



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN: SCIENZE AGRARIE E DEL TERRITORIO

# INNOVAZIONE NEL SISTEMA DI ALLEVAMENTO DELLA VITE COME STRATEGIA DI ADATTAMENTO AL RISCALDAMENTO GLOBALE

Innovation in vine training system  
as an adaptation strategy to global warming

TIPO TESI: sperimentale

Studente:  
FILIPPO MARIA ZACCONI

Relatore:  
DOTT.SSA VANIA LANARI

Correlatore:  
DOTT. EDOARDO DOTTORI

ANNO ACCADEMICO 2020-2021

Alla mia famiglia  
e a me stesso.

# SOMMARIO

ELENCO DELLE TABELLE.....	5
ELENCO DELLE FIGURE .....	7
ACRONIMI E ABBREVIAZIONI .....	9
INTRODUZIONE .....	11
SCOPO DELLA TESI.....	17
CAPITOLO 1 MATERIALI E METODI.....	18
1.1 Il sito di coltivazione.....	18
1.2 Il sistema d'allevamento .....	20
1.3 Schema sperimentale .....	22
1.4 Rilievi effettuati .....	23
1.5 Dati termopluviometrici.....	26
Capitolo 2 RISULTATI E DISCUSSIONI.....	27
2.1 Regimi termici.....	27
2.1.1 Minime termiche.....	27
2.1.2 Regimi termici medi .....	28
2.1.3 Temperature massime .....	29
2.1.4 Andamento termico stagionale .....	30
2.2 Regimi pluviometrici .....	31
2.2.1 Cumulate mensili ed annuali.....	31
2.2.2 Cumulate stagionali .....	33
2.3 Riepilogo termopluviometrico complessivo .....	34
2.3.1 Annata 2020.....	34
2.3.2 Annata 2021 .....	35
2.4 Differenze d'impianto e vantaggi gestionali .....	37
2.5 Architettura delle chiome.....	38
2.6 Rilievi morfologici.....	39
2.7 Andamento della maturazione.....	41

2.7.1 Peso medio acino .....	42
2.7.2 Solidi solubili.....	44
2.7.3 Acidità titolabile .....	46
2.7.4 pH .....	48
2.8 Produzione pendente .....	50
2.9 Composizione delle uve alla vendemmia.....	52
CONCLUSIONI .....	54
BIBLIOGRAFIA .....	56
SITOGRAFIA .....	59
RINGRAZIAMENTI .....	60

## ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1: Temperature minime mensili nel biennio 2020/2021 registrate nell'area di produzione della DOC "Verdicchio dei Castelli di Jesi", Azienda Agricola Edoardo Dottori. ....	28
Tabella 2: Regimi termici medi mensili nel biennio 2020/2021 registrate nell'area di produzione della DOC "Verdicchio dei Castelli di Jesi", Azienda Agricola Edoardo Dottori. (in blu i valori estivi dell'annata più mite, in rosso quelli dell'estate più calda). ....	29
Tabella 3: Temperature massime mensili degli anni 2020 e 2021 registrate nell'area di produzione della DOC "Verdicchio dei Castelli di Jesi", Azienda Agricola Edoardo Dottori (in blu i valori estivi dell'annata più mite, in rosso quelli dell'estate più calda). ....	29
Tabella 4: Temperature medie primaverili ed estive ed esposizione alle massime termiche (No. giorni) negli anni 2020 e 2021 nell'area di produzione della DOC "Verdicchio dei Castelli di Jesi", Azienda Agricola Edoardo Dottori (in blu i valori estivi dell'annata più mite, in rosso quelli dell'estate più calda). ....	30
Tabella 5: Cumulata ( $\Sigma$ ) mensile e annuale delle piogge cadute negli anni 2020 e 2021 nell'area di produzione della DOC "Verdicchio dei Castelli di Jesi", Azienda Agricola Edoardo Dottori (in blu i valori dell'annata più piovosa, in rosso quelli della più siccitosa, per il periodo aprile ÷ settembre relativo al ciclo delle viti) ....	32
Tabella 6: Precipitazioni primaverili, estive e del periodo aprile – settembre, negli anni 2020 e 2021 nell'area di produzione della DOC "Verdicchio dei Castelli di Jesi", Azienda Agricola Edoardo Dottori. Sono riportati anche il numero dei giorni (No. giorni) con precipitazioni > 15 mm (in blu i valori dell'annata più piovosa, in rosso quelli della più siccitosa).....	33
Tabella 7: Principali caratteristiche d'impianto tra GY e GYr .....	37
Tabella 8: Altezza e spessori della chioma delle viti di Verdicchio allevate nei due sistemi di allevamento GY e GYr, nel biennio 2020/2021 (Azienda Agricola Edoardo Dottori).....	38
Tabella 9: Numero dei germogli (N°) e superfici fogliari (Sup.fogl.) determinate sul singolo germoglio e per vite delle viti di Verdicchio, allevate nei due sistemi di allevamento GY e GYr per il biennio 2020/2021, (Azienda Agricola Edoardo Dottori) .....	40

Tabella 10: Produzione e paramtri produttivi delle viti di Verdicchio, allevate nei due sistemi GY e GYr per il biennio 2020/2021, (Azienda Agricola Edoardo Dottori).....	51
Tabella 11: Parametri compositivi delle uve alla vendemmia nelle viti di Verdicchio, allevate con i due sistemi GY e GYr per il biennio 2020/2021, (Azienda Agricola Edoardo Dottori).....	53

## ELENCO DELLE FIGURE

Figura 1: Mappa satellitare Google Earth dell'area interessata dal vigneto oggetto dello studio (perimetro appezzamento evidenziato in verde).....	18
Figura 2: Vista dal basso di una porzione del vigneto oggetto della sperimentazione .....	19
Figura 3: Schema rappresentativo dei due sistemi d'allevamento a confronto: Guyot tradizionale (a sinistra) e Guyot rialzato (a destra). .....	20
Figura 4: Confronto fra due viti della sperimentazione allevate rispettivamente a Guyot (a sinistra) e Guyot rialzato (a destra). .....	21
Figura 5: Particolare del vigneto in cui vengono evidenziati i 3 blocchi della sperimentazione (rosso, blu, giallo), contenenti 6 filari ciascuno. Per le due tesi (GYr e GY) contenute all'interno di ciascun blocco si evidenziano i filari centrali oggetto dei rilievi (rispettivamente in bianco e nero).....	22
Figura 6: Point Quadrat Analysis, per la rilevazione degli strati fogliari, eseguita all'inizio del mese di giugno. ....	23
Figura 7: Rilievi durante le operazioni di vendemmia.....	24
Figura 8: Prelievo dei campioni di acini .....	25
Figura 9: Andamento termopluviometrico del 2020 su base giornaliera. L'area in grigio mette in evidenza il periodo interessato dal ciclo delle viti di Verdicchio, nell'area di produzione della DOC "Verdicchio dei Castelli di Jesi", Azienda Agricola Edoardo Dottori .....	34
Figura 10: Andamento termopluviometrico del 2021 su base giornaliera. L'area in grigio mette in evidenza il periodo interessato dal ciclo delle viti di Verdicchio, nell'area di produzione della DOC "Verdicchio dei Castelli di Jesi", Azienda Agricola Edoardo Dottori .....	35
Figura 11: Evoluzione del peso medio acino (PMA) nelle viti di Verdicchio, allevate nei due sistemi GY e GYr per il biennio 2020/2021. Giorni giuliani (gg), (Azienda Agricola Edoardo Dottori). Le differenze significative rilevate con il Student-Newman-Keuls test ( $p=0,05$ ) in ciascun campionamento, sono indicate con le lettere minuscole .....	42

Figura 12: Evoluzione della concentrazione zuccherina nelle viti di Verdicchio, allevate nei due sistemi GY e GYr per il biennio 2020/2021. Giorni giuliani (gg), (Azienda Agricola Edoardo Dottori). Le differenze significative rilevate con il Student-Newman-Keuls test ( $p=0,05$ ) in ciascun campionamento, sono indicate con le lettere minuscole ..... 44

Figura 13: Evoluzione dell'acidità titolabile nelle viti di Verdicchio, allevate nei due sistemi GY e GYr per il biennio 2020/2021. Giorni giuliani (gg), (Azienda Agricola Edoardo Dottori). Le differenze significative rilevate con il Student-Newman-Keuls test ( $p=0,05$ ) in ciascun campionamento, sono indicate con le lettere minuscole ..... 46

Figura 14: Evoluzione del pH nelle viti di Verdicchio, allevate nei due sistemi GY e GYr per il biennio 2020/2021. Giorni giuliani (gg), (Azienda Agricola Edoardo Dottori). Le differenze significative rilevate con il Student-Newman-Keuls test ( $p=0,05$ ) in ciascun campionamento, sono indicate con le lettere minuscole ..... 48

## ACRONIMI E ABBREVIAZIONI

ppm	parti per milione
°C	gradi centigradi
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
CO <sub>2</sub>	Anidride carbonica
cv	cultivated variety
GY	Guyot
GYr	Guyot rialzato
DOC	Denominazione d'Origine Controllata
ha	ettaro
slm	sul livello del mare
g/L	grammi/litro
NaOH	Idrossido di sodio
N	normale
Tmin	Temperatura minima
Tmed	Temperatura media
Tmax	Temperatura massima
gg	giorni giuliani
No.giorni	Numero di giorni
Σ	sommatoria
h	altezza
Hmed	altezza media
Spmax	spessore massimo

Spgrape	spessore a livello dei grappoli
Germ.	germoglio
Sup.fogl.princ.	superficie fogliare principale
Sup.fogl.femm.	superficie fogliare delle femminelle
Sup.fogl.tot	superficie fogliare totale
PMA	peso medio acino
°Brix	gradi Brix
prod.	produzione
grapp.	grappoli
Pmg	peso medio grappolo
gr	grammi
kg	chilogrammi
coeff.fert.	coefficiente di fertilità

# INTRODUZIONE

## 1. CAMBIAMENTO CLIMATICO: SITUAZIONE ATTUALE E PROSPETTIVE FUTURE

La situazione climatica in atto sta evolvendo molto velocemente ed i mutamenti in corso destano sempre maggiori preoccupazioni data l'elevata capacità di diffusione ed intensificazione che stanno manifestando. Molte sono le problematiche che stanno affliggendo il nostro Pianeta in tal senso, talvolta anche irrecuperabili, se non in migliaia di anni.

Si parla sempre più di incremento dei gas serra (410 ppm al 2019), incremento della temperatura media globale che ormai si sta avvicinando al tanto temuto +1,5°C (potenzialmente raggiungibile fra 20-30 anni) e che sarà opportuno tenere entro questa soglia, scongiurando ulteriori aumenti altrettanto catastrofici, o ancora rischi legati all'innalzamento dei mari (IPCC 2021).

Purtroppo, i rapporti stilati negli ultimi anni mettono in luce come questi incrementi termici saranno di difficile controllo, con ripercussioni sul globo altrettanto più evidenti; ondate di calore più frequenti, stagioni calde prolungate, a discapito di quelle fredde, carenze idriche, etc. Tutto ciò potrà portare ad un superamento delle soglie critiche di tolleranza sia per la salute umana ma anche per settori primari per la vita dell'uomo, quale ad esempio l'agricoltura.

Le zone climatiche, infatti, tenderanno a spostarsi sempre più verso i poli modificando tutta la distribuzione delle colture finora presenti e diversificate nelle varie parti del globo; così come possibili cambiamenti riguardanti il compimento dei cicli vegetativi delle piante stesse, che potranno essere soggetti a variazioni temporali piuttosto importanti.

Le attività antropiche saranno determinanti nello stabilire l'evolversi di queste situazioni nel prossimo futuro. È ormai noto che la CO<sub>2</sub> insieme agli altri gas serra sono le pedine principali che muoveranno i mutamenti in atto e che sarà opportuno monitorare, stabilizzandoli o meglio riducendoli, per tentare di frenare la corsa verso scenari ben più preoccupanti (IPCC 2021).

## 2. IL SETTORE VITICOLO E LE RIPERCUSSIONI DEL CLIMATE CHANGE

L'agricoltura, che è uno dei settori responsabili delle influenze sul clima e dei cambiamenti che ne conseguono, deve prendere in considerazione pratiche che mirino da un lato a ridurre emissioni in atmosfera, ed in generale tutelare sempre più le risorse ambientali, ma dall'altro anche far ricorso a strategie che possano adattare i sistemi agricoli al mutato contesto in cui si trovano. Si tratta di fatto di studiare e mettere in pratica una serie di operazioni che possano rendere questo settore più sostenibile e più resiliente nei confronti delle problematiche attuali. Parlando ancor più nello specifico per il settore viticolo, si stanno studiando ed applicando già da alcuni anni diverse tecniche che possono aiutare il "sistema vigneto" ad adattarsi meglio alla variabilità di condizioni climatiche che, stagione dopo stagione, si vanno a manifestare; tenendo ovviamente l'occhio puntato principalmente sulla primaverile-estiva in cui si sviluppa il ciclo vegeto-produttivo della vite e dove sono sempre più frequenti ripercussioni talvolta anche molto dannose legate a stress multipli: siccità, ondate di calore, stress idrici, etc. (Palliotti et al., 2015).

