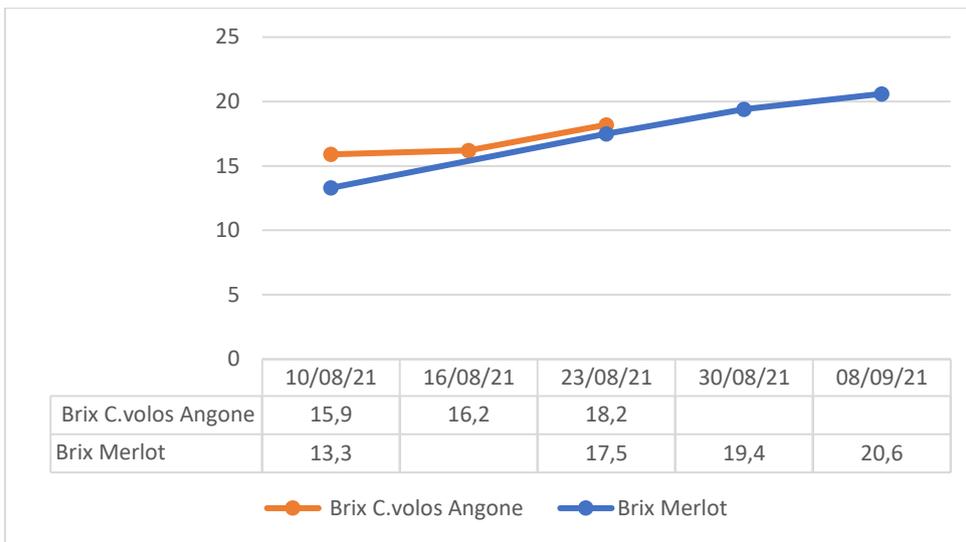


grafico 4-3

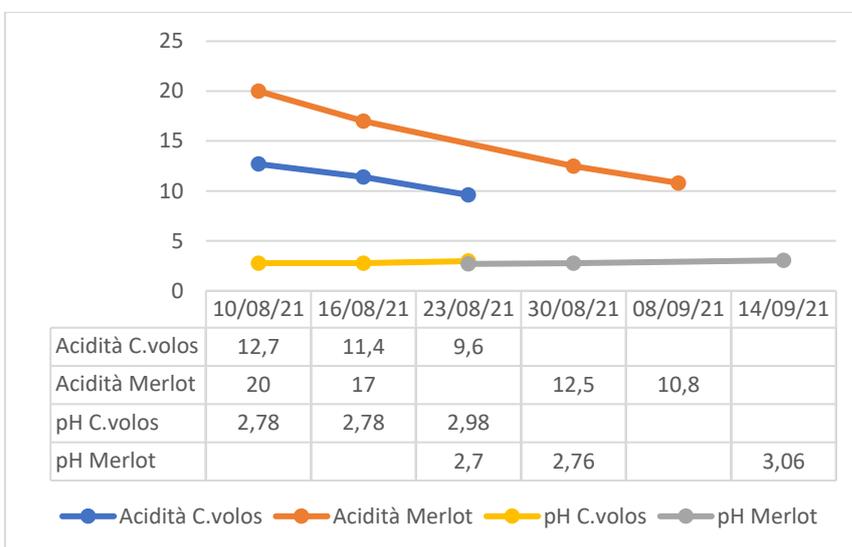


grafico 4-4

A parità di epoca di germogliamento, il Cabernet volos situato nel vigneto di Cerveno subisce un ritardo di invaiatura rispetto alla stessa varietà posta nel vigneto di Erbanno. Questa differenza è probabilmente data dalla variabilità climatica presente fra la zona 1 e la zona 3, sicuramente più fresca. Confrontata con la varietà di riferimento Merlot, la varietà tollerante posta nella stessa zona risulta più precoce sia nel germogliamento che nelle successive invaiatura e maturazione.

4.1.2.2 Stato sanitario delle uve

*Il Cabernet volos nel vigneto di Angone ha subito in maniera massiccia i danni di una grandinata molto forte che si è verificata nella prima decade di agosto, tali da comprometterne

la struttura vegetativa e la superficie fogliare. Il vigneto, che non risultava protetto dalle reti antigrandine, ha perso completamente la produzione e quindi la vendemmia non è avvenuta.

* * Per quanto riguarda il Cabernet volos situato nel comune di Cerverno, la valutazione del suo decorso produttivo è stata possibile fino a un certo punto, fintanto che sono stati presenti grappoli. I pochi filari che erano presenti infatti, sono stati completamente mangiati dalla fauna locale, rendendo impossibile il campionamento.

4.1.3 Merlot khantus

4.1.3.1 Fasi fenologiche e andamento maturazione

VARIETA'	VIGNETO	DATE CAMPIONAMENTO					
		4 mag	1 giu	13 lug	30 lug	10 ago	23 ago
		GERMOGLIAMENTO	FIORITURA	ALLEGAGIONE	INVAIATURA	MATURAZIONE	
Merlot khantus	Capo di Ponte – zona 4	110	606	709	802	802	805
Merlot	Sellero – zona 4	107	112	707	709	709	802

Tabella 4-3

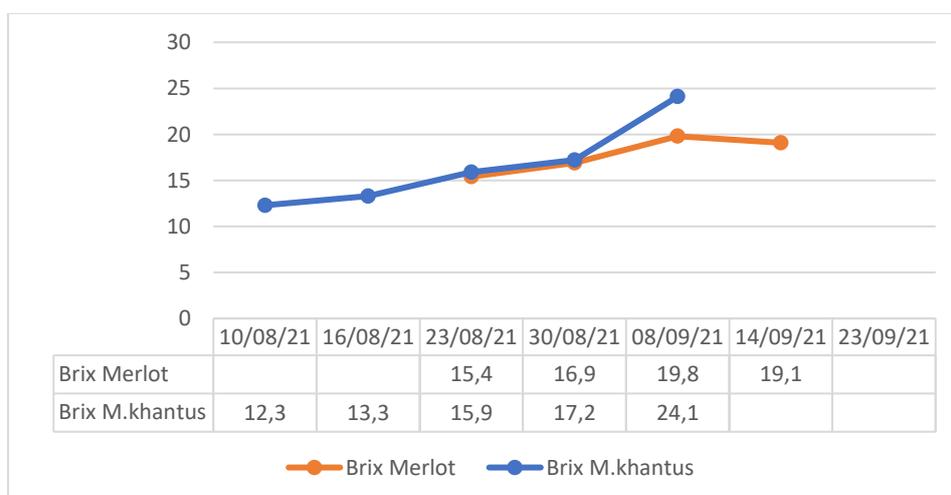


grafico 4-5

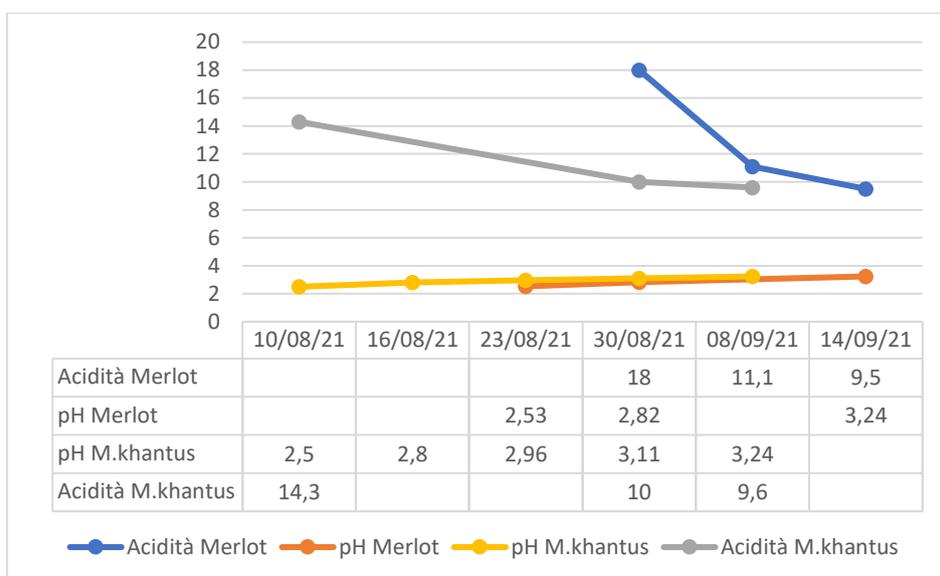


grafico 4-6

La varietà resistente risulta precoce in tutte le fasi fenologiche, dal germogliamento alla maturazione, rispetto alla varietà di riferimento. Per quanto riguarda il decorso della maturazione, il Merlot khantus posto nella stessa zona della varietà di riferimento ha un accumulo zuccherino più veloce e a parità di data (8 settembre) risulta più alto rispetto al Merlot di 4,2 gradi Brix. Per quanto riguarda l'acidità, la varietà resistente parte da valori molto più bassi rispetto al riferimento e tende a diminuire velocemente; gli stessi valori di acidità e pH sono osservabili nel Merlot khantus con una settimana di anticipo rispetto al Merlot.

4.1.3.2 Stato sanitario delle uve

Per quanto riguarda le infezioni fungine entrambi le varietà le uve si presentano in uno stato sanitario idoneo, nonostante soltanto nel vigneto di Sellero siano stati effettuati trattamenti. Il vigneto di Capo di Ponte però ha subito un evento di grandine che ha compromesso l'integrità degli acini, questo ha causato l'instaurarsi di marciumi durante l'ultima fase della maturazione.

