



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento Territorio e Sistemi Agroforestali

Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie viticole ed  
enologiche

Le principali forme di allevamento della vite nel  
mondo - Valutazione degli impatti sulla vite e sulla  
qualità delle uve

**Docente di riferimento**

Prof. Franco Meggio

**Laureanda**

Federica Camerin

Matricola n. 1234537

ANNO ACCADEMICO 2022/2023





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento Territorio e Sistemi Agroforestali

Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie viticole ed  
enologiche

Le principali forme di allevamento della vite nel  
mondo - Valutazione degli impatti sulla vite e sulla  
qualità delle uve

**Docente di riferimento**

Prof. Franco Meggio

**Laureanda**

Federica Camerin

Matricola n. 1234537

ANNO ACCADEMICO 2022/2023



## SOMMARIO

SOMMARIO.....	5
RIASSUNTO .....	7
ABSTRACT.....	8
1. INTRODUZIONE .....	9
2. PRESENTAZIONE DELLE FORME DI ALLEVAMENTO .....	12
2.1. <i>La suddivisione in gruppi delle forme di allevamento</i> .....	12
2.2. <i>La distribuzione delle forme di allevamento in Italia e nel Mondo</i> .....	22
2.3. <i>Aspetti che influenzano la scelta delle forme di allevamento</i> .....	23
2.3.1. <i>Clima</i> .....	24
2.3.2. <i>Suolo</i> .....	24
2.3.3. <i>Ventosità</i> .....	24
2.3.4. <i>Vitigno</i> .....	24
2.3.5. <i>Livello di meccanizzazione</i> .....	25
2.3.6. <i>Costo di impianto</i> .....	25
2.3.7. <i>Obiettivo enologico</i> .....	26
3. IMPATTI IN CAMPO VITICOLO: CONFRONTI E DIFFERENZE .....	27
3.1. <i>La densità e il sesto di impianto</i> .....	27
3.2. <i>I criteri di potatura</i> .....	29
3.3. <i>Le caratteristiche della chioma: la densità, l'intercettazione luminosa e il numero di strati fogliari</i> .....	31
3.4. <i>La crescita vegetativa della pianta in termini di vigore</i> .....	36
3.5. <i>Il microclima della chioma: la temperatura delle foglie e dei grappoli</i> .....	39
3.6. <i>L'incidenza delle malattie e la sopravvivenza ai danni da gelo</i> .....	40
3.7. <i>Il tempo di lavoro e il grado di meccanizzazione</i> .....	43
4. LE CARATTERISTICHE DELL'UVA.....	46
4.1. <i>La produttività, la fertilità e l'indice di Ravaz</i> .....	46
4.2. <i>Il peso degli acini</i> .....	52
4.3. <i>Il peso dei grappoli</i> .....	54
5. GLI IMPATTI IN CAMPO ENOLOGICO : CONFRONTI E DIFFERENZE .....	58
5.1. <i>La concentrazione degli zuccheri</i> .....	58
5.2. <i>Il pH e l'acidità delle uve</i> .....	61
5.3. <i>Composti localizzati nelle parti solide degli acini responsabili di colore, aromi e sapore</i> .....	63

5.4. <i>Le caratteristiche del mosto</i> .....	67
6. LE CARATTERISTICHE DEL VINO .....	70
6.1. <i>L'analisi dei parametri: gradazione alcolica, pH, acidi</i> .....	70
6.2. <i>Le concentrazioni dei composti e delle molecole</i> .....	72
6.3. <i>Le valutazioni sensoriali: aromi, bouquet</i> .....	73
7. DISCUSSIONE .....	78
8. CONCLUSIONI .....	82
9. BIBLIOGRAFIA .....	85

## RIASSUNTO

In questo lavoro è stata effettuata una classificazione e suddivisione delle principali forme di allevamento diffuse nel mondo sulla base innanzitutto del tipo di potatura, ovvero corta, lunga e mista. In secondo luogo, all'interno di questi tipi di potatura, è stata effettuata una separazione tra le forme che sono dotate di un cordone permanente e quelle che invece prevedono il rinnovo annuale del tracio.