Numerosi sono gli studi e le ricerche attuate nei vari areali di coltivazione, un po' in tutto il mondo, che stanno mettendo in luce come, ad esempio, l'epoca di vendemmia dagli anni '70 ad oggi si stia anticipando più o meno marcatamente a fronte di un ciclo vegeto-produttivo delle piante che va a ridursi, portando ad anticipi talvolta anche superiori ai 10-15 giorni rispetto allo standard del passato e che non sempre garantiscono la stessa qualità di maturazione delle uve (Di Lena et al., 2019). A tal proposito la viticoltura effettuata soprattutto in alcuni areali, come quelli montani, ad esempio nel Trentino, sta analizzando e valutando come l'altitudine possa influenzare l'evolversi delle fasi fenologiche delle viti, sfruttando quote di impianto superiori, laddove le condizioni climatiche meno favorevoli possano in un qualche modo "frenare" lo sviluppo e garantire dei tempi di maturazione più adeguati (Alikadic et al., 2019)

Il Climate Change molto probabilmente ha avuto e continua ad avere un impatto significativo sul sistema viticolo e, in particolare, gli incrementi termici hanno influenzato la qualità dell'uva e del vino, considerando che la temperatura di fatto è il principale fattore che muove la fenologia delle piante, associato poi anche ad altri aspetti quali le precipitazioni e la radiazione solare incidente sulle chiome delle viti (van Leeuwen e Destrac-Irvine, 2017). Nello specifico vengono a modificarsi i parametri di base per la maturazione dei grappoli con squilibri fra acidi, che tendono a ridursi eccessivamente, e zuccheri, che invece spesso si ritrovano in eccesso; così anche le componenti aromatiche ed i relativi precursori che nelle

uve vengono maggiormente a degradarsi, con conseguente appiattimento del profilo sensoriale dei vini (van Leeuwen e Darriet, 2016).

Anche parlando del terroir, in riferimento ad una determinata zona viticola, questo viene fortemente influenzato dai mutamenti in atto, essendo esso stesso la risultante fra le caratteristiche pedoclimatiche dell'area, la vite e le pratiche antropiche attuate (Gatti e Poni, 2015); difatti lo stesso clima va a condizionare il microclima della chioma, la crescita e la fisiologia della vite, oltre agli aspetti produttivi già citati (Jones, 2016). Fenomeni meteo estremi, come le ondate di calore o l'assenza di precipitazioni, con temperature giornaliere che in estate possono eccedere i 30, fino anche i 35 °C, o ancora eccessi termico-radiativi a livello dei grappoli, vanno solo a peggiorare le caratteristiche qualitative delle uve; si possono avere problematiche di scottature sulle uve che vanno a ridurre drasticamente anche i livelli produttivi, inoltre lo stress complessivo a cui vanno incontro le piante durante questi periodi può avere ripercussioni negative anche sulla vitalità delle viti stesse nel lungo periodo (Jones, 2018).

Si prevedono quindi nuove sfide per la viticoltura, in ragione dei cambiamenti climatici in atto e di quelli previsti dagli scenari futuri, si dovranno considerare nuove pratiche da mettere in gioco per contrastare questi effetti negativi, partendo dalla coltivazione, i materiali genetici usati, fino alla scelta dei siti; il tutto inserito in un contesto in rapida evoluzione che vedrà anche delle modifiche nel consumo del vino e nell'approccio del consumatore in tal senso (Santos et al., 2020). Se nel passato, infatti, i vini più apprezzati ma anche riconosciuti dalle guide di settore, erano prodotti molto strutturati, carichi, con tenori alcolici importanti, nel tempo la situazione si è modificata, con la maggiore richiesta nel mercato di vini a moderato contenuto alcolico, freschi e di facile beva (Palliotti et al., 2012); cosa ad oggi non più molto semplice da ottenere date le caratteristiche delle uve con cui sovente si arriva alla vendemmia.

### 3. STRATEGIE D'ADATTAMENTO NELLA MODERNA VITICOLTURA

Se è quindi vero ed ormai consolidato che l'impatto climatico sta avendo tutte queste ripercussioni sul settore viticolo, è ormai altrettanto affermato che ci siano numerose ricerche e pratiche messe a punto per provare a far fronte a questo complesso sistema in rapida evoluzione. Si stanno, infatti, studiando nuove strategie di gestione del "sistema vigneto", basate su considerazioni relative alla distribuzione della vite in ambienti che finora non manifestavano disponibilità termiche idonee ad ospitare la coltura, e che ora lo diventano grazie all'innalzamento termico; ma anche basate sulla corretta scelta dei genotipi (nesto/portainnesto) capaci di tollerare meglio condizioni di stress (es. carenza idrica) (Palliotti et al., 2015). Sono allo studio poi tutta una serie di possibilità da attuare sia a ciclo colturale avviato; quindi, piuttosto 'flessibili' ed in funzione al decorso stagionale, ma anche pratiche preventive, al contrario 'poco flessibili', attuate già in potatura invernale, legate talvolta ad impostazioni date al vigneto al momento della scelta del sistema di allevamento.

Nel caso di strategie 'flessibili' rientrano numerose possibilità di intervento, partendo dalla regolazione del rapporto tra superficie fogliare e produzione, che è sempre stata definita ottimale con un valore di 1 m<sup>2</sup> di superficie fogliare per 1 kg d'uva prodotta, e che oggi viene rivisto e ridotto a 0,8 – 0,5 m<sup>2</sup>/kg, comportando così una ridotta capacità di accumulo di zuccheri nell'acino, rimanendo comunque in un range di equilibrio vegeto-produttivo idoneo alla cv, all'ambiente di coltivazione, etc. (Palliotti et al., 2014). Un'altra strategia riguarda l'intervento con delle cimature tardive, cioè più spostate in avanti durante il ciclo, sempre in funzione della varietà coltivata, quindi dalla post allegagione per le cv precoci fino all'invaiaitura per quelle a maturazione più ritardata; in questo modo si cerca di creare una maggiore competizione da parte della componente vegetativa dovuta alle femminelle che si dovrebbe sviluppare a seguito delle cimature stesse, con effetti sia in termini di riduzione dell'accumulo di carboidrati negli acini, sia di ritardo della maturazione complessiva, soprattutto se si parla di cv a bacca nera (Palliotti et al., 2012). Inoltre, su questo aspetto della cimatura potrebbe inserirsi, laddove il vigneto sia già stato predisposto in partenza, la possibilità di testare un intervento di irrigazione tardiva (meglio se localizzato nel sottofila) volto ancor più a stimolare la competizione vegetativa ricercata, soprattutto nelle annate con le maggiori carenze idriche (Palliotti et al., 2012).

Altre tecniche, invece, possono essere volte ad indurre degli stress fotosintetici mirati, come ad esempio il ricorso a defogliazioni tardive meccanizzate, che vengono eseguite sulla parete fogliare e più specificatamente nella parte medio-apicale dei germogli, ovvero la componente fogliare più giovane e tendenzialmente più attiva nella seconda parte del ciclo, soprattutto

come fonte di fotosintetati per la produzione, provando così a rallentarne l'accumulo nelle uve, quindi una minore quantità di zuccheri alla vendemmia, oppure allungando i tempi di maturazione e di conseguenza posticipando la vendemmia (Palliotti et al., 2015). Parlando sempre di riduzione fotosintetica, si inserisce la possibilità di ricorrere ad apposite reti ombreggianti che vanno a schermare chioma e fascia produttiva così da contenerne il surriscaldamento dei grappoli, preservandone una maggiore componente acidica e, diminuendo la capacità di assimilazione della chioma, riducendone gli zuccheri con un generale rallentamento della maturazione, compresa quella fenolica (Palliotti et al., 2014). Ancora più di recente sono state studiate ulteriori possibilità d'intervento riguardanti l'impiego, durante il ciclo colturale, di sostanze ad attività schermante/antitraspirante nei confronti della radiazione incidente sulla chioma; trattasi dell'uso di prodotti quali ad esempio il caolino, polvere di roccia di origine naturale che viene diluita in acqua con specifici dosaggi e spruzzata sulla parete vegetativa così da creare una sorta di film schermante, riflettente, che va a proteggere foglie e produzione nei periodi più caldi e siccitosi della stagione, in concomitanza con le fasi più critiche per la maturazione delle uve (Frioni et al., 2019). Un'altra sostanza utile a tali scopi, con un'azione per lo più antitraspirante nei confronti della superficie fotosinteticamente attiva, è rappresentata dal pinolene (di-1-p-menthene), sostanza derivata dalla distillazione di resine delle conifere, capace di formare una pellicola protettiva sulle parti aeree irrorate causando una parziale ma duratura chiusura degli stomi, andando così a regolare le perdite di acqua per traspirazione nonché l'ingresso della CO<sub>2</sub> da organizzare; sono state testate applicazioni tardive (post-invaiatura) del prodotto in questione capace di ridurre in modo più o meno significativo il contenuto zuccherino negli acini (Silvestroni et al., 2020). In ultimo è comunque opportuno citare anche tecniche alternative, fra cui l'applicazione di prodotti esogeni che agiscono sempre sui processi di maturazione delle uve, quali ad esempio sostanze ormono-simili come auxine o citochinine di sintesi o ancora inibitori dell'etilene. Ci sono anche tecniche più particolari che riguardano la scelta di vendemmiare specifiche partite di uve in momenti più anticipati per costituire determinate masse vinificate, con minore contenuto in alcol e livelli di acidità più importanti (Palliotti et al., 2014).

In secondo luogo, rientrano strategie di adattamento meno 'flessibili' da valutare ed eventualmente applicare in fase di impostazione del vigneto stesso. Nello specifico si parla oggi delle caratteristiche positive fornite da forme di allevamento a chioma libera per ambienti a bassa o alta fertilità, come l'alberello o il cordone libero, per cv con germogli tendenzialmente assurgenti, in grado di garantire una maggiore quota di radiazione diffusa a livello dei grappoli (ottenibile anche con forme d'allevamento più specifiche, come pergole o

tendoni) e rappresentando, soprattutto nei periodi più caldi della stagione, il microclima ideale per lo svolgimento della maturazione; proteggendo così da eccessive esposizioni e surriscaldamenti la fascia produttiva, che nelle classiche controspalliere può essere soggetta a potenziali eccessi (Palliotti et al., 2015). Proprio l'alberello, infatti, è una delle soluzioni d'allevamento maggiormente adottate oggi in ambienti fortemente siccitosi, esposti a frequenti ondate di calore e dove complessivamente l'ambiente garantisce una ridotta fertilità per le piante (van Leeuwen et al., 2019).

Un'altra tecnica studiata e attuata oggi in viticoltura riguarda l'utilizzo, su forme gestite con la potatura corta, di una classica pre-potatura meccanica eseguita in inverno e della successiva rifinitura fatta invece più o meno tardivamente, a germogliamento avvenuto. Si tratta di eseguire un primo raccorciamento meccanico dei tralci a 6-8 gemme, per poi andare a rifinirli, classicamente a 1-2 gemme, in fase avanzata, durante la primavera o meglio in base alla successiva schiusura delle gemme lasciate con la pre-potatura; procurando così una sorta di rimodulazione delle riserve nella pianta durante le prime fasi di sviluppo vegetativo, portando a molteplici risultati che vanno dal ritardo delle fasi fenologiche seguenti (fioritura, allegagione, invaiatura, etc.), alla potenziale riduzione del carico produttivo (utile per cv ad elevata fertilità gemmaria e grappoli grandi), fino alla variazione della composizione stessa delle bacche (Silvestroni et al., 2018).

Come già accennato però, queste ultime possibilità descritte (sia per l'adozione di forme come l'alberello, sia per l'uso della potatura tardiva) implicano il ricorso a varietà gestibili con la potatura corta, a sperone, laddove l'elevata fertilità delle gemme basali dei tralci consenta il loro raccorciamento a 1-2 gemme franche.

## SCOPO DELLA TESI

Ad oggi sono ancora scarsi gli studi relativi a strategie potenzialmente utilizzabili con cultivar allevate a contropalliera in cui viene applicata la potatura lunga, lasciando capi a frutto di lunghezza variabile, a seguito per lo più della bassa fertilità che le gemme basali di queste manifestano.

Con questo lavoro sono state studiate e valutate possibili strategie da mettere in atto fin dall'inizio della stagione vegetativa, o comunque in fase di impostazione della struttura scheletrica, di viti (varietà) per cui è richiesta la potatura lunga.

Si è pertanto sperimentata una nuova impostazione del classico sistema d'allevamento a Guyot (GY) in cui sono state messe in atto alcune modifiche partendo proprio da questa stessa forma, tradizionalmente usata per le cv a bassa fertilità delle gemme basali. In particolare, l'innovazione ha riguardato l'innalzamento del capo a frutto da 0,9 m a circa 1,10 m da terra, con l'obiettivo di aumentare il carico produttivo per ceppo e modificare la composizione delle uve, agendo contemporaneamente sulla dimensione della parete vegetativa.

Sulla base delle caratteristiche del nuovo sistema e al fine di rendere più semplici e comprensibili i vari confronti effettuati in questo lavoro, esso verrà indicato con il nome di "Guyot rialzato" (GYr).

Lo studio in questione è stato effettuato durante le annate 2020 e 2021, sulla cultivar Verdicchio, coltivata nell'area classica di produzione della DOC "Verdicchio dei Castelli di Jesi".