4.1.4 Merlot khorus

4.1.4.1 Fenologia e andamento della maturazione

VARIETA'	VIGNETO	DATE CAMPIONAMENTO					
		4 mag	1 giu	13 lug	30 lug	10 ago	23 ago
		GERMOGLIAMENTO	FIORITURA	ALLEGAGIONE	INVAIATURA	MATURAZIONE	
Merlot khorus	Capo di Ponte – zona 4	709	709	709	709	709	802
Merlot	Sellero – zona 4	107	112	707	709	709	802

Tabella 4-4

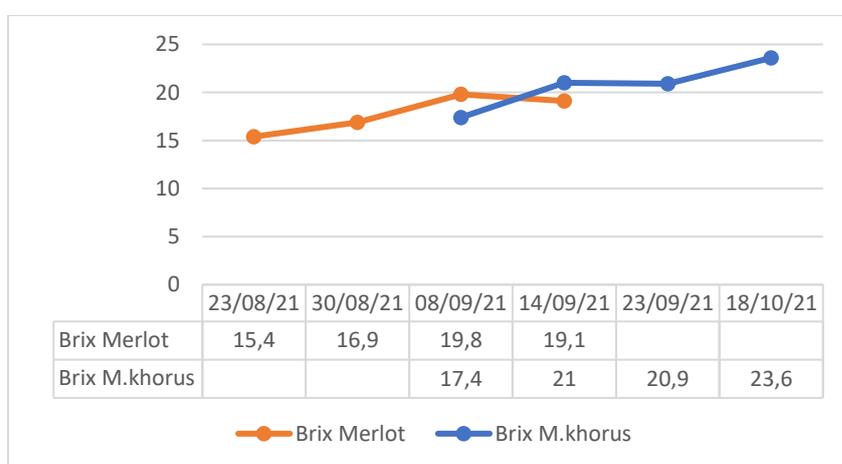


grafico 4-7

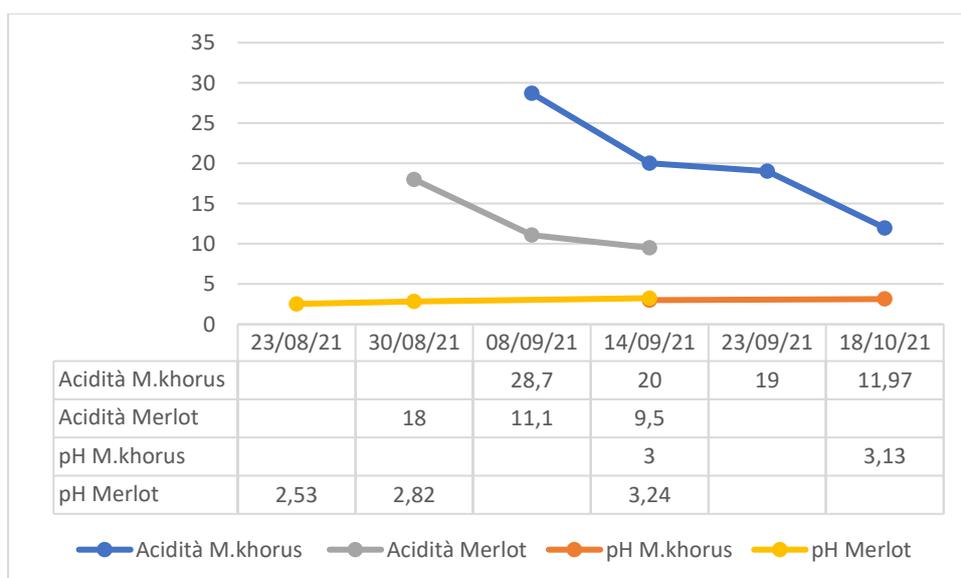


grafico 4-8

Il Merlot khorus, a differenza delle altre varietà resistenti a bacca rossa, si è rivelato più tardivo nella maturazione rispetto al Merlot di riferimento posto nella stessa zona. L'accumulo zuccherino raggiunge valori molto alti e il campione prelevato oltre la seconda metà di ottobre presenta valori di acidità equivalenti a quelli del Merlot campionato nella prima settimana di settembre.

4.1.4.2 Stato sanitario delle uve

A differenza del Merlot khantus, posto nello stesso vigneto, il Merlot khorus ha sofferto della mancanza di trattamenti e ha subito un'infezione da oidio, che potrebbe anche essere la causa del rallentamento nell'accumulo zuccherino. Inoltre, lo sviluppo di marciumi ben evidenti ha reso i grappoli substrato ottimale alla colonizzazione da parte di batteri acetici. L'incremento di acidità volatile è probabilmente la causa di un'acidità così alta rispetto al riferimento e alle altre varietà tolleranti a bacca rossa.

Come già riportato, il Merlot di Sellero si trova in uno stato sanitario ottimale, grazie alla protezione datagli dai trattamenti antifungini.

4.1.5 Sauvignier gris

4.1.5.1 Fenologia e decorso della maturazione

VARIETA'	VIGNETO	DATE CAMPIONAMENTO					
		4 mag	1 giu	13 lug	30 lug	10 ago	23 ago
		GERMOGLIAMENTO	FIORITURA	ALLEGAGIONE	INVAIATURA	MATURAZIONE	
Sauvignier gris	Erbanno – zona 1	106	111	701	709	805	807
Incrocio Manzoni	Cividate – zona 2	106	603	707	709	801	802
S. gris	Ono san Pietro – zona 4	105	115	709	801	801	806
I.Manzoni	Cerveno – zona 4	101	106	709	709	802	806
S. gris	Sellero – zona 4	102	110	707	709	803	808
I.Manzoni	Sellero – zona 4	102	112	709	709	802	803
S. gris	Capo di ponte – zona 4	103	115	709	709	803	807
I.Manzoni	Capo di ponte – zona 4	101	106	709	709	802	803

Tabella 4-5

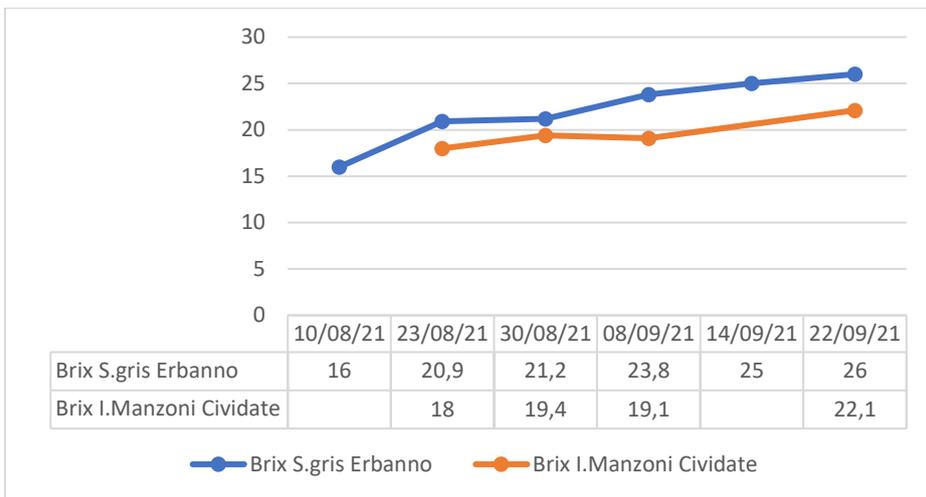


grafico 4-6

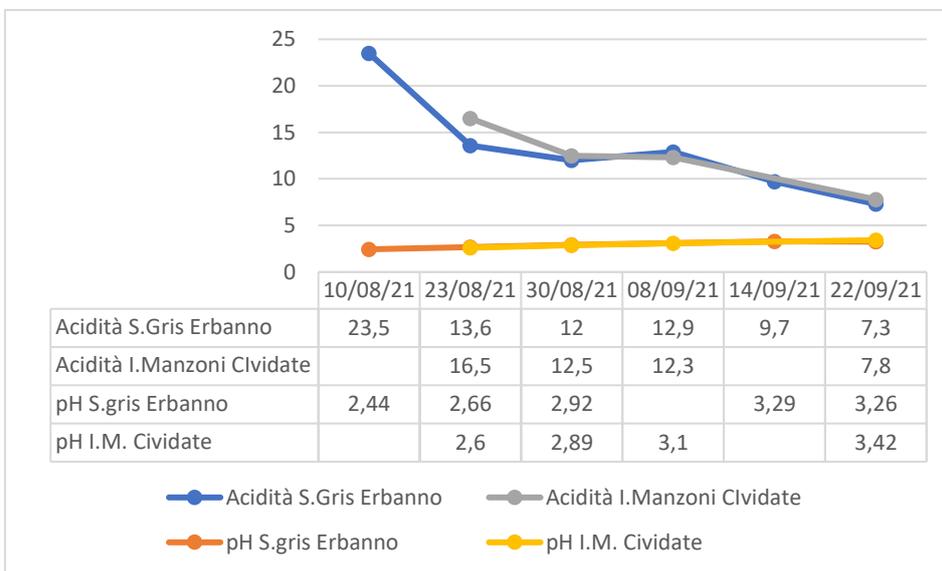


grafico 4-7

Come atteso dalle considerazioni fatte in precedenza sulle caratteristiche pedologiche e climatiche, il S.gris di Erbanno, trovandosi in zona 1, è quello più precoce nel germogliamento alla data di campionamento. In seguito le fasi si susseguono in maniera diversa probabilmente anche condizionate dal diverso andamento meteorologico delle varie zone, per arrivare poi al 22 settembre in cui il S.gris di questo vigneto è quello con la concentrazione zuccherina più elevata. È interessante notare come modulando la data di vendemmia si potrebbe pensare di ottenere risultati enologici diversi. Ad esempio andando a produrre una base spumante vendemmiano nella seconda settimana di settembre, con un’uva dalla spiccata acidità; oppure portando avanti la maturazione, ma operandosi per cercare di

rallentare l'accumulo zuccherino, così da riuscire ad ottenere valori di acidità idonei alla produzione di un vino fermo.