Portata a termine questa classificazione delle forme di allevamento si è proceduto a fare per ognuna una descrizione generale, che comprende le dimensioni delle forme di allevamento, la densità di impianto che le contraddistingue, il criterio di potatura, la distribuzione nel mondo e i fattori che influenzano la scelta di un sistema di allevamento al posto di un altro.

Successivamente sono stati presi in esame le principali caratteristiche di queste forme in ambito viticolo, come la struttura della chioma, la suscettibilità alle malattie, la crescita vegetativa della pianta in termini di vigore, il grado di meccanizzazione, per poter mettere in luce le differenze più significative.

Si è passati poi al prodotto uva, analizzando le differenze tra i sistemi di allevamento sulla base delle dimensioni di acini e grappoli e quindi sulla produttività.

Passando poi all'ambito enologico, si è proceduto ad analizzare le caratteristiche più ponderanti, quali grado zuccherino, acidità e contenuto delle molecole più importanti nelle bacche.

Infine, sono state analizzate le differenze nel prodotto finale, ovvero il vino, confrontando il grado alcolico, l'acidità, il contenuto di alcuni composti, per giungere infine a eventuali differenze rilevate nell'analisi sensoriale di questi vini ottenuti da forme di allevamento diverse.

## **ABSTRACT**

In this work, a classification and subdivision of the main training systems spread throughout the world was carried out, primarily based on the type of pruning, that is short, long or mixed. Secondly, within these types of pruning, a separation was made between the forms that have a permanent cordon and those that instead have a annual renewal cane.

After this classification of training systems, a general description was made for each one, which includes the sizes of the training systems, the planting density that distinguishes them, the pruning severities, their distribution in the world and the factors that influence the choice of one breeding system over another.

Subsequently, the main characteristics of these forms in the viticulture field were examined, such as the structure of the canopy, the susceptibility to diseases, the vegetative growth of the plant in terms of vigor, the degree of mechanization, in order to highlight the most significant.

We then moved on to the grape product, analyzing the differences between the training systems on the basis of the size of the berries and bunches and therefore on productivity.

Moving on to the oenological field, we proceeded to analyze the most weighty characteristics, such as sugar content, acidity and content of the most important molecules in the berries.

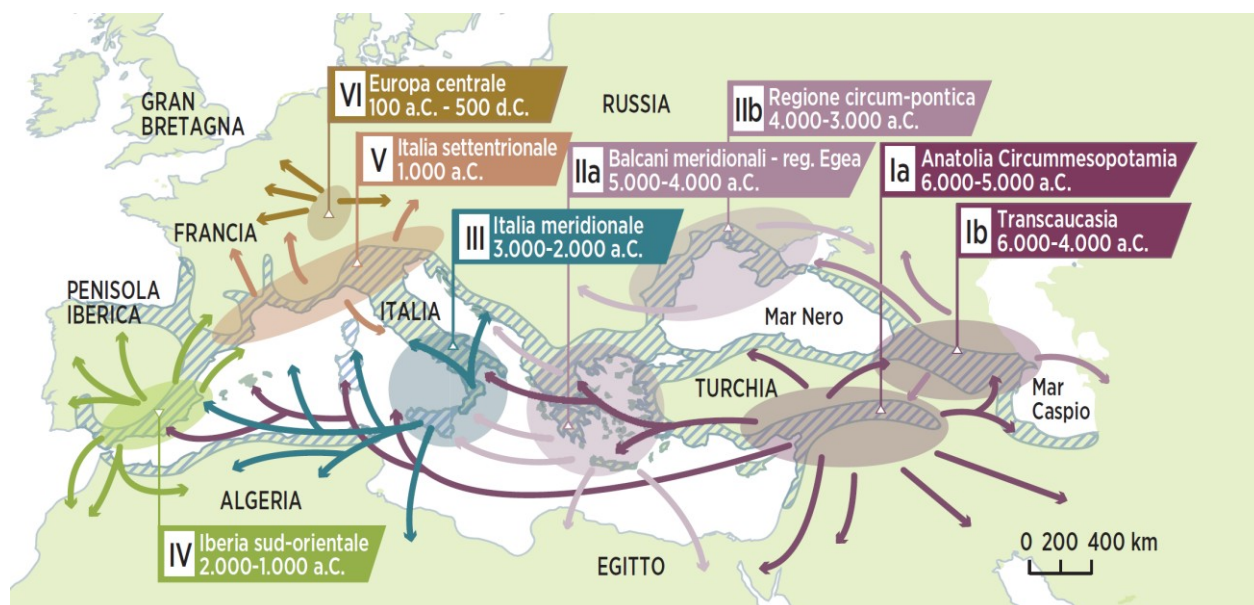
Finally, the differences in the final product, the wine, analyzing the alcohol content, the acidity, the content of some compounds, to finally arrive at any differences found in the sensory analysis of these wines obtained from different training systems.