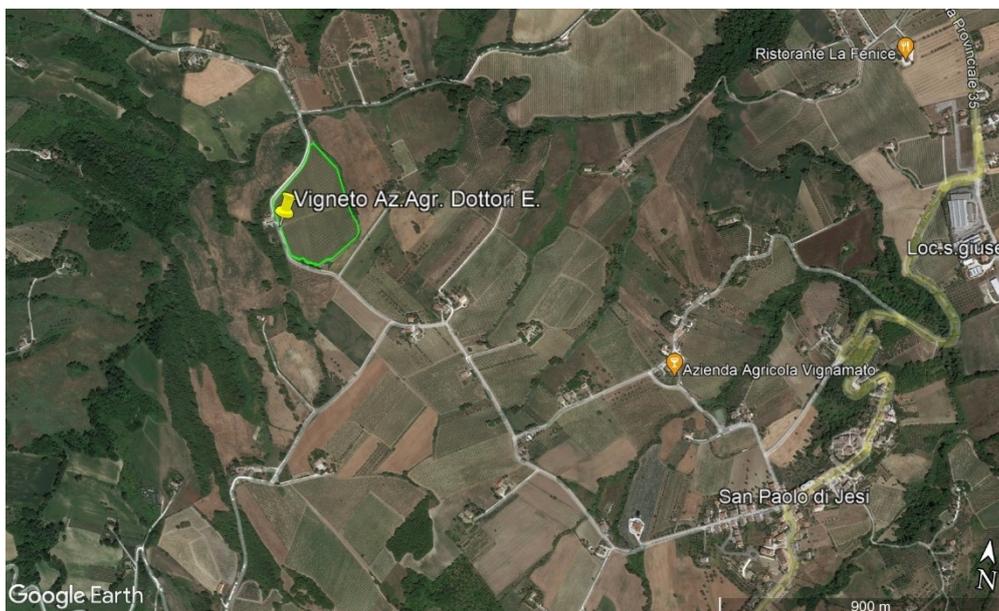
# Capitolo 1

## MATERIALI E METODI

### 1.1 Il sito di coltivazione

La sperimentazione oggetto di questo lavoro è stata condotta presso l'azienda Agricola Dottori Edoardo, sita nel comune di San Paolo di Jesi (AN) e ricadente all'interno della più ampia area di produzione della DOC Verdicchio dei Castelli di Jesi, sviluppatasi nelle colline poste attorno alla valle Esina. Essa conta di unico appezzamento, coltivato interamente a Verdicchio innestato sul portainnesto 420A, che si estende su una superficie di circa 5,5 ha presenti su un versante collinare, con esposizione Nord/Ovest e orientamento dei filari Nord/Ovest-Sud/Est, ad un'altitudine di circa 190 m slm e con una pendenza media del 21% (Fig. 1).

La prova è stata condotta su una porzione più ristretta di tale appezzamento, per un'estensione di circa 1 ha. Il vigneto è piuttosto giovane considerando che l'impianto dei primi 4 ha è avvenuto nel 2014 e la restante parte nel 2017; proprio quest'ultima oggetto dello studio in questione. Il sesto d'impianto adottato su tutto l'appezzamento è di 1,10 m sulla fila per 3 m tra le file, per un totale di 3030 viti/ha (Fig. 2).



*Figura 1: Mappa satellitare Google Earth dell'area interessata dal vigneto oggetto dello studio (perimetro appezzamento evidenziato in verde).*

Il suolo, di origine pleistocenica, è composto da una netta prevalenza di argilla e abbondante presenza di calcare che nel complesso lo identificano come tendenzialmente argilloso, con una buona profondità. L'ambiente fitoclimatico di tutta l'area rientra nella fascia "Alto collinare", con precipitazioni medie uguali o superiori ai 700/800 mm annui e temperature medie attorno ai 14 °C (*Disciplinare di produzione dei vini a denominazione di origine controllata "Verdicchio dei Castelli di Jesi"*).

Attualmente l'azienda gestisce il vigneto in regime di agricoltura biologica, applicando il relativo disciplinare di produzione. Il vigneto è gestito con inerbimento, in parte controllato e in parte spontaneo. La gestione del cotico erboso viene effettuata solo meccanicamente, si effettuano concimazioni annuali con ammendanti organici, sfruttando anche gli apporti fertilizzanti delle stesse essenze erbacee. La difesa dalle principali avversità parassitarie viene eseguita mediante l'uso di rame e zolfo, con l'aiuto di altri prodotti consentiti in bio, come il ricorso ai microrganismi antagonisti.



*Figura 2: Vista dal basso di una porzione del vigneto oggetto della sperimentazione.*

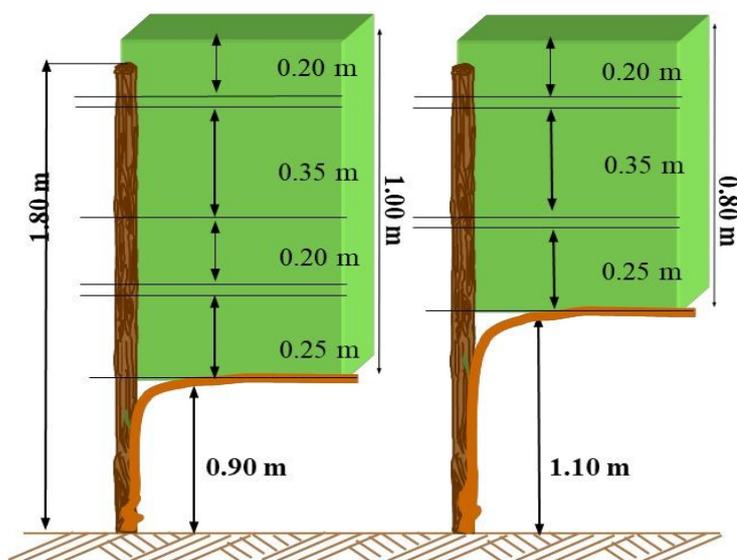
## 1.2 Il sistema d'allevamento

Considerando che la cv Verdicchio rientra fra le varietà a bassa fertilità delle gemme basali presenti sui tralci, tutto l'impianto è impostato con la tradizionale potatura lunga a Guyot, nello specifico monolaterale, in cui le piante vengono gestite adagiando il capo a frutto dell'anno, selezionato in potatura, sul filo di banchina posto normalmente a circa 90 cm di distanza dal suolo e predisponendo uno o due speroni per il rinnovo dell'anno successivo; garantendo così una parete vegetativa sovrastante che si svilupperà per circa un metro di altezza.

Dal marzo del 2020, proprio in ottica di questa sperimentazione, una parte delle viti del più recente impianto, sono state reimpostate nel loro assetto scheletrico, utilizzando il nuovo sistema d'allevamento, avente gli stessi principi di potatura lunga del precedente. Come già specificato esso verrà chiamato Guyot rialzato (GYr).

In sostanza, si va ad alzare il filo di banchina portandolo ad 1,10 m dal suolo, ottenendo una parete fogliare più contenuta in altezza, di circa 80 cm. Così facendo, la fascia produttiva si ritroverà maggiormente distante dal suolo e al contempo il capo a frutto lasciato avrà un numero maggiore di gemme (circa 2-3 gemme in più per ceppo), rispetto alla forma tradizionale, in quanto dovrà coprire la maggiore distanza che si è andata a creare alzando il filo di banchina stesso, quindi potenzialità produttiva superiore e, in associazione alla ridotta parete fogliare, anche un potenziale rallentamento della maturazione con un ridotto accumulo di fotosintetati nelle uve.

In entrambi i casi la palificazione fuoriesce per 1,80 m da terra; per il Guyot poi si utilizzano 3 coppie di fili mobili per il contenimento della vegetazione, posti a circa 20-30 cm l'uno dall'altro; mentre per il Guyot rialzato ne bastano 2, dato il ridotto sviluppo in altezza della chioma, posizionati rispettivamente a 135 e 170 cm dal suolo (Figg. 3 e 4).



*Figura 3: Schema rappresentativo dei due sistemi d'allevamento a confronto: Guyot tradizionale (a sinistra) e Guyot rialzato (a destra).*



***Figura 4: Confronto fra due viti della sperimentazione allevate rispettivamente a Guyot (a sinistra) e Guyot rialzato (a destra).***

Le due forme, dal punto di vista agronomico (potatura, fertilizzazioni, etc.), sono state gestite nel medesimo modo, andando anche ad eseguire degli interventi di cimatura estiva, laddove l'andamento stagionale lo abbia consentito, con l'intento di analizzare un possibile riscoppio di nuova vegetazione (femminelle) e valutarne gli effetti sia a livello fisiologico che sulla maturazione delle uve, considerando la diversa impostazione data alle viti di Verdicchio.

Al raggiungimento del pieno sviluppo della chioma sono iniziati i rilievi per la caratterizzazione della stessa nelle due diverse forme di allevamento. Nello specifico la minor altezza della chioma sviluppata nel Guyot rialzato dovrebbe riflettersi in un maggior spessore della stessa, portando ad una quota di luce diffusa più elevata sulla fascia produttiva.

Una volta avvenuta l'invaiaatura, agli inizi del mese di agosto in entrambi gli anni, sono iniziati i campionamenti sulle uve, per determinare eventuali effetti dei diversi sistemi di allevamento sulla composizione qualitativa della produzione pendente.

### 1.3 Schema sperimentale

La prova è stata eseguita su una superficie di circa 1 ha di vigneto in cui si sono alternate file con il sistema d'allevamento Guyot rialzato (GYr), a quelle con l'impostazione tradizionale a Guyot (GY). Nello specifico lo schema sperimentale a blocchi randomizzati adottato ha previsto la suddivisione della relativa porzione di vigneto in tre blocchi contenenti ciascuno 3 filari contigui per tesi (per un totale di 6 filari), relative alle due forme in esame. I rilievi sono stati effettuati lungo il filare centrale in cui sono state selezionate otto viti campione, per un totale di 24 viti per ciascuna tesi (Fig. 5).



*Figura 5: Particolare del vigneto in cui vengono evidenziati i 3 blocchi della sperimentazione (rosso, blu, giallo), contenenti 6 filari ciascuno.*

*Per le due tesi (GYr e GY) contenute all'interno di ciascun blocco si evidenziano i filari centrali oggetto dei rilievi (rispettivamente in bianco e nero).*

#### 1.4 Rilievi effettuati

Durante il biennio 2020/21 è stato seguito l'andamento vegetato-produttivo nelle due forme di allevamento.

I rilievi sulle chiome sono stati eseguiti in vari momenti durante il decorso stagionale e nello specifico hanno riguardato la loro architettura (altezza e spessore), il numero dei germogli principali per vite e la loro superficie fogliare, numero e superficie fogliare delle femminelle formate, etc.

Per ciascuna vite campione sono stati scelti due germogli su cui effettuare le varie misurazioni, partendo proprio dalla superficie fogliare principale di ciascuno di essi, moltiplicandola per il numero dei germogli di ogni pianta ed ottenendo così la superficie fogliare dei germogli principali di ciascuna vite. È stata quindi calcolata la superficie fogliare totale per germoglio, comprensivo delle foglie principali più quelle delle femminelle. Moltiplicando questo valore per il totale dei germogli per vite, si è ottenuta la superficie fogliare totale.

I rilievi sono stati effettuati mediante l'uso di metri, Point Quadrat Analysis per determinare gli strati fogliari (Fig. 6) o ancora il Leaf Area Meter per la determinazione delle superfici fogliari.



*Figura 6: Point Quadrat Analysis, per la rilevazione degli strati fogliari, eseguita all'inizio del mese di giugno.*

In entrambi gli anni, all'inizio del mese di agosto, sono iniziati i campionamenti sulle uve effettuati a cadenza settimanale e prolungati fino alla vendemmia, per determinarne la concentrazione zuccherina, pH e acidità.

Alla vendemmia di ogni anno sono stati eseguiti i rilievi sulla produzione e caratteristiche qualitative delle uve. I grappoli sono stati contati e pesati (Fig. 7), mentre sotto campioni di 100 acini (Fig. 8), sono stati prelevati in tutte le viti campione ed analizzati in laboratorio. Gli acini sono stati pigiati e sul mosto ottenuto sono state determinate: concentrazione zuccherina ( $^{\circ}$ Brix), con un rifrattometro digitale Maselli LR-01; acidità titolabile (espressa in g/L di acido tartarico equivalente) con un titolatore Crison utilizzando NaOH 0,25 N con endpoint a pH 7,00 ed il pH con il pH metro Crison.

É stato possibile calcolare anche altri parametri, fra cui il coefficiente di fertilità, rapportando il numero dei grappoli con il numero di germogli per vite, ed il rapporto fra la superficie fogliare ( $m^2$ ) e la produzione (kg), per vite.



***Figura 7: Rilievi durante le operazioni di vendemmia.***



*Figura 8: Prelievo dei campioni di acini*

Con gli stessi dati acquisiti è stata eseguita un'analisi statistica relativa a ciascuna delle annate in studio, applicando il T-test (“Student-Newman-Keuls test”).

### 1.5 Dati termopluviometrici

I dati meteo relativi alla zona d'interesse sono stati desunti dal sito del Servizio Regionale della Protezione Civile della Regione Marche (SIRMIP: *Sistema Informativo Regionale Meteo-Idro-Pluviometrico*) e provengono dalla stazione più vicina al vigneto, quindi potenzialmente più rappresentativa. Nello specifico la stazione in questione è ricadente nel paese di Moie (comune di Maiolati Spontini), distante circa 4,5 km dal sito oggetto di sperimentazione.

Sia per il 2020 che per il 2021 sono stati presi in considerazione ed elaborati i “dati validati” relativi alle temperature minima (Tmin), media (Tmed) e massima (Tmax) ed alle precipitazioni (cumulate in mm).

I dati sono stati elaborati per determinare i diversi valori mensili, stagionali e complessivi dell'annata considerata.

Utilizzando le stesse temperature è stata anche calcolata l'esposizione delle viti agli stress termici forti e molto forti, quantificandoli rispettivamente mediante il numero di giorni con temperature massime (Tmax) superiori ai 30°C ed ai 35°C.

L'analisi sulle precipitazioni ha riguardato anche il calcolo del numero di giorni con piogge superiori ai 15 mm verificatesi nei due diversi anni per ciò che riguarda il periodo compreso fra aprile e settembre (giorni giuliani dal 91 al 273), considerandolo di maggiore rilevanza ai fini del ciclo stesso delle viti di Verdicchio.