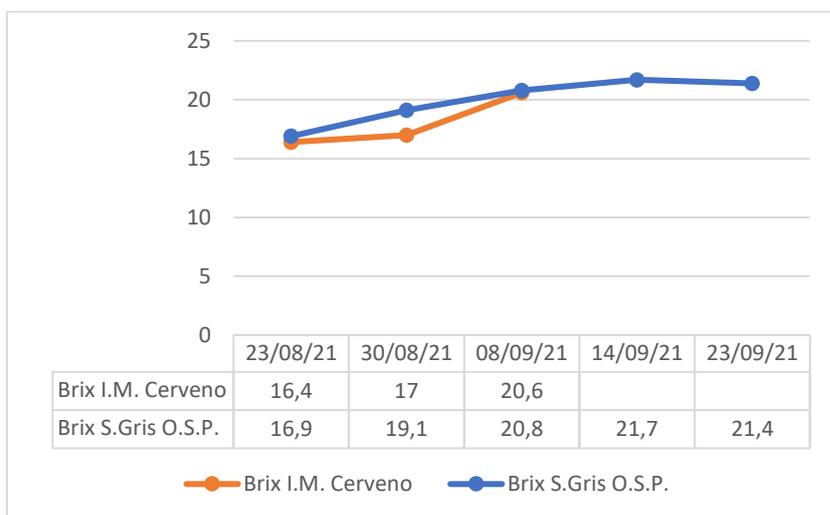


grafico 4-7

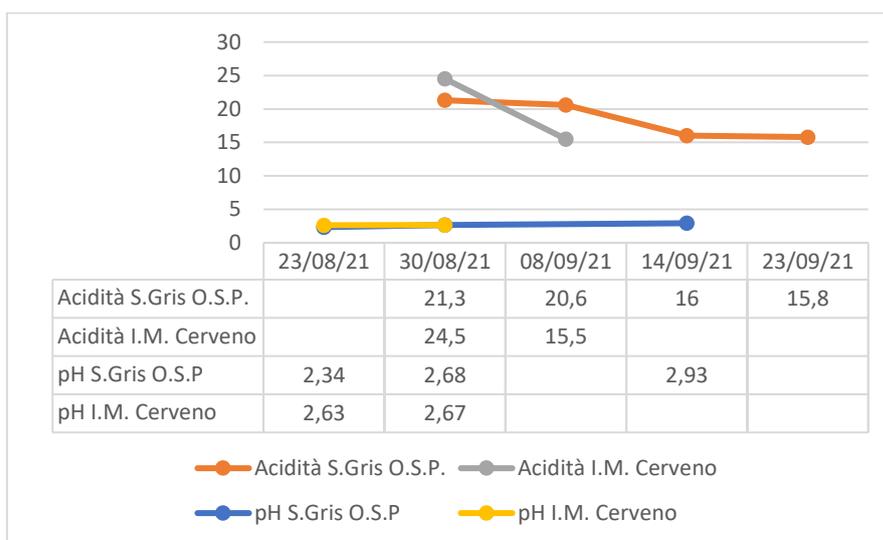


grafico 4-8

Per quanto riguarda il S. gris di Ono San Pietro, l'acidità riscontrata è notevolmente più alta rispetto al S. Gris di Erbanno: in data 30 agosto presenta 21,3 g/L espressi in acido tartarico contro i 12g/L della varietà in zona 1. In questa situazione si può pensare, in caso di sanità del vigneto, di portare avanti la maturazione così da raggiungere la maturità tecnologica, equilibrando la concentrazione zuccherina con la componente acidica. L'indice di Ravaz calcolato per le 7 piante di controllo denota un certo equilibrio vegeto-produttivo. Confrontato con l'Incrocio Manzoni di Cervo, sempre in zona 4, si osserva un susseguirsi delle fasi

fenologiche equiparabile, nonostante al germogliamento il S. gris risulti precoce; anche l'accumulo zuccherino presenta una tendenza simile nelle due varietà.

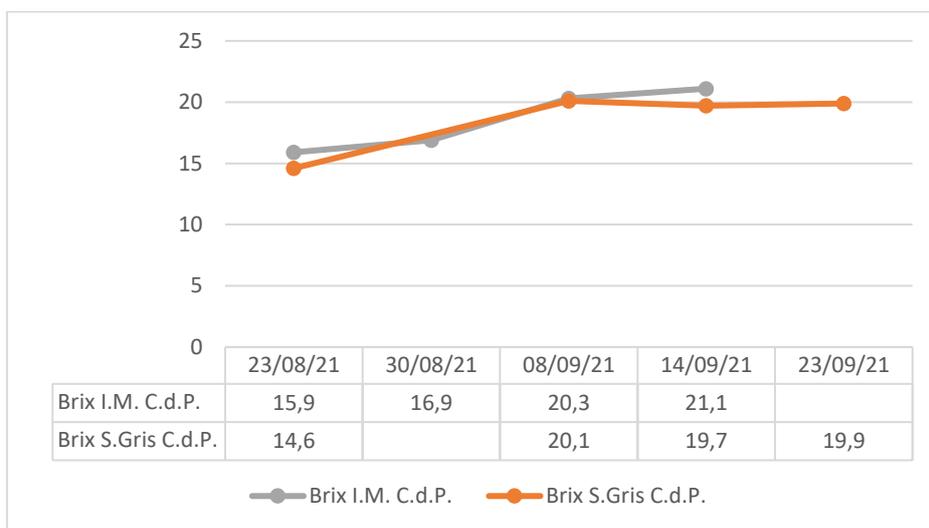


grafico 4-9

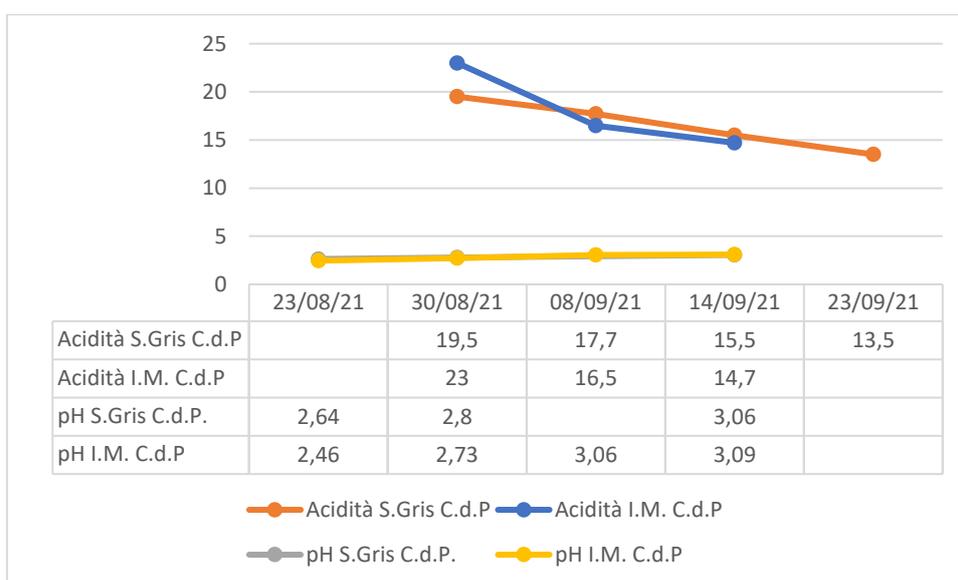


grafico 4-10

Confermando la tendenza generale, anche il S. gris di Capo di Ponte risulta precoce nelle fasi fenologiche rispetto all'Incrocio Manzoni di riferimento. L'accumulo zuccherino subisce però dei rallentamenti in confronto alla varietà tradizionale mentre per quanto riguarda l'acidità non si riscontrano grandi differenze.

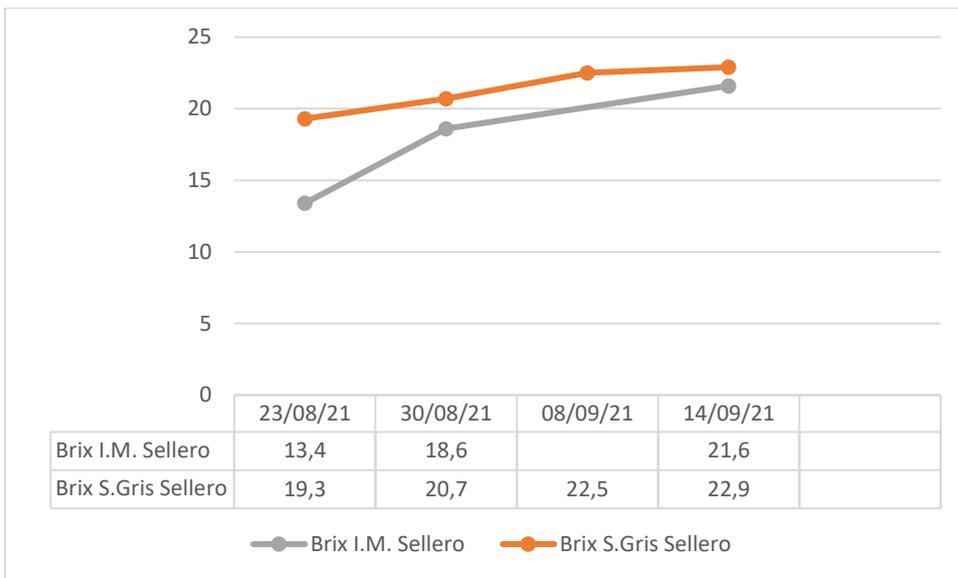


grafico 4-11

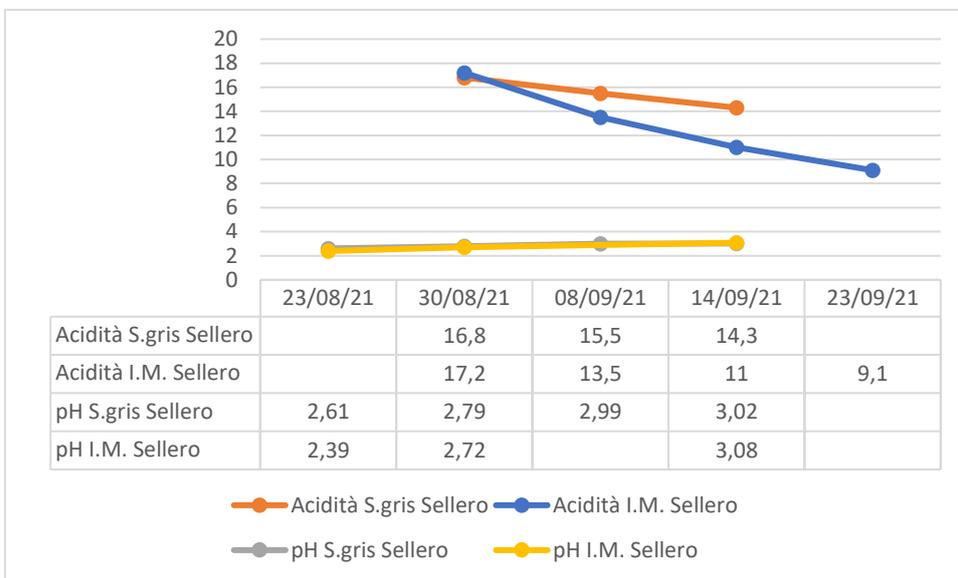


grafico 4-12

Nonostante l’Incrocio Manzoni di riferimento alla fioritura sia precoce rispetto al S. gris, nelle fasi fenologiche che seguono la tendenza si inverte. L’accumulo zuccherino è maggiore nella varietà resistente, e in data 14 settembre si osserva una differenza di 1,3 gradi Brix tra le due varietà. Per quanto riguarda l’acidità, nonostante i valori iniziali siano maggiori nell’Incrocio Manzoni di riferimento, nel Sauvignier gris si ha minore degradazione e la differenza al 14 settembre espressa in acido tartarico è di 3,3 g/L.