# 1 INTRODUZIONE

Oggi i termini ‘vite’ e ‘viticoltura’ spesso vengono impiegati nello stesso contesto e sono quindi indissolubilmente legati tra di loro. Si potrebbe dunque pensare che la nascita della vite e della viticoltura siano avvenute contemporaneamente, ma non è così. La storia della vite, infatti, precede di molto quella della viticoltura, intesa come selezione di piante selvatiche di *Vitis vinifera* ssp. *sylvestris* e conseguente domesticazione della vite (*Vitis vinifera* ssp. *sativa*) da parte dell’uomo. Basti pensare che i primi reperti fossili di piante appartenenti al genere *Vitis* trovati in Europa risalgono a circa 60-55 Milioni di anni fa. Successivamente, a seguito del raffreddamento globale della Terra, terminato circa 20.000 anni fa, in Europa è sopravvissuta solo una specie tra tutte quelle appartenenti al genere *Vitis*, ovvero la celebre *Vitis vinifera*.

La nascita della viticoltura invece viene individuata attorno al 5.500 a.C. nel Vicino Oriente, più precisamente nell’area dell’Anatolia centrale, della Siria e della Mesopotamia settentrionale. Da questo centro poi l’area si è estesa all’Egitto e alla penisola balcanica, in particolare alla Tracia e alla Grecia. La successiva diffusione della viticoltura nel resto del Mediterraneo è avvenuta a opera sia dei Fenici che dei Greci: nello specifico questi ultimi hanno portato la pratica della coltivazione della vite nei loro insediamenti, ovvero in Sicilia e nell’Italia meridionale, facenti parte dell’allora Magna Grecia. Nel centro e nord Italia, invece la viticoltura venne fatta conoscere, quindi influenzata, dagli Etruschi.



**Figura 1.** Mappa dei principali percorsi di diffusione della viticoltura a partire dalle aree di paradomesticazione (aree cerchiato) – in cui cioè la vite spontanea attirò l’attenzione della popolazione locale – e i centri di domesticazione (aree ombreggiate in blu) – in cui la vite iniziò a essere coltivata – secondo la cronologia dell’espansione della vite domestica da Oriente verso Occidente. Le frecce indicano, invece, le vie di diffusione della viticoltura da una regione all’altra; il loro colore indica l’areale di partenza. *Fonte: Corazzina (2021).*

Come conseguenza della diffusione della viticoltura della vite in Italia ed Europa, si possono identificare due scuole di pensiero che hanno influenzato la coltivazione e i criteri di potatura della vite da cui discendono tutte le principali forme di allevamento ad oggi conosciute: quella greca e quella etrusca. La ‘scuola greca’ è portatrice del pensiero che vede la vite allevata di piccole dimensioni potata con potatura corta a speroni e allevata in assenza o in presenza di supporto (in quest’ultimo caso il tutore è morto e di piccole dimensioni). La ‘scuola etrusca’, invece, considera la vite una liana da allevare affinché raggiunga altezze elevate e da maritare a sostegni morti o vivi, come pioppi, salici, gelsi; la potatura che rappresenta questa scuola è quindi una potatura lunga.

Queste due scuole di pensiero si sono fuse con la cultura e le tradizioni di tutte le regioni italiane creando innumerevoli modi di allevare la vite che hanno fatto dell’Italia il Paese viticolo con il maggior numero di forme di allevamento della vite nel mondo (Fregoni, 2013). Si potrebbe pensare, dopo secoli e secoli, che una scuola di pensiero abbia preso il sopravvento sull’altra, portando a una prevalenza in territorio italiano dell’utilizzo delle forme di allevamento appartenenti alla scuola greca o a quella etrusca, invece, come riportato da Fregoni (2013), in Italia si sono diffuse all’incirca per il 55,12% le forme di allevamento greche e per il 44,88% le forme etrusche, una differenza, come si può notare, molto minima. La storia dunque ci spiega, in parte, il perché dell’esistenza, ancora oggi, di un numero così elevato di sistemi di allevamento che sono stati sviluppati non solo nel passato, ma anche recentemente.