## Capitolo 2

# RISULTATI E DISCUSSIONI

Sono stati inizialmente analizzati i decorsi stagionali mediante i relativi dati termopluviometrici per le due annate, 2020 e 2021, oggetto della sperimentazione. La conoscenza dell'andamento stagionale è di fondamentale importanza in quanto il ciclo della vite è fortemente influenzato dal regime termico e pluviometrico, che solitamente si ripercuote sullo sviluppo vegeto-produttivo, sull'andamento della maturazione e qualità delle uve alla vendemmia, a prescindere dal sistema di allevamento adottato.

I vigneti dell'Azienda Agricola Edoardo Dottori, come descritto già in precedenza, ricadono nei territori della Valle Esina, all'interno dell'area classica della DOC "Verdicchio dei Castelli di Jesi", nella fascia climatica identificata dall'omonimo disciplinare di produzione come Alto Collinare, con precipitazioni medie intorno ai 700/800 mm annui e temperature medie di circa 14°C.

### 2.1 Regimi termici

#### 2.1.1 *Minime termiche*

Partendo dalle minime termiche per le due annate in esame si può notare dalla tabella (Tab. 1) come il mese di gennaio sia il più freddo nella zona, con una temperatura minima (Tmin) di 1,68 °C per il 2020 e 1,44 °C per il 2021. Febbraio e dicembre fanno segnare delle Tmin comprese tra 3 e 4 °C.

Durante questo periodo la vite non presenta nessun problema dato che si trova nella fase di riposo vegetativo, in cui può tranquillamente tollerare Tmin anche al di sotto dei -10°C.

In aprile le Tmin iniziano a salire raggiungendo 7 °C nel 2020 e risultando prossime a 6 °C nel 2021. In questo periodo le viti di Verdicchio iniziano la ripresa vegetativa con le gemme che si accingono a schiudersi per far partire il germogliamento. A partire dal mese di maggio, mese in cui si verifica la fioritura, le Tmin salgono fino a raggiungere delle punte massime, intorno ai 18 °C, nei mesi più caldi (luglio e agosto) (Tab. 1) in cui si verifica la maturazione delle uve. Con il mese di settembre le Tmin si abbassano fino a circa 15 °C, per poi scendere sotto i 10°C, nei mesi autunnali (Tab. 1).

**Tabella 1: Temperature minime mensili nel biennio 2020/2021 registrate nell'area di produzione della DOC "Verdicchio dei Castelli di Jesi", Azienda Agricola Edoardo Dottori.**

Temperatura Minima												
	genn	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	sett	ott	nov	dic
<b>2020</b>	1,68	3,93	4,53	6,98	11,42	15,10	17,25	18,78	15,00	9,35	7,16	3,84
<b>2021</b>	1,44	3,69	3,37	5,72	11,43	16,82	19,39	18,88	14,74	9,52	8,46	2,97

### 2.1.2 Regimi termici medi

Analizzando con lo stesso approccio le temperature medie (Tmed) riportate in tabella 2, gennaio si dimostra sempre il mese più freddo con valori intorno ai 6 °C (6,09 nel 2020 e 5,73°C nel 2021) seguito da dicembre. Febbraio e marzo hanno mostrato Tmed simili nel biennio (Tab. 2).

Il mese di aprile è risultato decisamente più freddo nel 2021 con Tmed di 11,22 °C a fronte dei 13,07 °C del 2020 a cui è seguito un maggio che nel biennio ha mostrato valori intorno a 17,5 °C (Tab. 2).

Le differenze più significative sono iniziate dalla fine del periodo primaverile e di seguito per tutto il periodo estivo, durante il quale la Tmed è risultata superiore a 20 °C. L'estate del 2021 si è mostrata più calda rispetto al 2020, con Tmed comprese tra 24,14 del mese di giugno e 26,23 °C a luglio. Considerando che durante i mesi estivi si verifica la maturazione dei grappoli, il 2021 ha avuto un impatto piuttosto elevato sull'andamento della maturazione delle uve che potrebbero avere mostrato una gradazione zuccherina elevata e perdita di acidità alla vendemmia. Nel 2020 le Tmed estive sono risultate nella norma, inferiori al 2021 (Tab. 2), senza ripercussioni sulla maturazione delle uve.

A settembre le Tmed del biennio hanno mostrato valori simili di poco superiori a 20 °C, per poi abbassarsi ulteriormente nei successivi mesi autunnali (Tab. 2).

**Tabella 2: Regimi termici medi mensili nel biennio 2020/2021 registrate nell'area di produzione della DOC "Verdicchio dei Castelli di Jesi", Azienda Agricola Edoardo Dottori. (in blu i valori estivi dell'annata più mite, in rosso quelli dell'estate più calda).**

Temperatura Media												
	genn	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	sett	ott	nov	dic
<b>2020</b>	6,09	10,44	9,47	13,07	17,57	21,19	23,88	24,94	20,10	14,28	10,55	7,32
<b>2021</b>	5,73	8,54	8,76	11,22	17,51	24,14	26,23	25,33	20,31	13,60	11,08	6,90

### 2.1.3 Temperature massime

Durante i mesi invernali e primaverili le temperature massime (Tmax) più elevate si sono registrate nell'anno 2020 rispetto al 2021 (Tab. 3). Il valore di Tmax ad aprile 2020, più alto di ben 2,73 °C rispetto al 2021, potrebbe avere avuto ripercussioni sulla data di germogliamento e sulla velocità di crescita ed allungamento dei germogli del Verdicchio oggetto di studio.

Ben più significativi sono invece i mesi seguenti, in cui le piante entrano nel pieno dello sviluppo vegeto-produttivo e successivamente devono portare a maturazione i loro frutti. Infatti, nei mesi estivi, come anticipato già in parte analizzando le Tmed, si è verificata un'importante inversione di tendenza rispetto ai mesi precedenti, con Tmax più alte nel 2021 caratterizzate da valori superiori ai 30 °C (Tab. 3). Il 2021 ha fatto registrare Tmax elevate anche durante il mese di settembre con valori pari a 27,17 °C (contro i 26,90 °C del 2020).

Nei mesi autunnali le Tmax hanno iniziato a scendere in entrambi gli anni, ma con valori più alti nel 2020 come accaduto durante i mesi invernali e primaverili (Tab. 3).

**Tabella 3: Temperature massime mensili degli anni 2020 e 2021 registrate nell'area di produzione della DOC "Verdicchio dei Castelli di Jesi", Azienda Agricola Edoardo Dottori (in blu i valori estivi dell'annata più mite, in rosso quelli dell'estate più calda).**

Temperatura Massima												
	genn	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	sett	ott	nov	dic
<b>2020</b>	12,47	16,55	14,86	19,47	23,19	27,23	31,02	31,91	26,90	20,66	15,09	11,53
<b>2021</b>	10,17	13,71	14,30	16,74	23,08	30,80	33,23	32,09	27,17	18,87	14,03	11,27

#### 2.1.4 Andamento termico stagionale

Le stagioni più significative per le viti sono la primavera (21/03 ÷ 20/06), periodo in cui si ha il germogliamento e la fioritura delle viti; e l'estate (21/06 ÷ 20/09), dove si verificano le altre principali fasi fenologiche come allegagione, invaiatura e maturazione delle uve.

Come si può notare dalla tabella 4, nel biennio 2020/2021, la primavera ha mostrato un regime termico medio piuttosto simile facendo registrare valori compresi tra 15 e 16 °C; mentre per l'intero periodo estivo, il 2021 è risultato di gran lunga più caldo rispetto al 2020 con una differenza di 1,12 °C. A conferma di quanto appena detto, il numero dei giorni (No. giorni) con Tmax superiori ai 30 ed ai 35°C, rappresentanti ondate di calore molto forti, sono stati rispettivamente 69 e 23 nel 2021, mentre nel 2020 si sono registrati 51 giorni con Tmax sopra 30 °C e 7 giorni con Tmax sopra 35 °C (Tab. 4).

La zona oggetto di studio, rientrando nell'area di produzione della DOC "Verdicchio dei Castelli di Jesi" situata nei territori della Valle Esina, ma anche tutto il territorio marchigiano, sono stati caratterizzati, nel 2021, da livelli termici estivi molto marcati che in relazione alle possibili criticità idriche per gli stessi periodi, possono aver determinato stress termici forti alle viti con ripercussioni negative sulla produzione e qualità delle uve (Tab. 4).

**Tabella 4: Temperature medie primaverili ed estive ed esposizione alle massime termiche (No. giorni) negli anni 2020 e 2021 nell'area di produzione della DOC "Verdicchio dei Castelli di Jesi", Azienda Agricola Edoardo Dottori (in blu i valori estivi dell'annata più mite, in rosso quelli dell'estate più calda).**

	T med primavera 21/03 ÷ 20/06	T med estate 21/06 ÷ 20/09	No. Giorni Tmax	
			> 30°C	> 35°C
<b>2020</b>	15,39	23,81	51	7
<b>2021</b>	15,70	24,93	69	23

## 2.2 Regimi pluviometrici

### 2.2.1 *Cumulate mensili ed annuali*

La disponibilità idrica è l'altro aspetto cardine per il regolare compimento del ciclo delle piante, soprattutto per quanto riguarda le viti, il cui sviluppo si concentra nei mesi primaverili ed estivi, che nel mutato contesto climatico, sono sempre più avidi dal punto di vista delle precipitazioni.

Come detto in precedenza l'area considerata è caratterizzata da abbondanti precipitazioni (700-800 mm). Analizzando le cumulate annuali, verificatesi nelle due annate in studio (Tab. 5), si mette in luce come complessivamente in entrambe si siano verificate precipitazioni che hanno raggiunto una quantità annuale pari a 865 mm e 754 mm, rispettivamente nel 2020 e nel 2021.

Relativamente ai mesi invernali, salvo dicembre in cui sono caduti 111 mm nel 2020 e 140 mm nel 2021, i restanti sono stati caratterizzati da bassi livelli di precipitazione (Tab. 5). Nonostante ciò, le viti hanno iniziato il germogliamento con il suolo alla capacità idrica di campo, pertanto l'emissione dei germogli e la loro crescita è stata sostenuta dalla disponibilità idrica presente nel suolo ma anche dalle precipitazioni verificatesi durante il mese di aprile e maggio, quest'ultimo caratterizzato da solo 16 mm di pioggia nel 2021 a fronte dei 96 mm caduti nel 2020 (Tab. 5).

I mesi estivi sono risultati piuttosto piovosi nel 2020 raggiungendo una quantità pari a 242 mm di pioggia, con 111 mm caduti durante il mese di giugno. Nel 2021 le piogge sono state molto scarse, con 67 mm di pioggia durante l'intero periodo estivo (giugno, luglio e agosto). Il minor apporto è dovuto al mese di giugno e luglio in cui le precipitazioni sono state insignificanti, con appena 5 e 15 mm caduti nell'arco dell'intero mese, rispettivamente (Tab. 5). Come già detto in precedenza, i mesi estivi sono di rilevante importanza ai fini dell'andamento della maturazione delle uve di Verdicchio e periodi di prolungata siccità ed assenza di pioggia potrebbero avere provocato stress più o meno intensi alle viti, con conseguenze negative sulla qualità delle uve. Nel 2021 gli eventi piovosi di scarsa entità si sono verificati anche nel mese di agosto e settembre rispetto al 2020, in cui, negli stessi mesi è caduta una quantità di pioggia superiore (Tab. 5).

Nonostante questo grande deficit idrico del 2021, le precipitazioni complessive alla fine dell'anno hanno raggiunto una quantità ampiamente superiore a 700 mm, grazie agli abbondanti e frequenti eventi piovosi che sono arrivati nei mesi seguenti (ottobre e novembre). Nel 2021, la pioggia che non è caduta durante l'anno si è riversata durante il mese di ottobre e novembre per una quantità pari a 309 mm in soli 2 mesi (Tab. 5). Precipitazioni che però

non hanno dato nessun contributo al ciclo delle viti di Verdicchio ormai ultimato, salvo ovviamente ristorare le risorse idriche del suolo, azzerate durante i mesi estivi.

**Tabella 5: Cumulata ( $\Sigma$ ) mensile e annuale delle piogge cadute negli anni 2020 e 2021 nell'area di produzione della DOC "Verdicchio dei Castelli di Jesi", Azienda Agricola Edoardo Dottori (in blu i valori dell'annata più piovosa, in rosso quelli della più siccitosa, per il periodo aprile ÷ settembre relativo al ciclo delle viti)**

Cumulata mensile (mm)													$\Sigma$ anno (mm)
	genn	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	sett	ott	nov	dic	
<b>2020</b>	17	26	78	58	96	111	51	80	89	88	61	111	865
<b>2021</b>	68	32	32	35	16	5	15	47	54	138	171	140	754

### 2.2.2 Cumulate stagionali

L'elaborazione è proseguita andando a determinare le cumulate stagionali durante la primavera e l'estate, periodi più importanti del ciclo vegeto-produttivo, in cui si evidenzia come nel 2021 siano state avide di precipitazioni (Tab. 6). La differenza più significativa è relativa alle precipitazioni verificatesi in primavera: solo 61 mm nel 2021 rispetto ai 323 caduti nel 2020.

La sommatoria delle precipitazioni considerando l'intero periodo d'interesse per il Verdicchio, ovvero da aprile a settembre (dal giorno giuliano 91 al giorno giuliano 273), evidenzia la grande scarsità di pioggia del 2021, annata ben più siccitosa, in cui sono caduti solo 174 mm a fronte dei 485 mm caduti nel 2020.

Il numero dei giorni (No. giorni) con precipitazioni superiori ai 15 mm, livello plausibile di pioggia utile sia alla coltura che alle riserve idriche del suolo, sono risultati appena 4 nel 2021, rispetto ai 14 giorni calcolati per il 2020 (Tab. 6).