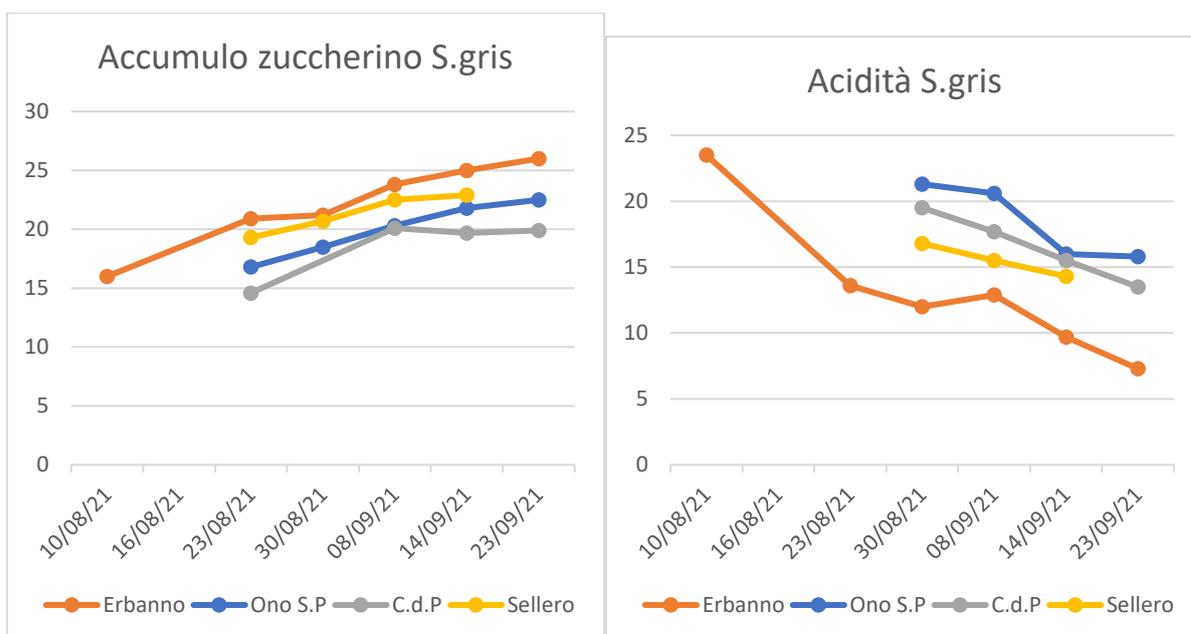


grafico 4-13

grafico 4-14

Confrontando fra loro i Sauvignier gris si nota una variabilità tra le diverse zone sia nell'accumulo zuccherino che nel contenuto acidico. Il S. gris di Erbanno come atteso dalle considerazioni climatiche è quello in cui si ha maggiore accumulo glucidico ma anche maggiore degradazione acidica, a causa del clima più caldo tipico della zona. La varietà posta in zona 4 presenta una certa variabilità probabilmente dipendente anche dal diverso quadro sanitario delle uve.

4.1.5.2 Stato sanitario delle uve

Il Sauvignier gris di Erbanno presenta una diffusa infezione da Black rot con sintomi visibili su foglie, acini e tralci, nonostante siano stati effettuati i trattamenti. In ogni caso la produzione non risulta compromessa. Sono state osservate notevoli carenze nutritive nel Sauvignier gris di Capo di Ponte, specialmente per quanto riguarda il Magnesio, e sviluppo di peronospora e black rot. Il S. gris di Sellero è quello che presenta il quadro sanitario migliore; non sono infatti state osservate sintomatologie dovute a infezioni. Questo ha permesso di portare avanti la maturazione fino al raggiungimento dell'equilibrio tecnologico.

4.1.6 Cabernet cortis

4.1.6.1 Fenologia e andamento della maturazione

VARIETA'	VIGNETO	DATE CAMPIONAMENTO					
		4 mag	1 giu	13 lug	30 lug	10 ago	23 ago
		GERMOGLIAMENTO	FIORITURA	ALLEGAGIONE		INVAIATURA	MATURAZIONE
Cabernet cortis	Capo di Ponte – zona 4	110	609	709	802	805	807
Merlot	Sellero – zona 4	107	112	707	709	709	802

Tabella 4-6

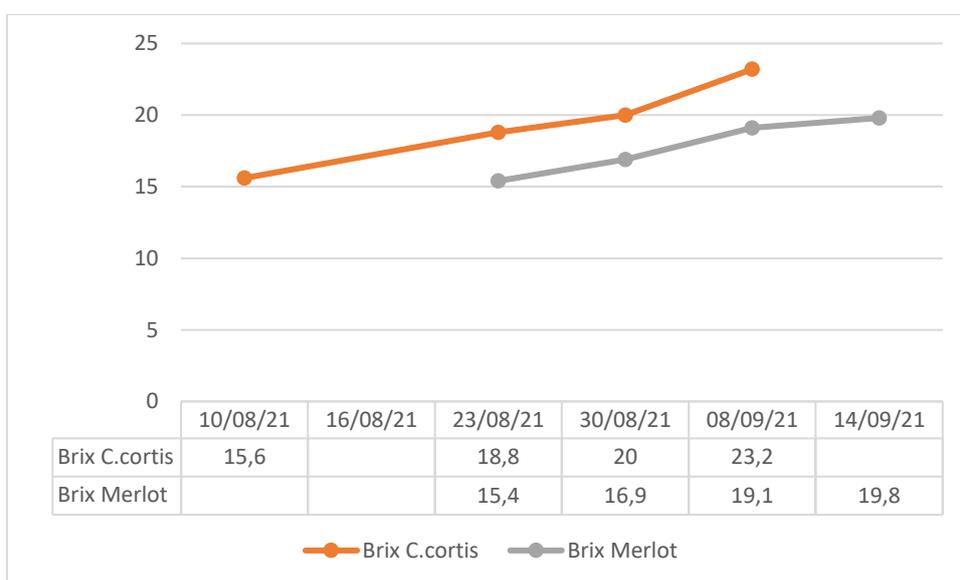


grafico 4-15

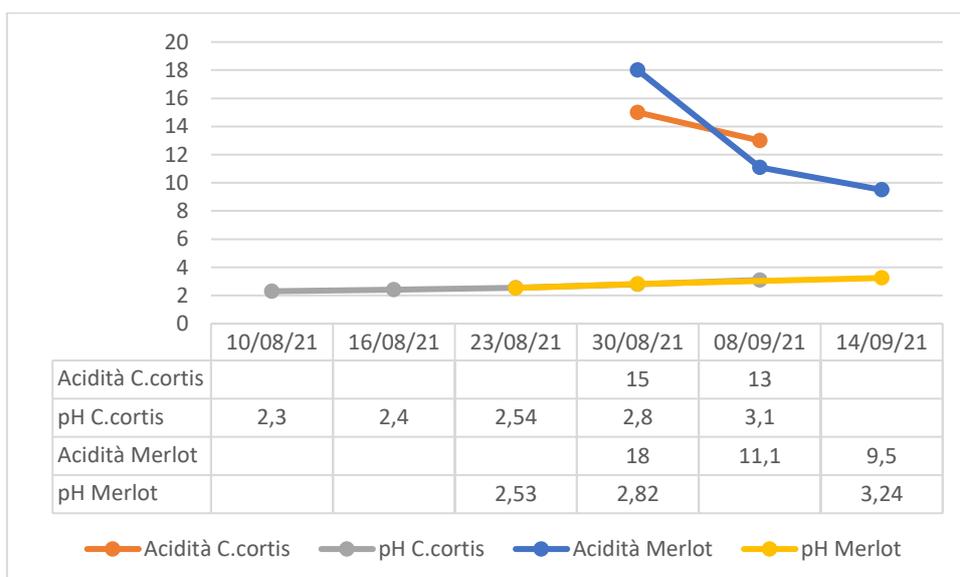


grafico 4-16

Confrontando le due varietà a bacca rossa fino a inizio invaiatura, si può osservare una precocità della varietà resistente rispetto a quella tradizionale, in tutte le fasi fenologiche. L'accumulo zuccherino è maggiore nel Cabernet cortis mentre per quanto riguarda il contenuto acidico, nonostante in partenza risulti maggiore nella varietà di riferimento, subisce anche maggiore degradazione.

4.1.6.2 Stato sanitario delle uve

Il Cabernet cortis ha raggiunto la maturità in uno stato sanitario non compromesso, grazie anche ai trattamenti antifungini che sono stati svolti. L'inizio di sviluppo di marciumi in seguito a piogge ha obbligato ad anticipare la vendemmia nella prima decade di settembre, con un'acidità molto alta e un accumulo zuccherino non ancora adeguato. Anche sul Merlot di Sellero, grazie ai trattamenti antifungini effettuati, non sono state rilevate infezioni.

4.1.7 Johanniter

4.1.7.1 Fenologia e andamento della maturazione

VARIETA'	VIGNETO	DATE CAMPIONAMENTO					
		4 mag	1 giu	13 lug	30 lug	10 ago	23 ago
		GERMOGLIAMENTO	FIORITURA	ALLEGAGIONE		INVAIATURA	MATURAZIONE
Johanniter	Losine – zona 3	103	110	705	709	801	805
Incrocio Manzoni	Losine – zona 3	101	108	707	709	709	805