I metodi di allevamento della vite, infatti, sono molteplici perché vari sono gli scopi e gli obiettivi che il sistema di allevamento deve soddisfare:

- a. ottimizzare il microclima della chioma per ridurre l’impatto delle malattie;
- b. consentire un’adeguata intercettazione luminosa delle foglie e dei grappoli;
- c. garantire un buon rapporto tra parte vegetativa e produttiva;
- d. facilitare l’esecuzione delle pratiche colturali e di gestione di vigneto necessarie (gestione della chioma, potatura, distribuzione dei prodotti fitosanitari, vendemmia);
- e. assicurare bassi costi di gestione del vigneto e l’economicità dei materiali d’impianto;
- f. adattarsi alle esigenze del vitigno e del clima;
- g. ottimizzare il rapporto tra quantità e qualità del prodotto secondo le esigenze del produttore.

Spesso si tende, erroneamente, a utilizzare come sinonimi i termini *forma* e *sistema* riferiti all’allevamento della vite, quando invece assumono due connotazioni diverse. Infatti, quando ci si riferisce a un ‘sistema di allevamento’ si intende sia la forma che assume la pianta, ovvero il modo

in cui viene allevata, sia la sua struttura portante, che comprende un insieme di elementi presenti nel vigneto, come i pali, i fili di ferro, le ancore e i tutori.

Definito ciò, lo scopo di questo lavoro è quello di analizzare le forme di allevamento maggiormente utilizzate non solo in Italia ma in tutto il mondo viticolo per poi confrontarle tra loro, introducendo durante questo paragone anche elementi che sono propri del sistema di allevamento, come ad esempio i costi di impianto e di gestione del vigneto. L'obiettivo di questi confronti è anche quello di identificare, qualora sia possibile, quali siano le migliori forme di allevamento tenendo conto del contesto in analisi, ad esempio il clima, il vitigno e gli obiettivi enologici.