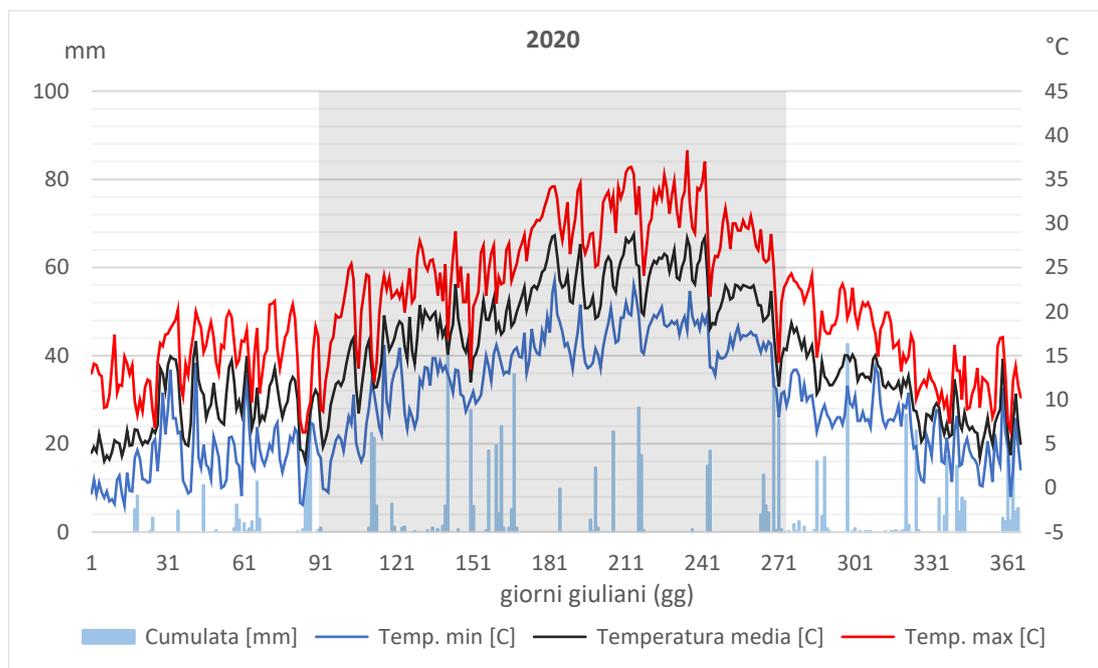
**Tabella 6: Precipitazioni primaverili, estive e del periodo aprile – settembre, negli anni 2020 e 2021 nell'area di produzione della DOC “Verdicchio dei Castelli di Jesi”, Azienda Agricola Edoardo Dottori. Sono riportati anche il numero dei giorni (No. giorni) con precipitazioni > 15 mm (in blu i valori dell'annata più piovosa, in rosso quelli della più siccitosa).**

	<b>Σ Primavera (mm) 21/03 ÷ 20/06</b>	<b>Σ Estate (mm) 21/06 ÷ 20/09</b>	<b>Σ Apr. - Sett. (mm)</b>	<b>No. Giorni precip. &gt; 15 mm (Apr. - Sett.)</b>
<b>2020</b>	323	135	485	14
<b>2021</b>	61	108	174	4

## 2.3 Riepilogo termopluviometrico complessivo

Di seguito viene riportato un breve riassunto con l'ausilio di due grafici riguardanti le due annate dal punto di vista termopluviometrico.

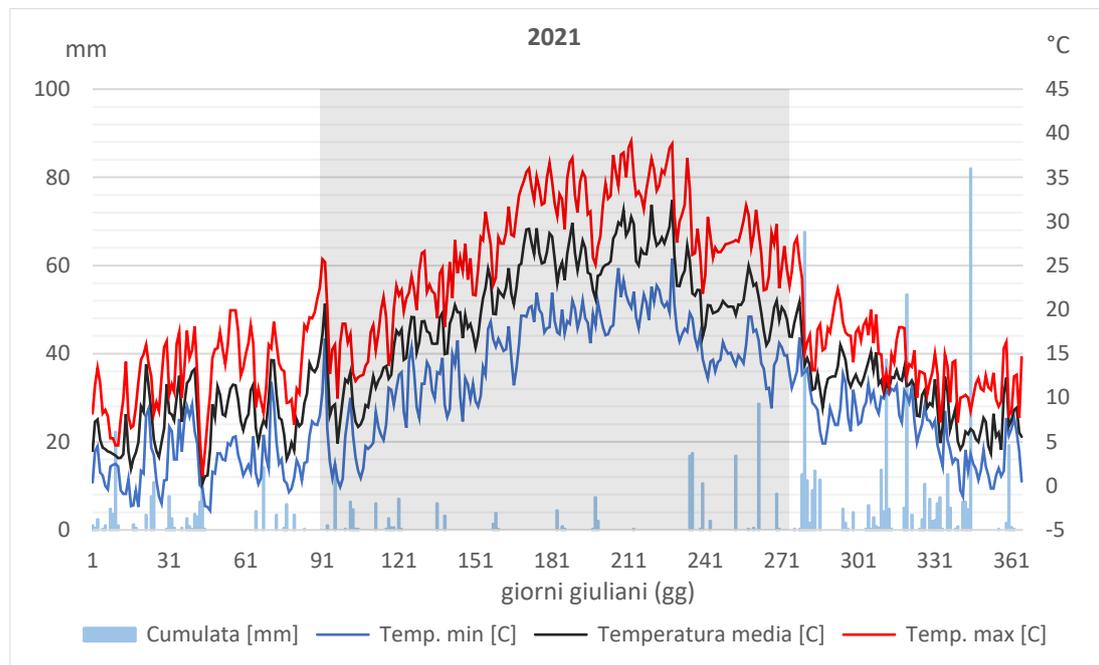
### 2.3.1 Annata 2020



**Figura 9: Andamento termopluviometrico del 2020 su base giornaliera. L'area in grigio mette in evidenza il periodo interessato dal ciclo delle viti di Verdicchio, nell'area di produzione della DOC "Verdicchio dei Castelli di Jesi", Azienda Agricola Edoardo Dottori**

L'annata 2020 è trascorsa in modo piuttosto regolare dal punto di vista termico e pluviometrico. Infatti, come si può evincere anche dalla figura 9, durante l'intero arco dell'anno, c'è stata una distribuzione piuttosto regolare delle precipitazioni, anche nel periodo che riguarda lo sviluppo vegeto-produttivo delle viti di Verdicchio (01/04, gg 91 ÷ 30/09, gg 273; indicato dall'area in grigio sul grafico, fig. 9), permettendo un regolare andamento della crescita vegetativa e della maturazione delle uve. Le temperature massime hanno caratterizzato l'anno 2020 con circa 50 giorni in cui le Tmax avevano superato i 30 °C e nei periodi più caldi, hanno fatto registrare picchi anche tra 35 e 40 °C (Fig. 9).

### 2.3.2 Annata 2021



**Figura 10: Andamento termopluviometrico del 2021 su base giornaliera. L'area in grigio mette in evidenza il periodo interessato dal ciclo delle viti di Verdicchio, nell'area di produzione della DOC "Verdicchio dei Castelli di Jesi", Azienda Agricola Edoardo Dottori**

Dal punto di vista termopluviometrico, ben più problematica si è dimostrata l'annata 2021, in cui, durante il periodo aprile-settembre, relativo al ciclo delle viti (area in grigio in fig. 10), si sono registrate delle anomalie da record per la zona ma anche per l'intero territorio regionale delle Marche. Difatti, così come riportato in alcuni dei bollettini Agrometeorologici (*Notiziario Agrometeorologico di produzione integrata per la prov. di Ancona*) pubblicati nel periodo estivo dall'ASSAM (Agenzia Servizi Settore Agroalimentare delle Marche), il 2021 è risultato uno degli anni più siccitosi a partire dagli anni '80, con la seconda estate più calda delle Marche, dopo il 2003, dove la temperatura media regionale, e della zona in questione, a luglio ed agosto, ha superato i 25 °C (vedi Tab. 2), corrispondente a circa +3 °C rispetto al periodo 1981-2010, usato come riferimento negli stessi bollettini pubblicati dall'Agenzia. (<http://www.meteo.marche.it/notiziario.aspx>).

Il tutto viene ancor più confermato se si osservano le ondate di calore forti e molto forti avute nello stesso periodo, come testimoniato dai 69 giorni con Tmax > 30°C e 23 giorni con Tmax

>35°C (Tab. 4). Stress termici che hanno fortemente compromesso la fase di crescita delle viti prima e delle uve poi, andandole quasi a bloccare nella loro evoluzione compositiva.

Come già riportato nella tabella delle precipitazioni (Tab. 5), e nella figura 10, a maggio sono caduti appena 16 mm di pioggia, mentre i mesi più caldi sono trascorsi in totale carenza idrica (5 mm a giugno e 15 mm a luglio). Questo trend è proseguito fino alla prima metà di agosto, (Fig. 10); dopo le ultime ondate di calore estreme a ridosso del Ferragosto (17-18/08; giorni giuliani dal 229-230 in poi), si è avuta una flessione delle temperature con qualche decina di mm di pioggia che sono iniziati a cadere e che fortunatamente hanno alleviato la forte stretta da caldo a cui le viti erano costantemente sottoposte. Le precipitazioni durante il mese di settembre (da gg 244 a gg 273, Fig. 10) hanno in parte regolarizzato ed aiutato le fasi di maturazione delle uve fino alla vendemmia.

Le precipitazioni complessive del 2021 sono risultate pari a 754 mm (Tab. 5), ma distribuite durante l'anno in maniera molto irregolare. Quasi la metà delle precipitazioni si sono verificate nei mesi di ottobre e novembre (dal gg 274 al gg 334) in cui complessivamente sono caduti 309 mm (Fig. 10), praticamente il doppio rispetto allo stesso periodo del 2020. Il dato che fa più riflettere, perché strettamente legato al ciclo di sviluppo delle viti, rimane quello delle precipitazioni per il periodo aprile – settembre che si è fermato a 174 mm, abbondantemente dimezzato rispetto allo stesso periodo dell'annata precedente (485 mm).

## 2.4 Differenze d'impianto e vantaggi gestionali

Le due forme d'allevamento presentano caratteristiche molto diverse (Tab. 7), con l'innalzamento del filo portante da 90 a 110 cm dal suolo, il GYr necessita di soli 2 fili di contenimento della vegetazione, rispetto al GY, in cui troviamo 3 fili di contenimento (due coppie intervallate da uno singolo al centro), pertanto possiamo considerare l'assenza del filo centrale come un primo vantaggio di ordine pratico-economico.

Altro vantaggio è legato senza dubbio alla maggiore praticità per gli operatori che vanno ad eseguire una serie di operazioni manuali sulla vegetazione posta in posizione più alta nel GYr, a partire dalla potatura secca invernale. L'innalzamento del capo a frutto costituisce un vantaggio anche sulla gestione del cotico erboso del sottofilo il quale, soprattutto in questi ambienti, risulta molto ricco in avena che si accresce rapidamente in altezza andando, alla ripresa vegetativa, ad inglobare i giovani germogli, con possibili ripercussioni sul microclima di queste porzioni. Con il sistema rialzato essa necessiterà di più tempo per raggiungere la vegetazione, dando una finestra temporale più ampia per eseguire le operazioni di trinciatura. Potrebbero esserci vantaggi anche di ordine fitosanitario in quanto gli schizzi di pioggia, battenti sul suolo e veicolanti le zoospore di peronospora implicate nelle infezioni primarie, avrebbero maggiori difficoltà a raggiungere le porzioni verdi delle piante. Non di secondaria importanza è la maggiore difficoltà che si presenta per gli animali selvatici che, soprattutto in questi ambienti collinari, entrano frequentemente nei vigneti ed arrecano danni, talvolta molto ingenti, sulla produzione in atto.

In ultimo, tenere la fascia produttiva più distante dal suolo ne riduce sia la probabilità di avere danni da gelate primaverili ma anche il potenziale calore irraggiato dallo stesso suolo, favorendo un minor riscaldamento dei grappoli nei mesi più caldi e, in fase di maturazione, una ridotta degradazione degli acidi organici.

**Tabella 7: Principali caratteristiche d'impianto tra GY e GYr.**

	<b>Guyot (GY)</b>	<b>Guyot rialzato (GYr)</b>
<b>h pali fuori terra (cm)</b>	180	180
<b>h filo di banchina (cm)</b>	90	110
<b>h 1<sup>a</sup> coppia fili (cm)</b>	115	135
<b>h filo singolo centrale (cm)</b>	135	-
<b>h 2<sup>a</sup> coppia fili (cm)</b>	170	170

## 2.5 Architettura delle chiome

Le chiome sviluppatasi nei due sistemi di allevamento testati (GY e GYr) hanno mostrato delle differenze piuttosto evidenti per quanto riguarda sia l'altezza che lo spessore.

Come atteso, nel biennio 2020/21 le viti allevate a GY hanno mostrato una vegetazione che aveva raggiunto un'altezza intorno a 130 cm, statisticamente superiore alle viti GYr (Tab. 8). Differenze significative sono emerse anche sullo spessore delle chiome, soprattutto nella parte distale (Spmax) che è anche quella deputata alla maggiore protezione della fascia produttiva nei momenti con irraggiamento solare più intenso. Le viti GY hanno presentato, nei due anni, uno spessore pari a 41 cm nel 2020 e 28 cm nel 2021, più contenuto rispetto a GYr (67 e 41 cm rispettivamente). In generale nel 2020, in cui si è verificato un andamento stagionale più favorevole rispetto al 2021 (Figg. 9-10), tutte le viti sono state caratterizzate da una maggiore capacità di sviluppo delle chiome (Tab. 8).