Tabella 4-7

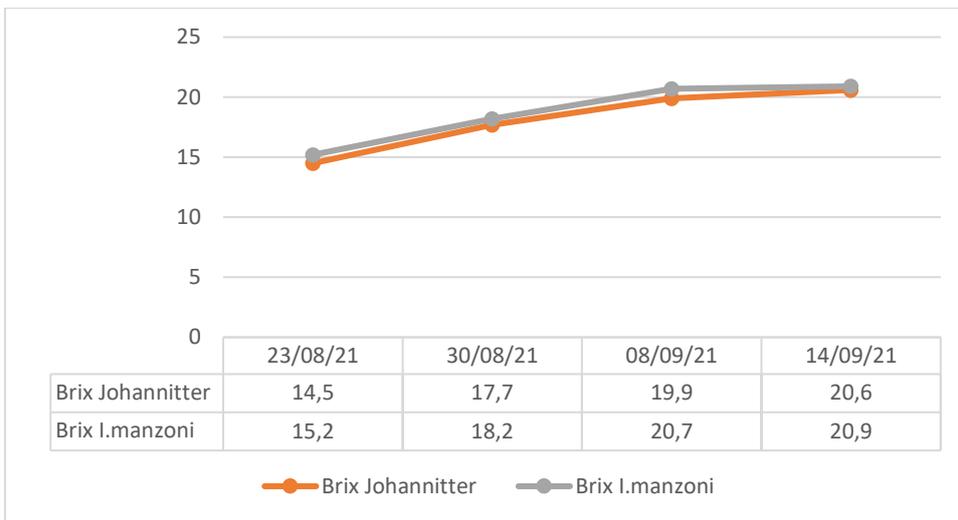


grafico 4-17

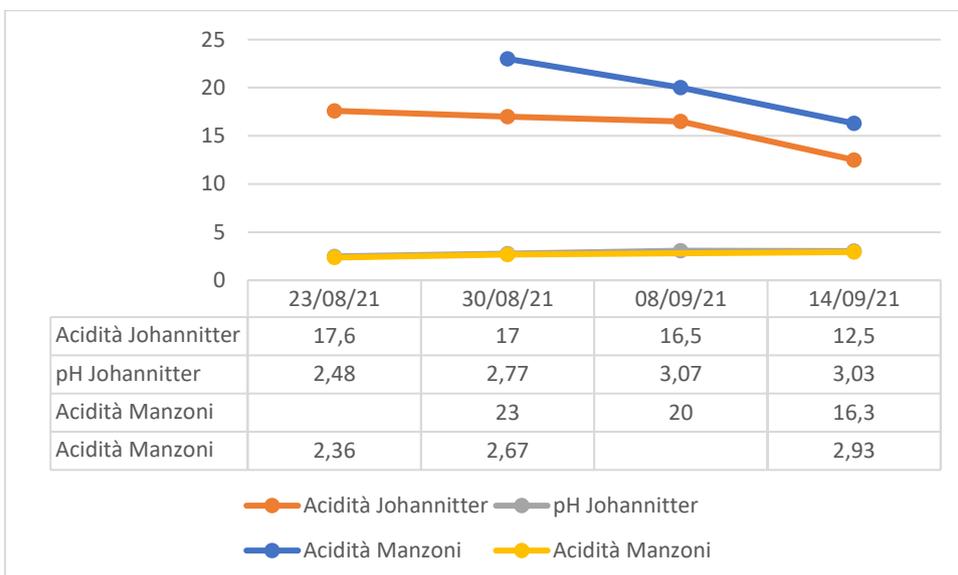


grafico 4-18

La varietà Incrocio Manzoni, presa di riferimento come varietà a bacca bianca, manifesta un comportamento simile a quello della varietà resistente nella stessa zona per quanto riguarda l'accumulo zuccherino, mentre confrontando le acidità, a parità di data, risulta essere più alta di 4 g/L nella varietà di riferimento. Per quanto riguarda il rapporto tra accumulo zuccherino e contenuto acidico nella varietà resistente, i dati registrati suggeriscono una data di vendemmia successiva a quella del 14 di settembre.

4.1.7.2 Stato sanitario delle uve

Nonostante nel vigneto di Johannitter a Losine sia stata rilevata la presenza di sintomatologia su tralci, grappoli e foglie di black rot e peronospora, dovuta alla mancanza di trattamenti nell'area, la produzione è risultata compromessa principalmente dal dilagarsi della

Flavescenza dorata e di varie virosi. Per quanto riguarda l'Incrocio Manzoni è stata osservata la presenza di *Phyllocnistis vitegenella*, un coleottero che cibandosi e scavando gallerie all'interno della pagina fogliare ne danneggia l'efficienza fotosintetica per diminuzione di superficie fogliare attiva.

4.1.8 Solaris

4.1.8.1 Fenologia e andamento della maturazione

VARIETA'	VIGNETO	DATE CAMPIONAMENTO					
		4 mag	1 giu	13 lug	30 lug	10 ago	23 ago
		GERMOGLIAMENTO	FIORITURA	ALLEGAGIONE		INVAIATURA	MATURAZIONE
Solaris	Edolo – zona 5	105	115	706	708	801	804
Incrocio Manzoni	Sellero – zona 4	102	112	709	709	802	803

Tabella 4-8

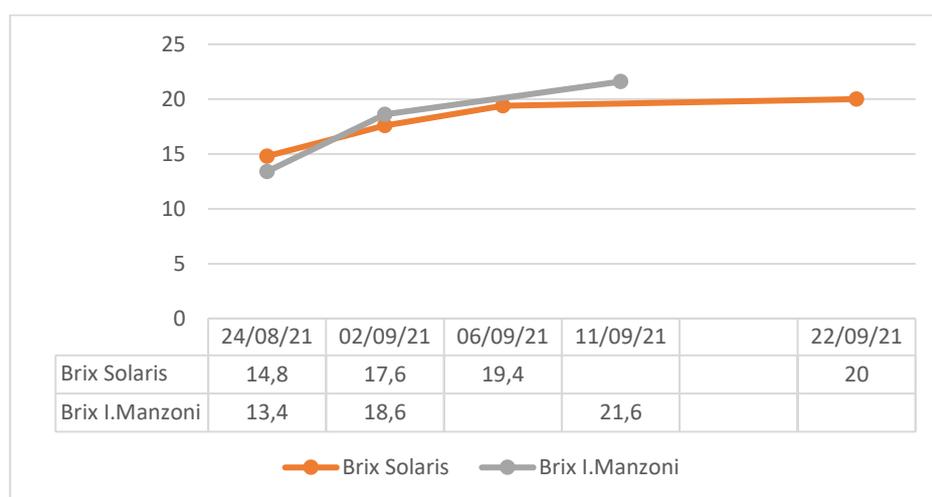


grafico 4-19

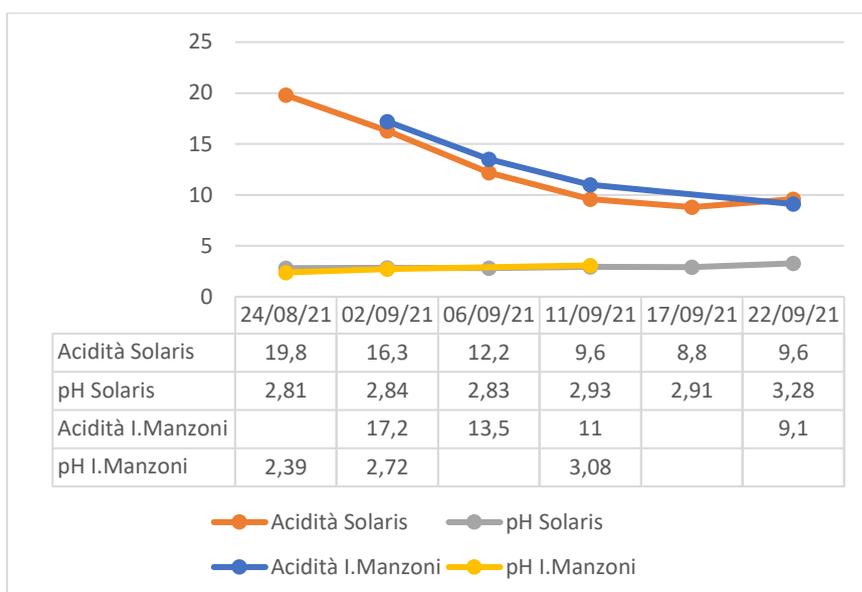


grafico 4-20

Pur trattandosi di una varietà precoce, il fatto di essere stata impiantata ad un'altitudine di 890m s.l.m. permette di rallentare il decorso delle fasi fenologiche, sia rispetto agli esempi di Solaris che possono essere osservati in Valtellina ad altitudini più basse, sia rispetto alla varietà di riferimento posta in Valcamonica ad altitudini inferiori.

4.1.8.2 Stato sanitario delle uve

La valutazione dell'indice di Ravaz suggerisce un leggero squilibrio verso l'attività vegetativa, in ogni caso le piante presentano uno stato sanitario ottimale, nonostante in questo vigneto non vengano effettuati trattamenti. Le piante sono protette da entrambi i lati da reti antigrandine, che evitano anche i danni agli acini causati da piccoli animali e insetti, vettori poi di sviluppo di marciumi.

4.1.9 Valutazione delle diverse zone:

ZONA 1 BACCA ROSSA

	20°Brix
MERLOT (RIF.)	6 Settembre
CABERNET EIDOS	1 giorno prima

Tabella 4-9

ZONA 2-3 BACCA BIANCA

	20°Brix
INCROCIO MANZONI (RIF.)	20 Settembre
JOHANNITER	12 giorni prima
S.GRIS	14 giorni prima

Tabella 4-10

ZONA 3 BACCA ROSSA

	20°Brix
MERLOT (RIF.)	12 Settembre
MERLOT KHANTUS	Stesso giorno

Tabella 4-10

ZONA 4 BACCA ROSSA

	20°Brix
MERLOT (RIF.)	16 Settembre
CABERNET CORTIS	17 giorni prima
MERLOT KHORUS	4 giorni prima
MERLOT KHANTUS	2 giorni prima

Tabella 4-11

ZONA 4-5 BACCA BIANCA

	20°Brix
INCROCIO MANZONI (RIF.)	7 settembre
S. GRIS	4 giorni prima
SOLARIS	15 giorni dopo

Tabella 4-12

Le tabelle da 4-9 a 4-12 propongono in una rappresentazione semplificata i tempi di raggiungimento dei 20° Brix rispetto alla varietà di riferimento nelle diverse zone camune. Solo il Solaris, trovandosi in una zona più fredda e a maggiore altitudine rispetto alla varietà tradizionale, raggiunge la maturità in ritardo rispetto al riferimento. Tutte le altre hanno un anticipo di maturazione che va da pochi giorni fino a due settimane.

4.2 VALTELLINA

In questo territorio, la raccolta di dati tabellari è di seguito proposta in modo da permettere di confrontare il procedere delle fenofasi e l'andamento della maturazione sia per la stessa varietà messa a dimora in località diverse, che per varietà differenti localizzate nello stesso vigneto. Non sono stati valutati, in questa trattazione, i dati riguardanti la produzione.