## 2 PRESENTAZIONE DELLE FORME DI ALLEVAMENTO

### 2.1 *La suddivisione in gruppi delle forme di allevamento*

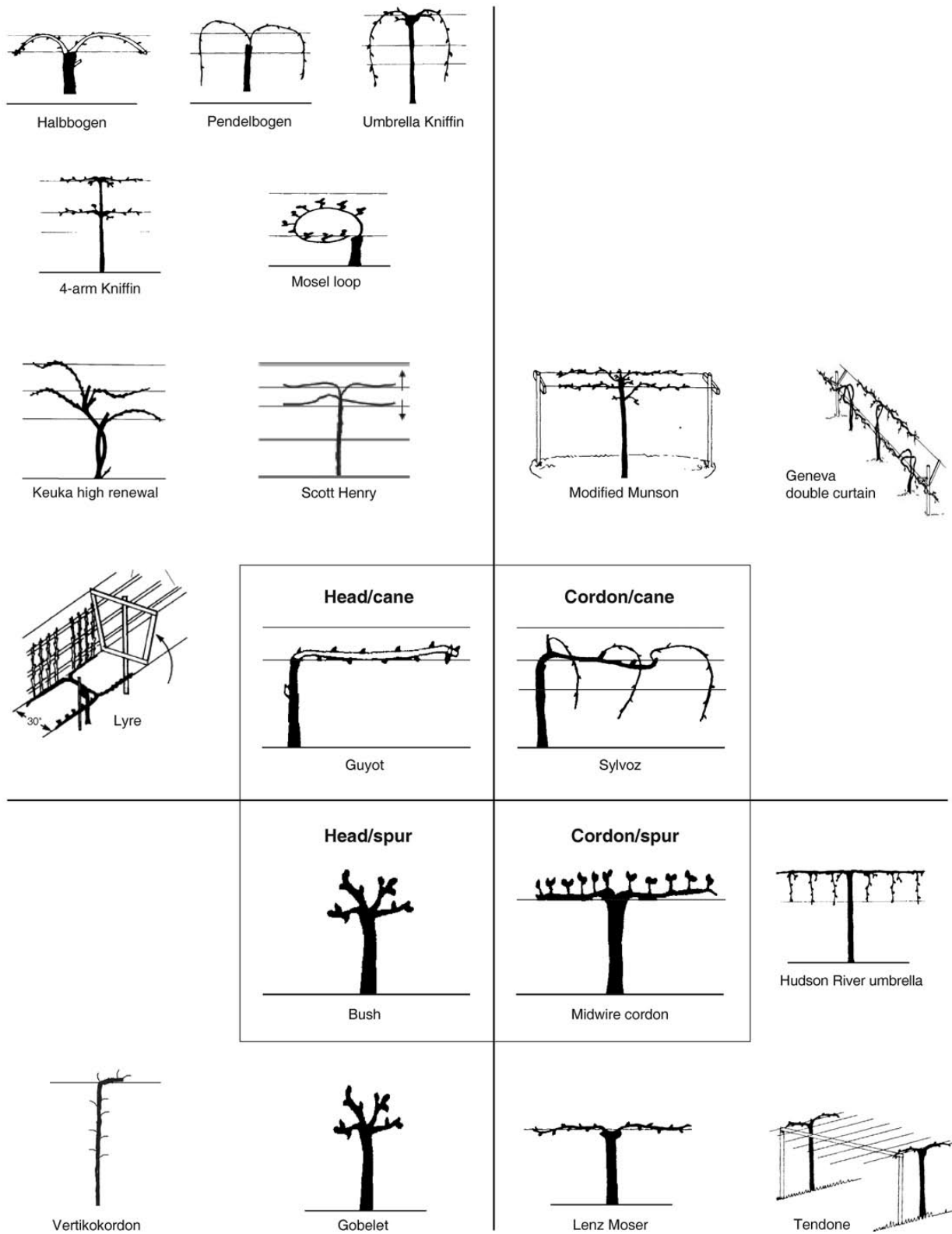
Nel mondo esistono molteplici forme di allevamento, alcune molto diverse tra di loro, altre invece risultano essere molto simili; basti pensare che solo in Italia sono presenti più di 40 sistemi di allevamento della vite (Palliotti *et al.*, 2018). Si riscontra, talvolta, una certa difficoltà nel distinguere e classificare le forme di allevamento, soprattutto perché sovente, a seconda del luogo in cui viene allevata, una stessa forma di allevamento assume nomi diversi.

In questo contesto, la scelta di questo studio è stata quella di analizzare le forme di allevamento maggiormente utilizzate nel mondo e che sono state riportate e descritte in studi scientifici nazionali ed internazionali. Una volta individuate le forme di allevamento sulle quali si basa questo lavoro, il passo successivo è stato quello di suddividere i modi di allevare la vite in gruppi.

Esistono vari modi di classificare i sistemi di allevamento della vite. A seconda dei parametri sui quali si basa la suddivisione, quali: altezza del fusto, direzione nello spazio, densità d'impianto e carica delle gemme per ettaro. Considerando le forme di allevamento prese in esame, si è deciso di fare una classificazione che consideri innanzitutto il criterio di potatura, ovvero corta, lunga o mista, per poi procedere con una successiva suddivisione tra forme con il cordone permanente o a tralcio rinnovabile.

All'interno di queste classificazioni si possono individuare principalmente due macro-gruppi:

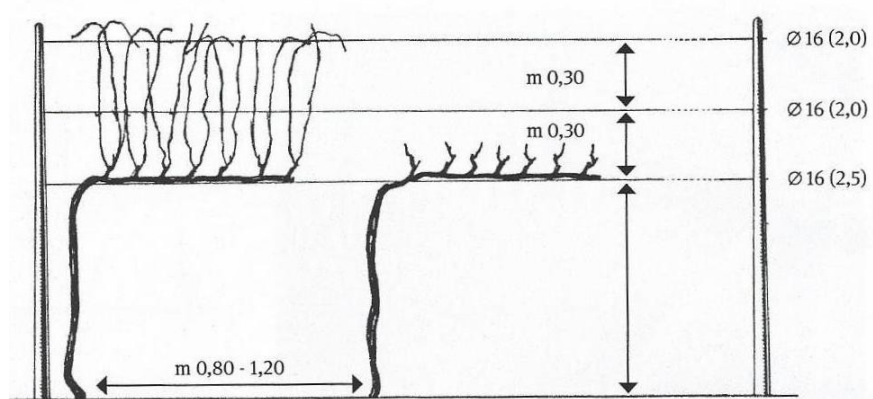
- sistemi in parete (a controspalliera) indicati a scala internazionale come VSP per '*vertical shoot positioned*'
- sistemi non-VSP.