L'altezza della chioma è legata alla differente impalcatura che è stata data alle viti: nel Guyot il capo a frutto viene assicurato al filo di banchina posto a 90 cm di distanza dal suolo, quindi, la parete vegetativa ha a disposizione almeno 1 m di spazio in altezza, definito dagli stessi fili di contenimento. Nel Guyot rialzato il capo a frutto è posto a 110 cm dal suolo, pertanto, lo spazio per lo sviluppo della chioma si riduce a 80 cm.

Meno marcati, e comunque significativi nel 2021, sono i differenti spessori registrati sulla fascia produttiva (Spgrape, tab. 8).

**Tabella 8: Altezza e spessori della chioma delle viti di Verdicchio allevate nei due sistemi di allevamento GY e GYr, nel biennio 2020/2021 (Azienda Agricola Edoardo Dottori)**

		GY	GYr
2020	Hmed (cm)	133 a	126 b
	Spmax (cm)	41b	67 a
	Spgrape (cm)	37 b	38 b
2021	Hmed (cm)	126 a	98 b
	Spmax (cm)	28 b	41a
	Spgrape (cm)	29 b	38 a

*Le differenze significative rilevate con il Student-Newman-Keuls test ( $p=0,05$ ) per ciascun parametro di ogni riga, sono indicate con le lettere minuscole*

## 2.6 Rilievi morfologici

Le differenze relative alla geometria della chioma hanno portato ad effettuare analisi più approfondite che hanno permesso di determinare ulteriori parametri vegetativi.

Il numero dei germogli (Germ./vite) sviluppati sulle viti allevate a GYr è risultato maggiore. In entrambi gli anni si osserva una differenza statisticamente significativa tra le due forme di allevamento, con una media di circa 16 e 14 germogli nel GYr rispettivamente nel 2020 e 2021, a fronte dei 13 ed 11 nel Guyot tradizionale, per lo stesso periodo (Tab. 9). Lasciando le impalcature alla stessa altezza ed innalzando il filo di banchina a 110 cm (rispetto ai 90 cm), le viti allevate con il GYr hanno avuto un incremento di circa 3 gemme a vite, per coprire la maggiore distanza creatasi, che hanno portato allo sviluppo di un numero maggiore di germogli.

Se analizziamo il singolo germoglio, data la minore altezza della chioma, le GYr hanno presentato una superficie fogliare principale per germoglio (Sup.fogl.princ./germ.) minore rispetto a GY, nel 2020 in modo significativo, ma una superficie fogliare principale per vite (Sup.fogl.princ./vite) tendenzialmente maggiore (Tab. 9), probabilmente dovuta alla presenza di un numero di gemme significativamente più alto, che ha sviluppato più germogli rispetto alle viti GY. Tuttavia, le viti a GYr hanno mostrato una superficie fogliare totale per vite (Sup.fogl.tot./vite) tendenzialmente minore, rispetto alle viti GY, dovuta principalmente alla superficie fogliare delle femminelle, che nei due anni è risultata più alta nella forma tradizionale, rispetto alle viti GYr (Tab. 9).

Il minore sviluppo delle femminelle nelle viti allevate a GYr è, probabilmente, legato alle basse riserve presenti nel vigneto ancora giovane, alla totale assenza idrica verificatosi durante la primavera-estate 2021 e al fatto che le viti allevate a GYr hanno necessitato di maggiori riserve per sviluppare il più elevato numero di germogli.

Nonostante questo, il sistema rialzato (GYr) ha mostrato uno spessore della chioma più elevato nella parte distale (Tab. 8), legato probabilmente alla impossibilità dei germogli di estendersi in altezza; ciò ha giocato un ruolo fondamentale nel proteggere la fascia produttiva dalla radiazione diretta durante il periodo estivo.

*Tabella 9: Numero dei germogli (N°) e superfici fogliari (Sup.fogl.) determinate sul singolo germoglio e per vite, delle viti di Verdicchio allevate nei due sistemi di allevamento GY e GYr per il biennio 2020/2021, (Azienda Agricola Edoardo Dottori).*

		<b>GY</b>	<b>GYr</b>
<b>2020</b>	<b>Germ./vite (N°)</b>	13 b	16 a
	<b>Sup.fogl.princ./germ. (m<sup>2</sup>)</b>	0,15 a	0,14 b
	<b>Sup.fogl.princ./vite (m<sup>2</sup>)</b>	1,93 a	2,16 a
	<b>Sup.fogl.femm./germ. (m<sup>2</sup>)</b>	0,16 a	0,12 a
	<b>Sup.fogl.femm./vite (m<sup>2</sup>)</b>	3,08 a	2,32 a
	<b>Sup.fogl.tot./germ. (m<sup>2</sup>)</b>	0,31 a	0,26 a
	<b>Sup.fogl.tot./vite (m<sup>2</sup>)</b>	5,02 a	4,48 a
<b>2021</b>	<b>Germ./vite (N°)</b>	11 b	14 a
	<b>Sup.fogl.princ./germ. (m<sup>2</sup>)</b>	0,10 a	0,09 a
	<b>Sup.fogl.princ./vite (m<sup>2</sup>)</b>	1,05 a	1,30 a
	<b>Sup.fogl.femm./germ. (m<sup>2</sup>)</b>	0,16 a	0,07 b
	<b>Sup.fogl.femm./vite (m<sup>2</sup>)</b>	1,84 a	0,92 b
	<b>Sup.fogl.tot./germ. (m<sup>2</sup>)</b>	0,26 a	0,16 b
	<b>Sup.fogl.tot./vite (m<sup>2</sup>)</b>	2,88 a	2,22 a

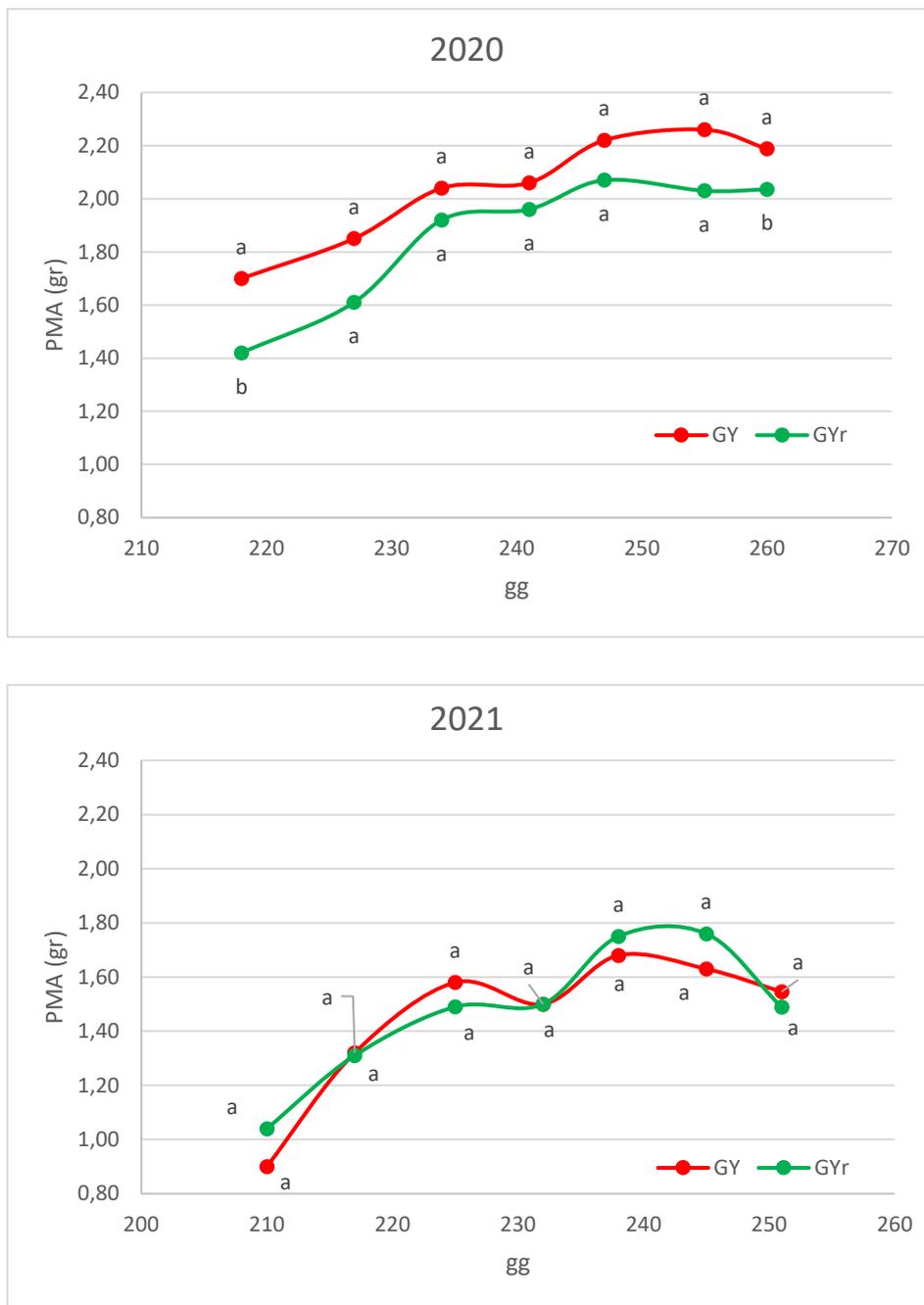
*Le differenze significative rilevate con il Student-Newman-Keuls test ( $p=0,05$ ) per ciascun parametro di ogni riga, sono indicate con le lettere minuscole*

## **2.7 Andamento della maturazione**

Sulle uve di Verdicchio a seguito dell'invasatura ed il successivo avvio del processo di maturazione, sono iniziati i campionamenti settimanali, (fine luglio ÷ primi di agosto), protraendosi fino al momento della vendemmia (16/09/2020, gg 260 e 08/09/2020, gg 251). Ad essi sono seguite le analisi di laboratorio che hanno consentito l'ottenimento delle curve di maturazione relativamente a ciascuna tesi.

Già dai primi campionamenti effettuati sono emerse delle divergenze tra i vari parametri nelle due diverse forme testate.

2.7.1 Peso medio acino



**Figura 11: Evoluzione del peso medio acino (PMA) nelle viti di Verdicchio, allevate nei due sistemi GY e GYr per il biennio 2020/2021. Giorni giuliani (gg), (Azienda Agricola Edoardo Dottori).**

**Le differenze significative rilevate con il Student-Newman-Keuls test ( $p=0,05$ ) in ciascun campionamento, sono indicate con le lettere minuscole**

Nelle due forme di allevamento, l'evoluzione del peso medio acino (PMA), non mostra marcate differenze significative all'interno dell'annata, ad eccezione del primo e ultimo campionamento del 2020, in cui si è avuta significatività (Fig. 11). Analizzando i due grafici per le precipitazioni (Figg. 9-10) si può osservare come nel 2020, nel periodo compreso fra il gg 210 e 220 (in cui è stato eseguito il primo campionamento, fig. 11), ci siano stati degli eventi piovosi importanti che potrebbero aver stimolato la crescita delle bacche, in modo tanto più elevato sul GY dove il numero di germogli produttivi (Tab. 9), quindi di grappoli, risulta inferiore. Nel 2021, per lo stesso periodo, si è avuto un livello siccità più elevato, che può aver contribuito al minore PMA nelle due forme (Fig. 11). Le stesse motivazioni si possono traslare fino ai momenti al ridosso della vendemmia dove anche le temperature più miti del 2020, rispetto all'anno seguente (Figg. 9-10), possono aver favorito lo sviluppo delle bacche (Fig. 11).

Fin dal primo campionamento, effettuato il 05/08 nel 2020 e 29/07 nel 2021, la crescita degli acini è stata veloce in entrambe le annate, fino a quando si è manifestato un rallentamento nelle fasi finali della maturazione (Fig. 11); associato ai processi di disidratazione a cui le bacche sono state soggette in questo periodo, dovuti a stress idrici e termici (Palliotti et al., 2015).

Confrontando le due annate si nota come, durante la stagione 2021, le viti abbiano avuto degli acini con peso nettamente inferiore (circa 0,5 g in meno) rispetto all'annata 2020, compatibilmente con le condizioni di maggiore stress verificatesi (Fig. 10).