4.2.1 Solaris

4.2.1.1 Fenologia e andamento della maturazione

VARIETA'	VIGNETO	DATE CAMPIONAMENTO					
		4 mag	1 giu	13 lug	30 lug	10 ago	23 ago
		GERMOGLIAMENTO	FIORITURA	ALLEGAGIONE		INVAIATURA	MATURAZIONE
Solaris	Grosio	101	107	801	801	802	808
	Stazzona	102	110	706	801	802	803
	tirano	106	601	707	801	804	807
	Baruffini	106	601	707	801	804	807

Tabella 4-11

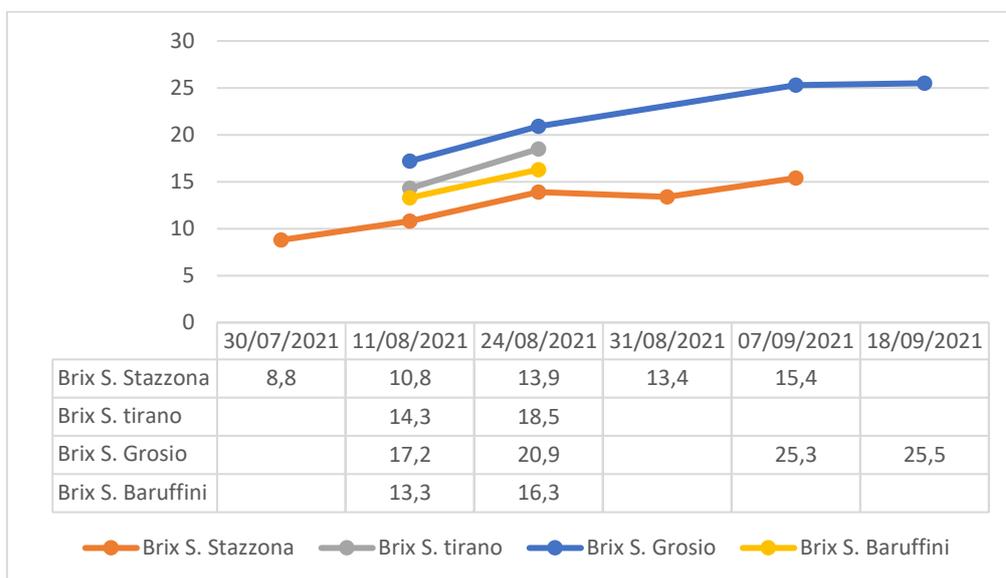


grafico 4-21

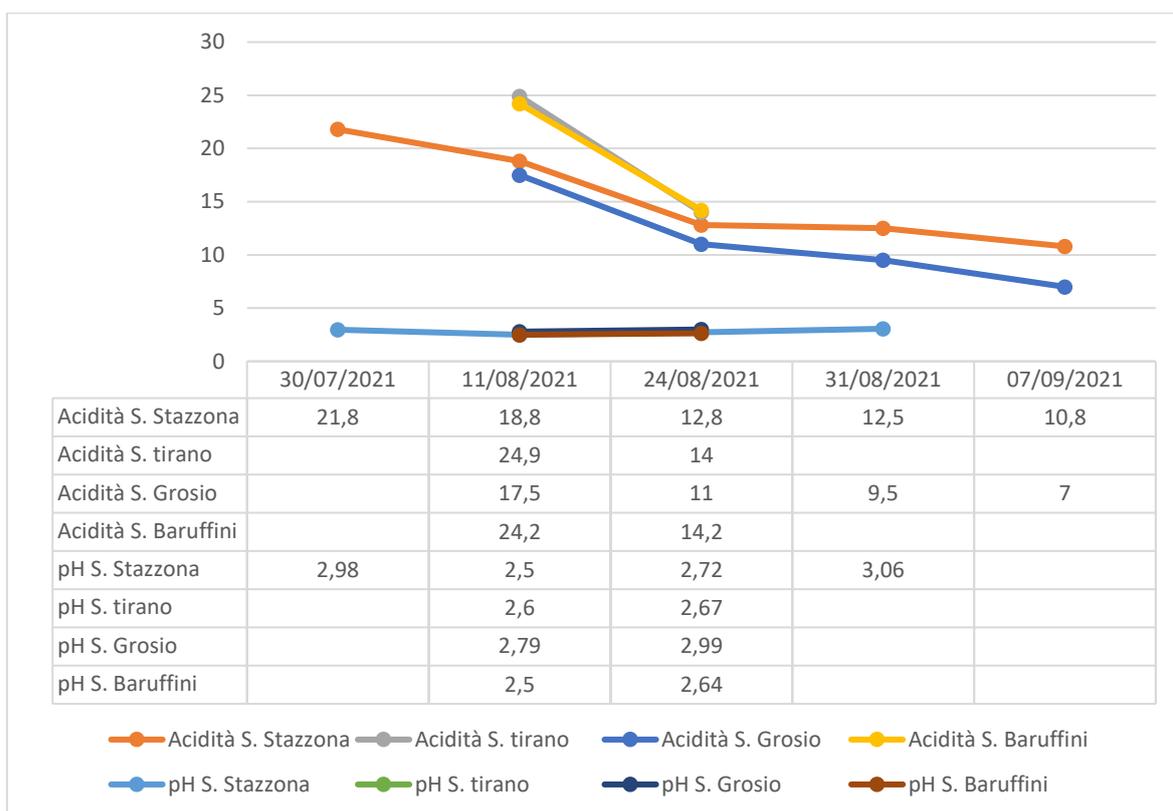


grafico 4-22

Nonostante nelle fasi di allegagione ed invaiatura i due Solaris impiantati a Tirano e Baruffini si siano rivelati più precoci, il Solaris posto a Grosio è quello che arriva a maturazione più rapidamente, probabilmente grazie alla differenza di altitudine tra i vigneti, soprattutto rispetto a quello di Baruffini. L'accumulo zuccherino nel vigneto di Grosio raggiunge valori molto alti nell'ultimo campionamento, tali da suggerire una data di vendemmia antecedente al 18 settembre, ma la componente acidica non sembra facilmente equilibrabile.

4.2.1.2 Stato sanitario delle uve

Per quanto riguarda il vigneto locato a Stazzona, è opportuno ricordare che sono state osservate diverse problematiche sulle piante, come lo sviluppo di Peronospora e danni da scottature da sole sulle foglie e sui grappoli. Probabilmente la riduzione di superficie fogliare fotosintetizzante è stata tale da rallentare e compromettere l'accumulo zuccherino durante la stagione. Il Solaris posto nel vigneto di Grosio ha subito una grave infezione da oidio, a causa dell'assenza completa di trattamenti antifungini. Il vigneto di Baruffini, nonostante l'assenza completa di trattamenti, si trova in uno stato sanitario ottimale.

4.2.2 Grosio

4.2.2.1 Fenologia e andamento della maturazione

VIGNETO	VARIETA'	DATE CAMPIONAMENTO					
		4 mag	1 giu	13 lug	30 lug	10 ago	23 ago
		GERMOGLIAMENTO	FIORITURA	ALLEGAGIONE	INVAIATURA	MATURAZIONE	
Grosio	Solaris	101	107	801	801	802	808
	S. gris	102	110	706	801	802	805
	Johanniter	-	108	709	709	-	*
	Bronner	104	109	709	801	801	*
	Aromera	102	107	709	709	709	*
	Muscaris	105	110	709	709	802	*

Tabella 4-12

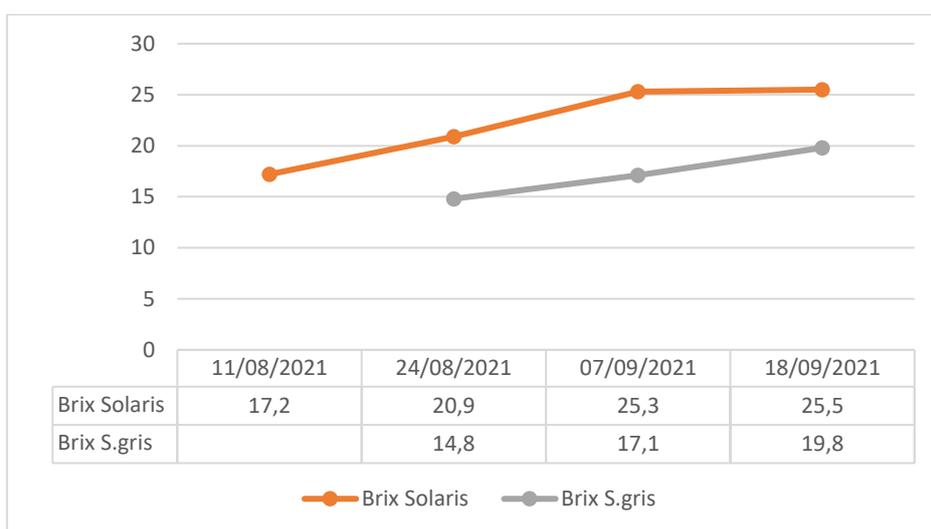


grafico 4-23

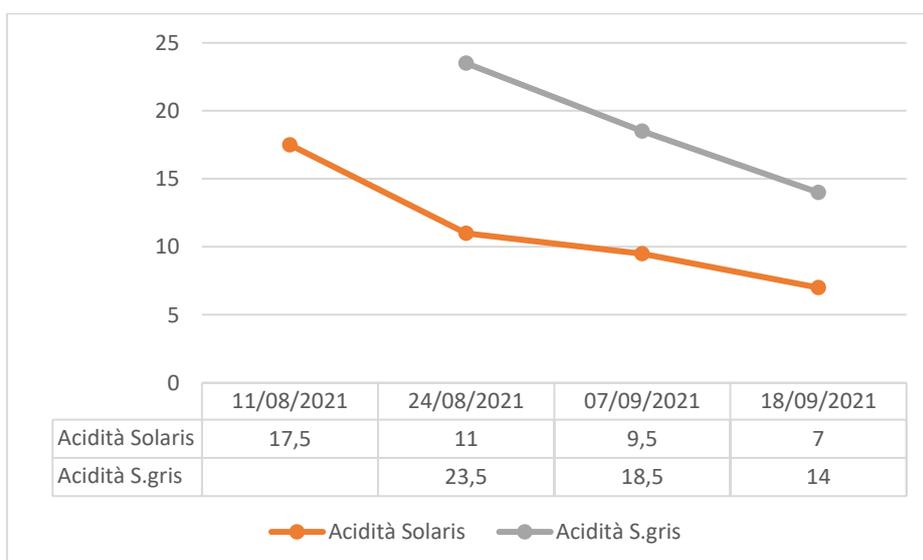


grafico 4-24

4.2.2.2 Stato sanitario delle uve

Nella zona di Grosio, come già accennato, purtroppo si è verificata un'infezione da Oidio con conseguente sviluppo di marciumi negli acini danneggiati che ha compromesso in maniera importante la produzione sia in termini quantitativi che ovviamente qualitativi. Per varietà come Aromera, Bronner, Muscaris e Johanniter la valutazione è stata possibile solo fino all'invasatura, mentre successivamente i grappoli erano così compromessi da rendere impossibile il campionamento.