**Figura 2.1** Sistemi comuni di allevamento della vite. I sistemi possono essere classificati come head/cane, head/spur, cordon/cane, or cordon/spur (Winkler et al. 1974). Le frecce indicano la direzione della crescita del germoglio. Crediti figura: Scott Henry e vertikokordon (Vanden Heuvel et al. 2004b); Keuka high renewal (Howell et al. 1991); lyre (Adelsheim 1991); tutti gli altri (Reynolds 1983) (permesso di riproduzione concesso dagli editori e/o autori). *Fonte: Reynolds e Vanden Heuvel (2009).*

a. Sistemi a potatura corta con cordone permanente:

- i. *Cordone Speronato*, classificato come VSP. Come indica il nome, è contraddistinto da una potatura corta a speroni e prevede una direzione della chioma ascendente, da cui l'acronimo VSP. Il cordone speronato si può trovare nella variante singola, o bilaterale (più frequente), ovvero che prevede la diramazione dal tronco di due cordoni orizzontali che si dirigono in direzioni opposte e può presentare altezze diverse, essendo presente come *cordone basso*, dove il tronco non supera il metro di altezza, come *Midwire Cordon* e infine come cordone speronato 'classico', che comunque non supera gli 1,20 m di altezza.

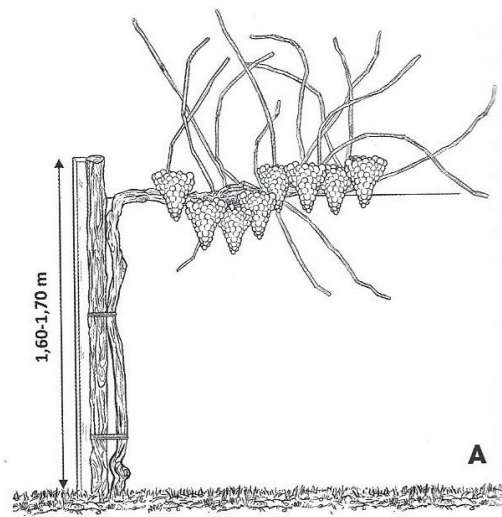


**Figura 2.2 1a** Cordone speronato: schema della forma d'allevamento prima e dopo la potatura invernale (da Ricci, 1968, modificato). Il diametro dei fili è indicato con il numero tradizionale per quelli zincati e con il diametro (tra parentesi) per quelli di acciaio. Fonte: Fregoni (2013).



**Figura 2.2 1b** Immagine di un vigneto a cordone speronato dopo il germogliamento. Fonte: Palliotti et al. (2018).

- ii. *Cordone Libero* o *Cortina Semplice* ha un'altezza di 1,70-1,80 m e si distingue per la sua chioma, che non assume una direzione prestabilita, ma che si sviluppa in forma libera (senza sostegni).

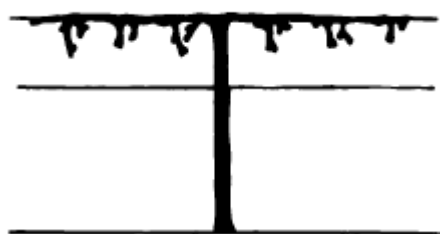


**Figura 2.2 2a** Schema figurativo del Cordone libero (disegno D. Abbate). *Fonte: Palliotti et al. (2018).*



**Figura 2.2 2b** Immagine di un vigneto a Cordone libero. *Fonte: Tomasi et al. (2017).*

- iii. *Hudson River Umbrella* (o *High Cordon*) è una forma di allevamento che prevede una direzione discendente dei germogli che si originano da speroni posizionati sotto al cordone; è caratterizzato da un'altezza che va dagli 1,50 m a 1,80 m.