### 2.7.2 Solidi solubili



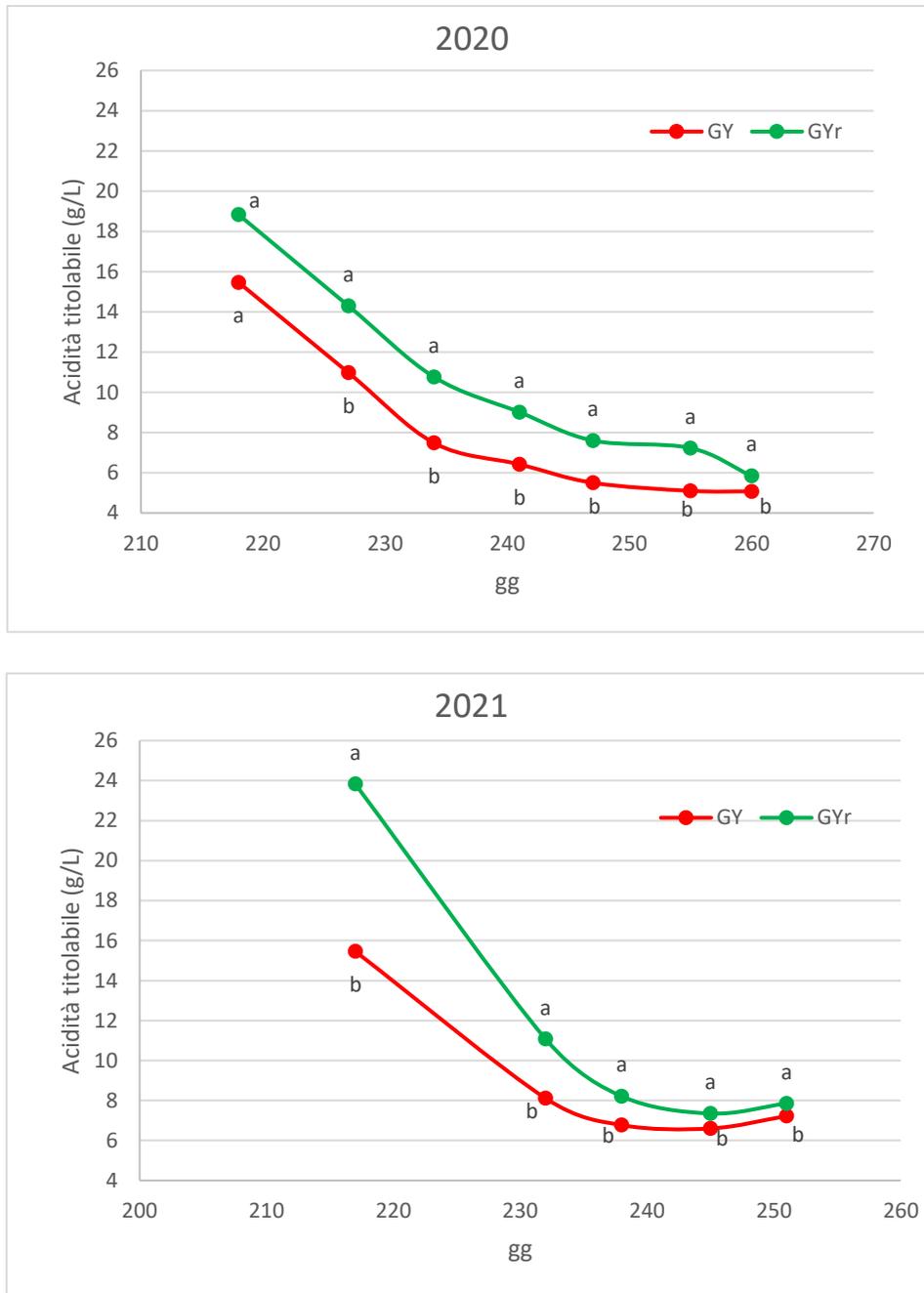
**Figura 12: Evoluzione della concentrazione zuccherina nelle viti di Verdicchio, allevate nei due sistemi GY e GYr per il biennio 2020/2021. Giorni giuliani (gg), (Azienda Agricola Edoardo Dottori).**

**Le differenze significative rilevate con il Student-Newman-Keuls test ( $p=0,05$ ) in ciascun campionamento, sono indicate con le lettere minuscole**

I solidi solubili (o concentrazione zuccherina) analizzati da fine luglio – inizio agosto alla vendemmia hanno mostrato delle importanti differenze nelle due forme di allevamento (Fig. 12). Nell'annata 2020, più mite e con disponibilità idriche più abbondanti (Fig. 9), le bacche sono cresciute maggiormente accumulando all'interno dei livelli zuccherini mediamente più elevati, rispetto all'annata seguente in cui le ondate di calore da record hanno quasi frenato e bloccato la regolare fisiologia delle viti (Palliotti et al., 2015). L'andamento dell'accumulo zuccherino è risultato significativamente diverso fra le viti GY e GYr per tutto il processo di maturazione, mostrando una marcata differenza alla vendemmia 2020, con valori rispettivamente di 23,68 e 20,21 °Brix (Fig. 12). Alla vendemmia 2021, invece, la concentrazione zuccherina si è uniformata intorno a 20 °Brix, dopo avere presentato differenze nelle viti GY e GY, anche di 3-4 °Brix, durante la fase di maturazione (Fig. 12).

Il minor accumulo zuccherino delle viti allevate a GYr, è dovuto alla maggiore potenzialità produttiva, associata al numero più elevato di gemme lasciato sul capo a frutto, e a una ridotta superficie fogliare totale per vite (Tab. 9), che ha permesso un accumulo di fotosintetati nettamente più contenuto nelle uve, rispetto alla tradizionale forma a Guyot (Fig. 12).

### 2.7.3 Acidità titolabile



**Figura 13: Evoluzione dell'acidità titolabile nelle viti di Verdicchio, allevate nei due sistemi GY e GYr per il biennio 2020/2021. Giorni giuliani (gg), (Azienda Agricola Edoardo Dottori).**

**Le differenze significative rilevate con il Student-Newman-Keuls test ( $p=0,05$ ) in ciascun campionamento, sono indicate con le lettere minuscole**

Indipendentemente dall'andamento stagionale, le uve delle viti GYr hanno mostrato un'acidità titolabile statisticamente superiore a quelle delle viti GY, fino al momento della vendemmia (Fig. 13). Le viti allevate a GYr mantengono concentrazioni acide superiori di circa 1-2 g/L rispetto alle viti GY (Fig. 13); potendo così preservare delle acidità più alte alla vendemmia, utili per i successivi obiettivi enologici.

Nel 2021, per entrambe le forme, si evidenziano tenori di acidità mediamente più elevati rispetto al 2020. La forte stretta idrica avuta nel periodo estivo del 2021 (Fig. 10) ha ridotto molto le disponibilità idriche per le piante ed in conseguenza il minor assorbimento radicale, associato probabilmente ad un ridotto apporto del potassio dal suolo, può aver contribuito ad una minor diluizione delle componenti acide delle bacche e salificazione dell'acido tartarico; considerando anche al portainnesto usato nel vigneto (420 A) di per se meno capace nell'assorbimento del potassio stesso (Palliotti et al., 2015; Andreotti e Tagliavini, 2015).

#### 2.7.4 pH



**Figura 14: Evoluzione del pH nelle viti di Verdicchio, allevate nei due sistemi GY e GYr per il biennio 2020/2021. Giorni giuliani (gg), (Azienda Agricola Edoardo Dottori). Le differenze significative rilevate con il Student-Newman-Keuls test ( $p=0,05$ ) in ciascun campionamento, sono indicate con le lettere minuscole**

Nel biennio, i livelli di pH sono sempre risultati superiori nel GY rispetto al GYr (Fig. 14). Durante la maturazione, il pH è incrementato fino alla vendemmia in relazione anche al contemporaneo calo dei livelli acidi, per lo stesso periodo.

Livelli di pH piuttosto elevati, come quelli raggiunti dalle viti GY nel 2020 al gg 247 (03/09), in cui si era già superato il valore di 3,30 (Fig.14), in luce degli ulteriori innalzamenti fino alla vendemmia, potrebbero comportare problematiche nella gestione enologica successiva (Palliotti et al., 2015). Nelle viti GYr per il 2020 il pH non ha superato la soglia di 3,20 fino alla vendemmia.

## 2.8 Produzione pendente

Alla vendemmia di ciascun anno sono stati eseguiti i rilievi sulla produzione: nel 2020 la raccolta è avvenuta il 16/09 mentre nel 2021 il 08/09.

Nel biennio, le viti GYr hanno sempre mostrato una produzione di uva più alta rispetto alle viti GY. Nel 2020 la produzione derivante dalle piante GYr è risultata superiore a quelle GY di ben 2,61 kg, mentre nel 2021 di 0,57 kg (Tab. 10). La minore differenza in produzione registrata nel 2021, probabilmente, è dovuta alla scarsità di riserve presenti a livello del suolo, anche in relazione alle ridotte riserve delle giovani viti, e all'elevato numero dei grappoli prodotti dalle viti GYr. La maggiore quantità di uva prodotta dalle viti allevate a GYr è dovuta soprattutto alla presenza dei grappoli statisticamente più numerosi, con una differenza di 6 nel 2020 e 3 nel 2021, rispetto alle viti GY. Il peso medio del grappolo (intorno a 420 g nel 2020 e 270 g nel 2021) è risultato, invece, simile tra le tesi a confronto, mentre il peso medio dell'acino ha mostrato differenze significative tra le tesi solo nel 2020 (Tab. 10).

La produzione media calcolata per singolo germoglio (prod./germ.) è risultata significativamente più alta per le viti GYr nel 2020 e simile tra le tesi nel 2021 (Tab.10).

Nel 2020, a prescindere dal sistema di allevamento, il coefficiente di fertilità si è mantenuto piuttosto basso per il Verdicchio, seppur statisticamente maggiore sul GYr (0,84 vs 0,55 del GY); mentre nel 2021 è risultato simile ed in linea con le caratteristiche del vitigno, nelle due forme (Tab. 10). A seguito di rilevazioni eseguite nel centro Italia è infatti emersa per le viti di Verdicchio una fertilità reale gemmaria media di poco superiore ad 1 (1,07) con un peso medio del grappolo di 340 gr (Gatti et al., 2015).

I parametri produttivi, in entrambe le forme, sono stati nettamente inferiori nel 2021, annata in cui la forte stretta idrica associata alle alte temperature hanno senz'altro limitato l'accrescimento delle bacche. A differenza delle foglie dove lo xilema garantisce il trasporto idrico indipendentemente dalla fase fenologica, negli acini questi stessi vasi perdono di funzionalità già all'invaiaitura, lasciando gli apporti idrici solo a carico del floema il quale, in presenza di forti stress, non riesce a compensare la grande richiesta evaporativa dell'ambiente portando alla riduzione del volume, del peso e del turgore degli acini (Palliotti et al., 2015).

La forma a Guyot rialzato ha mostrato valori del rapporto tra superficie fogliare totale ed uva prodotta (SFTvite/UVAvite), per entrambe le annate, nettamente inferiori rispetto al tradizionale Guyot, statisticamente significativi nel 2020. Le viti GY hanno presentato un rapporto di 1,71 m<sup>2</sup>/kg uva, troppo elevato, mentre quelle GYr di 0,79 m<sup>2</sup>/kg, decisamente più equilibrato (Tab. 10). Nel 2021, i valori di questo rapporto sono risultati più contenuti, tra 0,58 m<sup>2</sup>/kg del GYr e 0,81 m<sup>2</sup>/kg (Tab. 10), anche in relazione alla stagione siccitosa e alle alte

temperature estive che si sono verificate (Fig. 10). Per molto tempo questo rapporto si è basato sulla necessità di avere almeno 1 m<sup>2</sup> di superficie fogliare per portare a maturazione 1 kg di uva, per cui si identificavano come ottimali, livelli medi attorno a 1-1,2 m<sup>2</sup>/kg di uva. Alla luce del mutato contesto climatico, questo pensiero viene riconsiderato portando a ridurre tale valore a 0,8-0,5 m<sup>2</sup>/kg. Questo comporterebbe una ridotta capacità di accumulo di zuccheri nelle uve, pur rimanendo in un range di equilibrio vegeto-produttivo (Palliotti et al., 2014). Sicuramente il basso rapporto tra superficie fogliare ed uva prodotta nelle viti GYr è da attribuire alla ridotta ma compatta superficie fogliare che le caratterizzava e al numero più elevato dei grappoli, che si sono sviluppati dai germogli più numerosi dato il maggior numero di gemme lasciate al fine di compensare l'altezza del filo portante.

**Tabella 10: Produzione e parametri produttivi delle viti di Verdicchio, allevate nei due sistemi GY e GYr per il biennio 2020/2021, (Azienda Agricola Edoardo Dottori)**

		<b>GY</b>	<b>GYr</b>
<b>2020</b>	<b>prod./vite (kg)</b>	2,93 b	5,54 a
	<b>grapp./vite (No.)</b>	7 b	13 a
	<b>Pmg (gr)</b>	420 a	417 a
	<b>PMA (gr)</b>	2,19 a	2,04 b
	<b>prod./germ (gr)</b>	221,56 b	355,03 a
	<b>coeff.fert.</b>	0,55 b	0,84 a
	<b>SFTvite/UVAvite (m<sup>2</sup>/kg)</b>	1,71 a	0,79 b
<hr/>			
<b>2021</b>	<b>prod./vite (kg)</b>	3,79 a	4,36 a
	<b>grapp./vite (No.)</b>	14 b	17 a
	<b>Pmg (gr)</b>	270 a	264 a
	<b>PMA (gr)</b>	1,55 a	1,49 a
	<b>prod./germ (gr)</b>	340,19 a	323,73 a
	<b>coeff.fert.</b>	1,27 a	1,26 a
	<b>SFTvite/UVAvite (m<sup>2</sup>/kg)</b>	0,81 a	0,58 a

*Le differenze significative rilevate con il Student-Newman-Keuls test (p=0,05) per ciascun parametro di ogni riga, sono indicate con le lettere minuscole*

## 2.9 Composizione delle uve alla vendemmia

Il rapporto tra superficie fogliare e produzione pendente è capace di fornire in anticipo delle informazioni utili riguardo l'accumulo dei fotosintetati nelle uve stesse. Le viti sono frequentemente caratterizzate da superfici fogliari eccedenti che portano ad una elevata formazione di carboidrati, i quali vengono trasportati ed accumulati nelle uve durante il processo della maturazione risultando, nelle annate particolarmente calde, in concentrazioni zuccherine esageratamente alte alla vendemmia, con conseguenti squilibri compositivi del mosto e dei vini (Palliotti et al., 2012).

La composizione qualitativa delle uve alla vendemmia (16/09/2020 e 08/09/2021), mantiene le tendenze precedentemente descritte dalle curve di maturazione, mostrando delle differenze importanti tra le uve provenienti dalle due forme testate.