4.3 Quadro riassuntivo incidenza delle malattie

Valcamonica

Varietà	Vigneto	Malattie riscontrate	Note
Merlot (riferimento)	Erbanno – zona 1	Peronospora, mal dell'esca	Grandine – effettuati trattamenti
	Erbanno – zona 1	-	Grandine - effettuati trattamenti
	Piamborno – zona 2	-	Grandine
	Losine – zona 3	Peronospora sulle nuove femminelle	effettuati trattamenti
	Cerveno – zona 3	Flavescenza dorata	
	Capo di Ponte – zona 4	Black rot, peronospora, carenze nutrizionali	Poca superficie fogliare a causa della grandine, marciumi su grappolo
	Sellero – zona 4	-	Ottimo stato sanitario – effettuati trattamenti antifungini
<i>Cabernet eidos</i>	Erbanno – zona 1	Peronospora, mal dell'esca, carenze nutrizionali	Grandine - effettuati trattamenti
<i>Cabernet volos</i>	Angone – zona 3	-	Grandine
	Cerveno – zona 3	Flavescenza dorata, mal dell'esca	
<i>Cabernet cortis</i>	Capo di Ponte – zona 4	-	Ottimo stato sanitario -effettuati trattamenti antifungini. Marciumi a fine stagione sugli acini rotti dalla grandine
<i>Merlot khantus</i>	Losine – zona 3	Flavescenza dorata, peronospora, virosi	
	Capo di Ponte – zona	-	Marciumi a causa

	4		delle spaccature su acino provocate da eventi di grandine
Merlot khorus	Losine – zona 3	Black rot, mal dell’esca, virosi, erinosi	
	Capo di Ponte	Peronospora, oidio	
Incrocio Manzoni (riferimento)	Cividate – zona 2	-	Marciumi sui grappoli rovinati dalla grandine
	Losine – zona 3	Peronospora	Riscontrati gravi danni da presenza di Phyllocnistis vitigenella, riduzione della superficie fogliare
	Cerveno – zona 3	Mal dell’esca, flavescenza dorata	
	Capo di ponte – zona 4	-	Ottimo stato sanitario – effettuati trattamenti antifungini
	Sellero – zona 4	Mal dell’esca	Effettuati trattamenti antifungini
Sauvignier gris	Erbanno – zona 1	Black rot	Nessun trattamento effettuato
	Losine – zona 3	Black rot, carenze	
	Losine – zona 3	Black rot, mal dell’esca	Nessun trattamento effettuato
	Ono S. Pietro – zona 4	Black rot, peronospora	Cattiva gestione dell’interfilare, grandine
	Capo di Ponte – zona 4	Black rot, peronospora,	Arrivato a fine stagione con poca

		flavescenza dorata, carenze	superficie fogliare e marciumi su grappolo, sbagliata gestione dell'interfilare
	Sellero – zona 4	-	Ottimo stato sanitario – effettuati trattamenti antifungini
Johannitter	Losine – zona 3	Flavescenza dorata, black rot, virosi	Nessun trattamento effettuato

Tabella 4-13

Valtellina

Varietà	Vigneto	Malattie riscontrate	Note
Solaris	Grosio	Oidio	Nessun trattamento effettuato
	Baruffini	-	Ottimo stato fitosanitario – effettuati trattamenti
	Tirano	-	Ottimo stato fitosanitario – effettuati trattamenti
	Stazzona	Peronospora su femminelle	Scottature da sole e instaurarsi di marciumi su acini rotti dalla grandine – superficie fogliare ridotta
S. gris	Grosio	Oidio	Nessun trattamento effettuato
Johannitter	Grosio	Oidio	Nessun trattamento effettuato

<i>Aromera</i>	Grosio	Oidio	Nessun trattamento effettuato
<i>Bronner</i>	Grosio	Oidio	Nessun trattamento effettuato
<i>Muscaris</i>	Grosio	Oidio	Nessun trattamento effettuato

Tabella 4-14

4.3.1 Commento

Analizzando l'incidenza delle malattie, riassunte in tabella 4-18 e 4-19, è possibile innanzitutto fare una prima distinzione tra i vigneti in cui sono stati distribuiti prodotti antifungini e quelli in cui non sono stati effettuati trattamenti. Nei primi, lo stato sanitario dei vigneti si presenta come ottimale, pur trattandosi di un numero di interventi molto limitato (2/3 durante la stagione). Anche nei casi in cui, nonostante i trattamenti, si è osservata la presenza di infezioni di *Peronospora* e *Black rot* principalmente, queste non hanno raggiunto livelli tali da compromettere né l'equilibrio fisiologico delle piante né la produzione. Nei vigneti in cui non sono stati svolti trattamenti, la pressione della malattia ha raggiunto in alcuni casi livelli molto alti, tali da compromettere la produzione.

Sia sulle varietà a bacca rossa che su quelle a bacca bianca, è stata osservata innanzitutto un'alta percentuale di vigneti colpiti da *Flavescenza dorata* a causa della notevole diffusione dell'insetto vettore (*Scaphoideus titanus*) in queste aree.

Limitandosi prettamente all'analisi delle malattie fungine, prese in esame in questa trattazione, la *Peronospora* è l'infezione che ha colpito maggiormente le varietà a bacca rossa, con infezioni primarie e successive durante tutto il decorso stagionale, favorite sicuramente da condizioni climatiche favorevoli alla riproduzione del patogeno. Le varietà a bacca bianca camune, in particolare la varietà *Sauvignier gris*, si sono rivelate enormemente suscettibili alle infezioni di *Black rot*. Questa malattia, solitamente contenuta grazie ai trattamenti contro *Peronospora* e *Oidio*, in assenza di interventi ha potuto dilagare, con sintomi visibili su foglie, tralci e grappoli.

Per quanto riguarda i vigneti valtelinesi, l'area maggiormente colpita da infezioni risulta quella di Grosio. L'assenza di trattamenti combinata a condizioni climatiche favorevoli ha portato a riscontrare sintomi di *Oidio* in tutte le varietà presenti in quest'area.

5 Conclusioni

5.1.1 FASI FENOLOGICHE E CURVE DI MATURAZIONE

Sono stati riportati i dati riguardanti il susseguirsi delle fasi fenologiche e le curve di maturazione delle varietà che si sono distinte per produzione soddisfacente. Non tutti i vigneti purtroppo sono arrivati a fine stagione in condizioni adeguate alla loro valutazione, sia a causa di condizioni metereologiche avverse che per scorretta gestione agronomica del vigneto.

In generale la caratteristica osservata per quanto riguarda le varietà tolleranti alle malattie fungine è quella di essere tendenzialmente precoci rispetto alle varietà convenzionali di riferimento, sia per le varietà a bacca bianca che per quelle a bacca rossa. L'anticipo fenologico rispetto al riferimento è osservabile all'interno della stessa sottozona climatica, mentre valutando l'area di studio nel suo complesso ovviamente le fasi fenologiche risultano anticipate nelle aree a clima più caldo, quindi nei territori della bassa Valcamonica e nei vigneti valtelinesi posti a fondovalle.

Analizzando i parametri di maturità tecnologica, per quanto riguarda l'accumulo zuccherino non sono state osservate tendenze generali caratteristiche, suggerendo una dipendenza maggiore dalla variabilità climatica annuale e territoriale piuttosto che da caratteristiche genetiche intrinseche delle varietà. Il contenuto acidico invece tende ad essere più basso nelle varietà a bacca rossa rispetto al riferimento, mentre nelle varietà a bacca bianca si verifica l'opposto.

5.1.2 INCIDENZA DELLE MALATTIE

Nei vigneti della zona di Grosio, Valtellina, purtroppo la diffusione massiccia di Oidio e marciumi, senza supporto fitosanitario, ha compromesso la qualità e la quantità della produzione, mentre per il Solaris nel comune di Edolo, Alta Valcamonica, probabilmente anche grazie all'altitudine e al microclima più fresco e meno umido, non si sono verificati eventi di infezioni fungine di nessun tipo, nonostante non siano stati effettuati trattamenti nel corso della stagione.

Ci sono altre situazioni in cui nonostante i trattamenti le infezioni fungine si sono diffuse, anche a causa della forte pressione della malattia dovuta a gestioni non appropriate durante le fasi di sfogliatura, diradamento dei grappoli e gestione dell'interfilare nelle zone più umide, specialmente in bassa Valcamonica. In queste zone, infatti, si sono verificate durante la stagione le condizioni di piovosità, temperatura e umidità ottimali allo sviluppo di patogeni fungini, e soltanto nei vigneti in cui si è operata una corretta e attenta gestione, le piante sono

arrivate a fine stagione con una produzione quantomeno soddisfacente e uno stato sanitario sotto controllo.

Un fatto che va sicuramente ricordato per contestualizzare i numerosi danni alla produzione riportati in un discreto numero di vigneti, specialmente in Val Camonica, è la grandine che si è verificata nel mese di agosto. Possiamo qui osservare un effetto diretto del cambiamento climatico in queste zone; in cui, durante la stagione 2021 si sono verificati numerosi eventi violenti di grandine, che nei vigneti non protetti dalle reti, hanno causato danni alla parete fogliare e ai grappoli. Ne è un esempio il Merlot nella zona di Capo di Ponte, che ha subito danni da grandine tali da non riuscire a portare a termine la maturazione dell'uva, con un'estesa diffusione di marciumi e Botrite sui grappoli. La protezione delle piante con le reti antigrandine è una pratica sempre più diffusa in entrambe le valli, e un andamento climatico come quello della stagione 2021 ne ha confermato l'importanza; molte volte infatti, la presenza della rete è stata fondamentale per permettere di proteggere la produzione e arrivare a fine stagione con una superficie fogliare adeguata.

5.1.3 VALUTAZIONE GENERALE

Nel contesto attuale di crescente attenzione verso produzioni più sostenibili la possibilità di poter coltivare varietà con una ridotta necessità di trattamenti antifungini rappresenta sicuramente una possibilità allettante. È indubbia però l'importanza di una valutazione territoriale e climatica attenta ed esaustiva al fine di operare una scelta razionale del tipo di varietà tollerante maggiormente idonea all'ambiente scelto per la messa a dimora. Da quello che è stato osservato in questa trattazione raramente è possibile astenersi totalmente dalla distribuzione di trattamenti antifungini, a meno che non ci si trovi in condizioni climatiche e territoriali molto particolari, come ad esempio vigneti posti ad altitudini elevate.

Per quanto riguarda le varietà a bacca rossa, la scarsa concentrazione acidica osservata in ambiente montano rende difficile pensare di poter lavorare con queste varietà in zone ancora più calde come quelle del centro e sud Italia, soprattutto in vista di un crescendo termico imposto dal cambiamento climatico. D'altronde, spostare queste varietà a latitudini o altitudini elevate può comportare il rischio di squilibrare completamente la maturità tecnologica con quella fenolica, rendendo impossibile la produzione di vini rossi da affinamento.

La possibilità di produrre uva da varietà resistenti a bacca bianca in ambienti più freddi potrà sicuramente rivelarsi utile in un contesto in cui, cercando di sfuggire al rialzo termico, le

coltivazioni vengono spostate a latitudini e altitudini maggiori. In questo modo, senza la necessità di dover ricercare una maturità fenolica ma concentrandosi solo sui parametri tecnologici, sarà possibile coltivare uva in assenza completa di trattamenti o, se necessari, distribuiti in vigneto in un numero irrisorio rispetto alla gestione tradizionale.