**Figura 2.2 3a** Rappresentazione schematica della forma Hudson River Umbrella. *Fonte: Reynolds et al. (1995)*

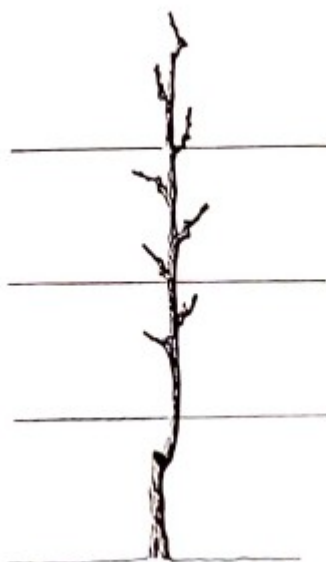




**Figura 2.2 3b** Immagine di una pianta di vite allevata a Hudson River Umbrella. *Fonte: Fregoni (2013).*

b. Sistemi a potatura corta con tralcio rinnovabile:

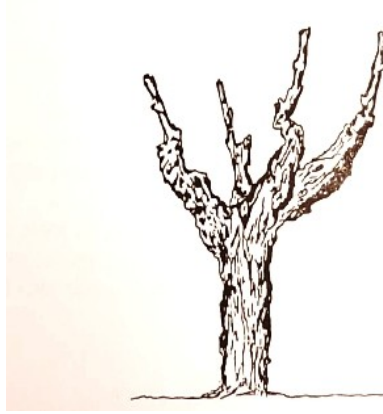
- i. *Cordone Speronato Verticale* ha un tronco speronato di altezza di circa 1,50 m e si può classificare come una variante dell'*alberello*.



**Figura 2.2 4a** Rappresentazione schematica della forma Cordone speronato verticale. *Fonte: Fregoni (2013)*

- ii. *Alberello*, conosciuto anche con le varianti di *Gobelet* e *Bush*. L'*alberello* è una forma poco espansa, caratterizzata da un tronco con altezza che varia da 0,2 a 0,6 m e dalla presenza di corte branche su cui vengono costituiti un numero di speroni.





**Figura 2.2 5a** Rappresentazione schematica della forma alberello. *Fonte: Fregoni (2013)*



**Figura 2.2 5b** Immagine di un vigneto allevato ad alberello con 3-4 branche nella zone della Rioja (Spagna) in vegetazione. *Fonte: Palliotti et al. (2018).*

- c. Sistemi a potatura lunga o mista con cordone permanente:
  - i. *Lenz Moser* (molto simile al 'Casarsa'), VSP;

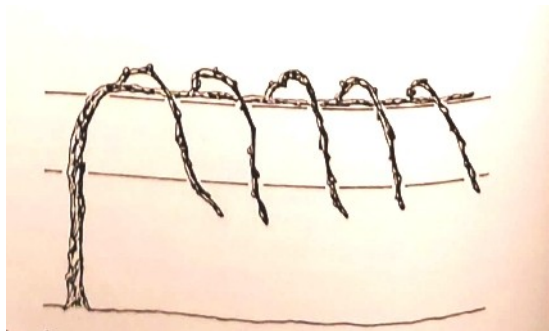


**Figura 2.2 6a** Rappresentazione schematica della forma Casarsa. *Fonte: Fregoni (2013).*



**Figura 2.2 6b** Immagine di un vigneto di Casarsa in Valle Versa (OltrePò Pavese). *Fonte: Fregoni (2013).*

- ii. *Sylvoz*, VSP. Il *Sylvoz* e il *Lenz Moser* presentano caratteristiche simili proprio perché il secondo deriva dal primo: l'altezza del tronco per il *Sylvoz* è di 1,20 m mentre per il Casarsa di 1,60 m. Il *Sylvoz* presenta i caratteristici tralci arcuati verso il basso e qualche sperone di riserva, il *Lenz Moser* è dotato di tralci più corti che non vengono legati e anche di alcuni speroni.