La concentrazione zuccherina delle bacche GY è risultata superiore in entrambi gli anni di sperimentazione. Nel 2020 gli acini GY alla vendemmia hanno presentato una concentrazione zuccherina significativamente più alta di ben 3,47 °Brix rispetto agli acini GYr, mentre nel 2021 la differenza si è ridotta a 0,68 °Brix (Tab. 11). Questo parametro è molto importante in quanto strettamente influenzante il grado alcolico del futuro vino: nel 2020 i valori zuccherini registrati indicano una differenza in alcol probabilmente superiore a 2 gradi tra le uve GY e GYr; nel 2021 seppur limitata la differenza in solidi solubili, potrebbe significare anche mezzo grado alcolico in meno nei vini ottenuti dalle uve del GYr.

Il minore rapporto SFTvite/UVAvite (Tab. 10) ha giocato un ruolo favorevole nella formata rialzata, evitando accumuli zuccherini eccessivi nelle uve stesse. Va anche rimarcato che i dati del 2021 per entrambe le forme testimoniano un possibile blocco fisiologico a cui sono andate incontro le viti in fase di maturazione, data la grave aridità manifestatasi in questa annata (Fig. 10).

L'altro parametro fondamentale per i successivi obiettivi enologici è raffigurato dall'acidità titolabile (espressa in g/L di acido tartarico) che, soprattutto nelle uve bianche come il Verdicchio, è fondamentale preservare al meglio in fase di maturazione per garantire una maggiore freschezza e longevità nei vini. Gli acini GYr hanno mostrato un'acidità alla vendemmia significativamente differente dalle uve GY (Tab. 11). Nelle viti allevate a GYr gli acini hanno sempre presentato acidità elevata e pari a 5,84 g/L nel 2020 e 7,85 g/L nel 2021, rispetto agli acini GY caratterizzati, invece, da valori inferiori (5,07 g/L nel 2020 e 7,22 g/L nel 2021).

Il ruolo esercitato dalle chiome più larghe formatesi nel Guyot rialzato, e dalla fascia produttiva più distante dal suolo, sembra aver protetto meglio le uve dall'esposizione solare intensa, potendo garantire dei livelli acidici più elevati.

Interessanti sono anche i dati rilevati con il pH-metro alla vendemmia, significativamente più bassi per le bacche GYr (Tab. 11).

Il minor rapporto SFTvite/UVAvite, sommato alle caratteristiche assunte dalle chiome delle viti allevate con il sistema GYr, sembra avere avuto un impatto favorevole nei confronti della qualità delle uve, che risulta migliorata evitando eccessivi accumuli di zuccheri e preservando al contempo livelli di acidità più elevati. Risultati interessanti per poter garantire le caratteristiche organolettiche che attualmente vengono richieste dal mercato: vini freschi, di facile beva, moderatamente alcolici (Palliotti et al., 2012).

**Tabella 11: Parametri compositivi delle uve alla vendemmia nelle viti di Verdicchio, allevate con i due sistemi GY e GYr per il biennio 2020/2021, (Azienda Agricola Edoardo Dottori)**

		<b>GY</b>	<b>GYr</b>
<b>2020</b>	<b>Concentrazione zuccherina (°Brix)</b>	23,68 a	20,21 b
	<b>Acidità titolabile (g/L)</b>	5,07 b	5,84 a
	<b>pH</b>	3,41 a	3,18 b
<hr/>			
<b>2021</b>	<b>Concentrazione zuccherina (°Brix)</b>	20,46 a	19,78 a
	<b>Acidità titolabile (g/L)</b>	7,22 b	7,85 a
	<b>pH</b>	3,16 a	3,07 b

*Le differenze significative rilevate con il Student-Newman-Keuls test ( $p=0,05$ ) per ciascun parametro di ogni riga, sono indicate con le lettere minuscole*

## CONCLUSIONI

I risultati emersi dalle prove fatte inquadrano il nuovo sistema di allevamento della vite, come una possibile strategia per far fronte alle problematiche poste dal riscaldamento globale, nella moderna viticoltura.

L'innalzamento del filo portante eseguito sulle viti ha comportato numerosi aspetti positivi già a partire dalla gestione pratica delle stesse, dalle operazioni di potatura, sia secca che estiva, meno faticose per gli operatori, alla gestione agronomica degli inerbimenti nel sottofila.

Mentendo l'impalcatura delle viti alla stessa altezza del Guyot tradizionale, si vanno a creare dei capi a frutto potenzialmente più lunghi, con un numero di gemme più elevato ma al contempo anche più "modulabile" nella stagione, in funzione anche all'andamento avuto nelle precedenti.

La differenza più importante ottenuta nelle viti di Verdicchio allevate con il Guyot rialzato, è rappresentata dalla significativa alterazione del rapporto fra la superficie fogliare e la produzione pendente, a seguito della minore parete vegetativa presente e del carico produttivo maggiore; in aggiunta alla diversa architettura della chioma che caratterizza queste viti.

Sarebbe interessante valutare in futuro se questo ridotto rapporto possa comportare ripercussioni sulla vitalità delle viti nel lungo periodo, a seguito di una quota minore di riserve potenzialmente immagazzinabili di anno in anno.

In questa sperimentazione le giovani viti presenti nel vigneto potrebbero in parte aver influenzato i risultati avuti con il sistema GYr data la quantità di riserve non ancora elevata che esse avevano immagazzinato nelle strutture perenni.

Un altro aspetto interessante da poter valutare in futuro sono le caratteristiche dei vini ottenuti con le due diverse impostazioni. Sarà ad esempio possibile capire meglio se la maggiore protezione offerta dalle chiome GYr, più larghe e rialzate dal suolo, possa garantire delle componenti aromatiche e fenoliche, diverse o più accentuate, anche in relazione a cultivar come il Verdicchio che già di per se ne sono particolarmente ricche (Failla et al., 2015).

Le acidità più marcate e i livelli zuccherini più contenuti che potenzialmente si riescono ad avere con il Guyot rialzato sono un risultato importante per i successivi fini enologici di queste uve. I risultati hanno evidenziato come la modifica della forma d'allevamento possa ridurre

potenziali eccessi di zuccheri (quindi di alcool probabile) nei grappoli; potendo anche attenuare il ricorso a vendemmie troppo anticipate, data la rapida evoluzione della maturazione tecnologica delle uve, permettendo un migliore equilibrio con la maturazione fenolica, solitamente più ritardata (Palliotti et al., 2015). Ugualmente la capacità di conservare nelle uve dei livelli acidici più elevati (anche di un solo g/L in più), fa del GYr una valida strategia per ottenere vini tendenzialmente freschi e longevi, evitando possibili correzioni esogene in vinificazione.

Anche in annate con condizioni climatiche sfavorevoli, come il 2021, il GYr è in grado di fornire delle uve alla vendemmia di elevata qualità, con caratteristiche diverse rispetto alla forma tradizionale, più in linea con le attuali esigenze (Palliotti et al., 2012).

Un'idea per gli anni a seguire è quella di coinvolgere altre aziende del territorio per proporre e spiegare le motivazioni alla base di questa innovazione, con l'obiettivo di far testare loro il sistema di allevamento rialzato ed i potenziali vantaggi apportati, anche in ambienti differenti per condizioni pedoclimatiche.

## BIBLIOGRAFIA

- Andreotti, C., Tagliavini, M., 2015. Gestione della fertilizzazione. In: La nuova viticoltura. Bologna: Edagricole, pp. 165-184. A cura di Palliotti, A., Poni, S., Silvestroni, O.
- Alikadic, A., Pertot, I., Eccel, E., Dolci, C., Zarbo, C., Caffarra, A., De Filippi, R., Furlanello, C., 2019. The impact of climate change on grapevine phenology and the influence of altitude: A regional study. *Agricultural and Forest Meteorology*, 271:73-82
- Di Lena, B., Silvestroni, O., Lanari, V., Palliotti, A., 2019. Climate change effects on cv. Montepulciano in some wine-growing areas of the Abruzzi region (Italy). *Theoretical and Applied Climatology*, 136:1145-1155
- Failla, O., 2015. Maturità fenolica. In: La nuova viticoltura. Bologna: Edagricole, pp. 233-244. A cura di Palliotti, A., Poni, S., Silvestroni, O.
- Frioni, T., Saracino, S., Squeri, C., Tombesi, S., Palliotti, A., Sabbatini, P., Magnanini, E., Poni, S., 2019. Understanding kaolin effects on grapevine leaf and whole-canopy physiology during water stress and re-watering. *Journal of Plant Physiology*, 242:153020
- Gatti, M., Palliotti, A., Poni, S., 2015. Il carico di gemme. La nuova viticoltura. Bologna: Edagricole, pp. 96-100. A cura di Palliotti, A., Poni, S., Silvestroni, O.
- Gatti, M., Poni, S., 2015. Il terroir. In: La nuova viticoltura. Bologna: Edagricole, pp. 15-16. A cura di Palliotti, A., Poni, S., Silvestroni, O.
- IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. A cura di Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S.L., Péan, C., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M.I., Robin Matthews, J.B., Berger, S., Huang, M., Yelekçi, O., Yu, R., Zhou, B., Lonnoy, E., Maycock, T.K., Waterfield, T., Leitzell, K., Caud, N., (eds).
- Jones, G.V., 2016. Grapevines in a changing environment: a global perspective. In: *Grapevine in a Changing Environment: A Molecular and Ecophysiological Perspective*. John Wiley & Sons, Ltd. A cura di Gerós, H., Chaves, M.M., Gil, H.M., Delrot, S.

- Jones, G.V., 2018. The climate component of terroir. *Elements*, 14 (3):167–172.
- Palliotti, A., Bellincontro, A., Lanari, V., Poni, S., Silvestroni, O., 2015. Maturità tecnologica. In: *La nuova viticoltura*. Bologna: Edagricole, pp. 215-233. A cura di Palliotti, A., Poni, S., Silvestroni, O.
- Palliotti, A., Poni, S., Silvestroni, O., 2015. Carenze ed eccessi nutrizionali. In: *Avversità non parassitarie della vite e cambiamento climatico*. Bologna: Edagricole, pp. 97-118. A cura di Palliotti, A., Poni, S., Silvestroni, O.
- Palliotti, A., Poni, S., Silvestroni, O., 2015. Stress estivi. In: *Avversità non parassitarie della vite e cambiamento climatico*. Bologna: Edagricole, pp. 39-86. A cura di Palliotti, A., Poni, S., Silvestroni, O.
- Palliotti, A., Silvestroni, O., Leoni, F., Poni, S., 2012. Maturazione dell’uva e gestione della chioma in *Vitis vinifera*: processi e tecniche da riconsiderare in funzione del cambiamento del clima e delle nuove esigenze di mercato. *Italus Hortus*, 19 (2):1-15
- Palliotti, A., Silvestroni, O., Poni, S., 2015. Strategie di adattamento culturale al mutato contesto climatico. In: *La nuova viticoltura*. Bologna: Edagricole, pp. 295-318. A cura di Palliotti, A., Poni, S., Silvestroni, O.
- Palliotti, A., Tombesi, S., Silvestroni, O., Lanari, V., Gatti, M., Poni S., 2014. Changes in vineyard establishment and canopy management urged by earlier climate-related grape ripening: A review. *Scientia Horticulturae*, 178:43-54
- Santos, J.A., Fraga, H., Malheiro, A.C., Moutinho-Pereira, J., Dinis, L-T., Correia, C., Moriondo, M., Loilini, L., Dibari, C., Costafreda-Aumedes, S., Kartschall, T., Menz, C., Molitor, D., Junk, J., Beyer, M., Schultz, H.R., 2020. A Review of the Potential Climate Change Impacts and Adaptation Options for European Viticulture. *Applied sciences*, 10:3092
- Silvestroni, O., Lanari, V., Lattanzi, T., Dottori, E., Palliotti, A., 2020. Effects of anti-transpirant di-1-p-menthene, sprayed post-veraison, on berry ripening of Sangiovese grapevines with different crop loads. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 26:363-371
- Silvestroni, O., Lanari, V., Lattanzi, T., Palliotti, A., 2018. Delaying winter pruning, after pre-pruning, alters budburst, leaf area, photosynthesis, yield and berry composition in Sangiovese (*Vitis vinifera* L.). *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 24:478-486

- van Leeuwen, C., Darriet, P., 2016. The Impact of Climate Change on Viticulture and Wine Quality. *Journal of Wine Economics*, 11 (1):150-167
- van Leeuwen, C., Destrac-Irvine, A., 2017. Modified grape composition under change conditions requires adaptations in the vineyards. *OENO One*, 51 (2):147-154
- van Leeuwen, C., Roby, J.-P., Ollat, N., 2019. Viticulture in a changing climate: solutions exist. *IVES Technical Reviews vine and wine*, DOI: 10.20870/IVES-TR.2019.2530

## SITOGRAFIA

<https://ipccitalia.cmcc.it/climate-change-2021-le-basi-fisico-scientifiche/>

[http://catalogoviti.politicheagricole.it/scheda\\_denom.php?t=dsc&q=2320](http://catalogoviti.politicheagricole.it/scheda_denom.php?t=dsc&q=2320)

<http://app.protezionecivile.marche.it/sol/indexjs.sol?lang=it>

<http://www.meteo.marche.it/notiziario.aspx>

## RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia la Dott.ssa Vania Lanari per aver organizzato e seguito tutta la sperimentazione presente dietro a questo lavoro di tesi e la successiva stesura della stessa.

Un ringraziamento particolare anche al Dott. Edoardo Dottori per aver messo a disposizione i vigneti aziendali ai fini della sperimentazione ed aver altresì collaborato all'elaborazione di tutti i dati raccolti e al loro inserimento e sviluppo all'interno di questo lavoro.