1 Bibliografia

Accademia dei Georgofili Vitigni resistenti [Rapporto].

Angeli D. e Pertot I. L'oidio della vite [Rapporto] / Istituto Agrario di San Michele all'Adige. - 2007.

Ayres Peter G. Alexis Millardet: France's forgotten mycologist [Journal] // Mycologist. - United Kingdom : Cambridge University Press, 2004. - 1 : Vol. 18.

Barani Alessandra, Franchi Andrea e Bugiani Riccardo Speciale Oidio della vite - Conoscere il ciclo per impostare la difesa [Articolo] // Notiziario fitopatologico / a cura di Emilia Consorzio Fitosanitario Provinciale di Reggio. - Maggio 2010. - 1.

Becker A. Piwis in der Praxis [Journal] // Schweiz. Z. Obst Weinbau. - 2013. - Vol. 3. - p. 4-7.

Bellin D. [et al.] Resistance to Plasmopara viticola in grapevine 'Bianca' is controlled by a major dominant gene causing localised necrosis at the infection site [Journal] // Theoretical and Applied Genetics. - 2009. - 120 : Vol. 1. - p. 163-176.

Blasi P. [et al.] Construction of a reference linkage map of Vitis amurensis and genetic mapping of Rpv8, a locus conferring resistance to grapevine downy mildew. [Journal] // Theoretical and applied genetics. - 2011. - 123 : Vol. 1. - p. 43-53.

Boso S. e Kassemeyer H. Different susceptibility of European grapevine cultivars for downy mildew [Rapporto]. - 2008.

Bottura Maurizio [et al.] Manuale di difesa fitosanitaria della vite [Libro] / a cura di all'Adige Istituto Agrario di San Michele. - [s.l.] : Fondazione Edmund Mach, 2007. - p. 208.

Bottura Maurizio [et al.] Manuale di viticoltura [Libro]. - San Michele all'Adige : Fondazione Edmund Mach, 2011. - p. 188.

Bottura Maurizio Manuale di viticoltura [Libro]. - San Michele all'Adige : Fondazione Edmund Mach, 2011.

Bouquet A. [et al.] Vers l'obtention de variétés de vigne résistantes à l'oïdium et au mildiou par les méthodes conventionnelles et biotechnologiques. [Journal] // Bulletin de l'OIV. - 2000. - 73. - p. 445-452.

Brunetti M. [et al.] Climate variability and change in the Greater Alpine Region over the last two centuries based on multi-variable analysis [Articolo] // Int. J. Climatol.. - 2009. - 29. - p. 2197-2225.

Burrone Fabio e Marco Pierucci Marciume nero o Black Rot della vite [Articolo] // MilleVigne.

Carraro Jennifer [et al.] Viaggio nei vitigni resistenti [Journal] // L'Enologo. - Gennaio/Febbraio 2020. - 1/2.

Coleman C. [et al.] The powdery mildew resistance gene REN1 co-segregates with an NBS-LRR gene cluster in two Central Asian grapevines [Journal] // BMC Genetics. - 2009. - 10 : Vol. 1. - p. 1-20.

Dalbó M. A. [et al.] Marker-assisted selection for powdery mildew resistance in grapes [Journal] // Journal of the American Society for Horticultural Science. - 2001. - 126 : Vol. 1. - p. 83-89.

Demeter Standards di produzione. Norme direttive per l'autorizzazione all'uso dei marchi Demeter e Biodynamic [Atti di convegno] / a cura di Demeter Associazione Italia. - 2018. - p. 41.

Di Gasper Gabriele [et al.] Dall'Università di Udine nuove varietà di vite resistenti alle malattie [Journal] // Frutticoltura. - 2013. - 12. - p. 24-29.

- Eibach R. [et al.]** The use of molecular markers for pyramiding resistance genes in grapevine breeding. [Journal] // VITIS-GEILWEILERHOF. - 2007. - 46 : Vol. 3. - p. 120.
- Fischer M. B. [et al.]** Quantitative trait locus analysis of fungal disease resistance factors on a molecular map of grapevine. [Rapporto]. - 2003.
- Flocchini E. e Milani L.** Alla scoperta dei vini IGT della Valle Camonica [Rapporto]. - 2014.
- Gehman K.** Untersuchungen zur Epidemiologie des Falschen Mehltaus an Weinreben [Rapporto] / Universität Hohenheim. - [s.l.] : Berk. & Curt, ex de Bary, Berl. & de Toni., 1987.
- Geoportale Provincia di Sondrio [Online] // webgis.provinciasondrio.it/map/tirano.
- Gobbin D.** Redefining Plasmopara viticola epidemiological cycle by molecular genetics [Online]. - 2004. - <http://e-collection.ethbib.ethz.ch/show?type=diss&nr=15385>.
- Gobbin D., Pertot I. e Gessler C.** Identification of microsatellite markers for Plasmopara viticola and establishment of high throughput method for SSR analysis, [Journal] // European Journal of Plant Pathology. - 2003. - 109. - p. 153-164.
- Gomez-Zeledon Javier, Reinhard Zipper e Otmar Spring** Assessment of phenotypic diversity of Plasmopara Viticola on Vitis genotypes with different resistance. [Journal] // Crop Protection. - 2013. - 54. - p. 221-228.
- Hemmer C. [et al.]** Nanobody-mediated resistance to Grapevine fanleaf virus [Journal] // Plant Biotechnology Journal . - 2018. - p. 660-671.
- Hoffman S. [et al.]** Resistance to Erysiphe necator in the grapevine 'Kishmish vatkana' is controlled by a single locus through restriction of hyphal growth. [Journal] // Theoretical and applied genetics. - 2008. - 116 : Vol. 3. - p. 427-438.
- Intrieri Cesare** Il nome dei vitigni ibridi resistenti alle malattie fungine: un rischio da non sottovalutare per la viticoltura italiana [Articolo] // L'Enologo. - Luglio/Agosto 2019. - 7/8. - p. 32-35.
- Jermi M. [et al.]** Influence of the overwintering methods on the germination dynamic of downy mildew (Plasmopara viticola) oospores. // IOBC WPRS BULLETIN. - 2003. - Vol. 8. - p. 37-42.
- Jones JDG e Dang JL** The plant immune system [Journal]. - 2006. - p. 323-329.
- Lucchini F.S.** La Valcamonica, analisi territoriale da Pisogne a Ponte di Legno [Rapporto] / D.I.S.E.T. Ingegneria Urbanistica ; Politecnico di Milano. - 1996.
- Mattedi Flavio, Mattè Bruno e Margoni Michele** Botrite [Sezione di libro] // Manuale di viticoltura / aut. libro Bottura Maurizio.
- Modina Davide** Attualità e prospettive dei vitigni resistenti [Journal] // MilleVigne. - Marzo 2020.
- Molnár S. [et al.]** Marker assisted selection (MAS) for powdery mildew resistance in a grapevine hybrid family [Journal] // VITIS-GEILWEILERHOF. - 2007. - 46 : Vol. 4. - p. 212.
- Moreira F. M. [et al.]** Genetic linkage maps of two interspecific grape crosses (Vitis spp.) used to localize quantitative trait loci for downy mildew resistance [Journal] // Tree Genetics & Genomes. - 2011. - 7 : Vol. 1. - p. 153-157.
- Panstruga R., Parker E.J e P. Schulze-Lefert** SnapShot: Plant Immune response pathways [Rapporto] / Max-Planck Institute for Plant Breeding Research. - Koln, Germany : Elsevier, 2009.

- Pauquet J. [et al.]** Establishment of a local map of AFLP markers around the powdery mildew resistance gene Run1 in grapevine and assessment of their usefulness for marker assisted selection. [Journal] // Theoretical and Applied Genetics. - 2001. - 103(8). - p. 1201-1210.
- Pé M. Enrico** La caratterizzazione del genoma della vite per la viticoltura del XXI secolo [Atti di convegno] // Prolusione. Vinitaly, Verona. - 2008.
- Pedneault Karine e Provost Caroline** Fungus resistant grape varieties as a suitable alternative for organic wine production: Benefits, limits and challenges [Articolo] // Scientia Horticulturae. - [s.l.] : Elsevier, 2016. - Vol. 208. - p. 57-77.
- Pertot I. [et al.]** La peronospora della vite [Libro]. - [s.l.] : Istituto Agrario San Michele all'Adige, 2005.
- Rousseau J., Chanfreau S e Bontemps E.** [Sezione di libro] // Les Cépages Résistants and Maladies Cryptogamiques. - Bordeaux : Groupe ICV, 2013.
- Sabbatini P., Howell G. Stanley e Herrera J.C.** Ibridi di Vitis: storia, status e futuro [Journal] // Italus Hortus. - 2013. - p. 33-43.
- Schwander F. [et al.]** Rpv10: a new locus from the Asian Vitis gene pool for pyramiding downy mildew resistance loci in grapevine. [Journal] // Theoretical and Applied Genetics. - 2012. - 124 : Vol. 1. - p. 163-176.
- Testolin Raffaele** Il progetto di sequenziamento del genoma della vite [Rapporto] : Notiziario ERSA . - 2005.
- Testolin Raffaele** Le viti resistenti alle malattie dell'Università di Udine [Atti di convegno]. - 2016.
- United Nation** Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development [Rapporto]. - 2015.
- Venuti S. [et al.]** Historical Introgression of the Downy Mildew Resistance Gene Rpv12 from the Asian Species Vitis amurensis into Grapevine Varieties [Journal] // Plos one. - 2013. - 8 : Vol. 4. - p. e61228.
- Vivai Cooperativi Rauscedo** La sostenibilità ambientale [Sezione di libro] // La difesa fitosanitaria delle varietà resistenti. - Vol. 19-Quaderni tecnici VCR .
- Weeden N. F. [et al.]** Development and application of molecular marker linkage maps in woody fruit crops [Sezione di libro] // Developments in Plant Breeding. - [s.l.] : German Spangenberg, 1994. - Vol. 1.
- Welter L.J. [et al.]** Genetic mapping and localization of quantitative trait loci affecting fungal disease resistance and leaf morphology in grapevine (Vitis vinifera L) [Journal] // Molecular Breeding. - 2007. - 20.4. - p. 359-374.
- Wiedemann-Merdinoglu S. [et al.]** Development of a phenotyping platform to assess grapevine resistance to downy and powdery [Journal] // Development of phenotyping methodologies. - Madrid : [s.n.], 2013.