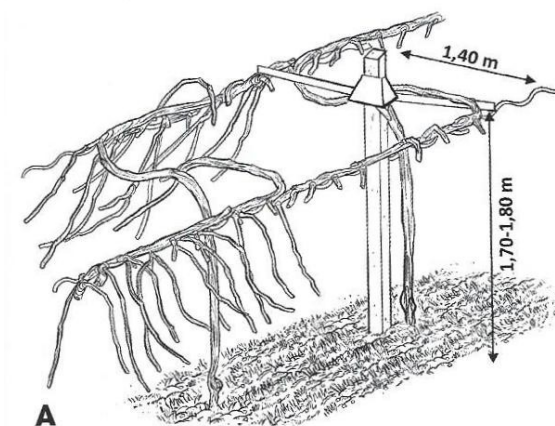


**Figura 2.2 7a** Rappresentazione schematica della forma *Sylvoz*. *Fonte: Fregoni (2013).*



**Figura 2.2 7b** Immagine di una vite allevata a *Sylvoz*. *Fonte: Tomasi et al. (2017).*

- iii. GDC, acronimo di *Geneva Double Curtain*, detto anche ‘Doppia Cortina’. La Doppia Cortina (GDC) ha un’altezza del tronco compresa tra 1,70 m e 1,80 m da cui poi si dipartono due cordoni permanenti che sono paralleli tra loro ma di direzione opposta.

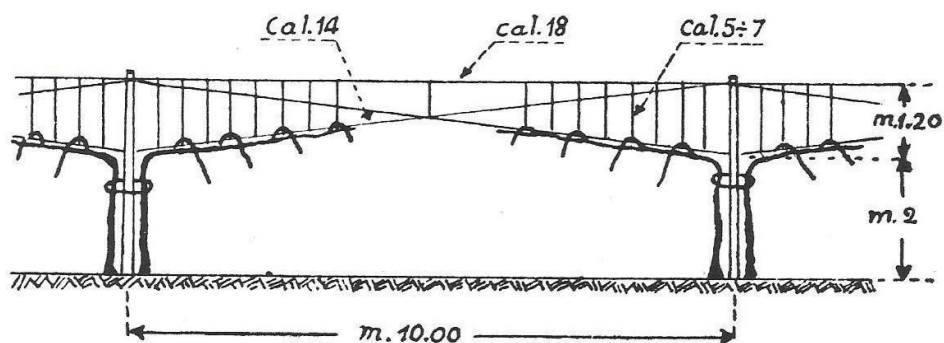


**Figura 2.2 8a** Schema rappresentativo della Doppia cortina (disegno D. Abbate). *Fonte: Palliotti et al. (2018).*



**Figura 2.2 8b** Immagine di un vigneto di GDC dopo la potatura invernale meccanica. *Fonte: Fregoni (2013).*

- iv. Raggi o Bellussi è una forma espansa nella quale il tronco raggiunge un’altezza di 2 m, caratterizzata da un cordone molto lungo che prevede una potatura mista, come il *Sylvoz*.



**Figura 2.2 9a** Rappresentazione schematica del sistema a Raggi con particolare del diametro dei fili portanti. *Fonte: Tomasi et al. (2017).*

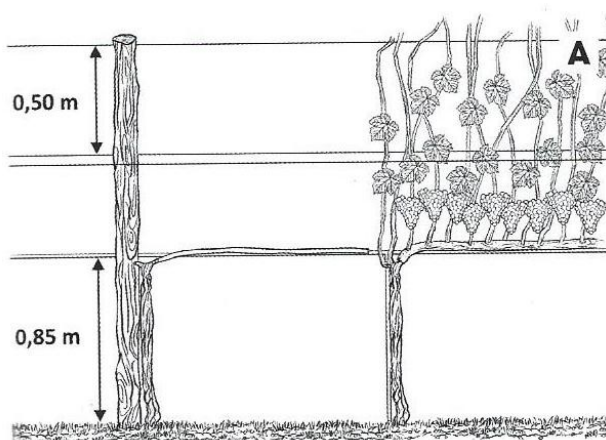




**Figura 2.2 9b** Immagine di un vigneto di Bellussi nel Trevigiano, Veneto. *Fonte: Tomasi et al. (2017).*

d. Sistemi a potatura lunga o mista a tralcio rinnovabile:

- i. *Guyot*, è un criterio di potatura molto diffuso utilizzato in sistemi di allevamento VSP dove l'altezza del tronco si orienta tra gli 0,6 m e gli 1,10 m da cui poi si diparte un capo a frutto orizzontale, nella forma 'singola', o due capi a frutto nella forma 'bilaterale'.

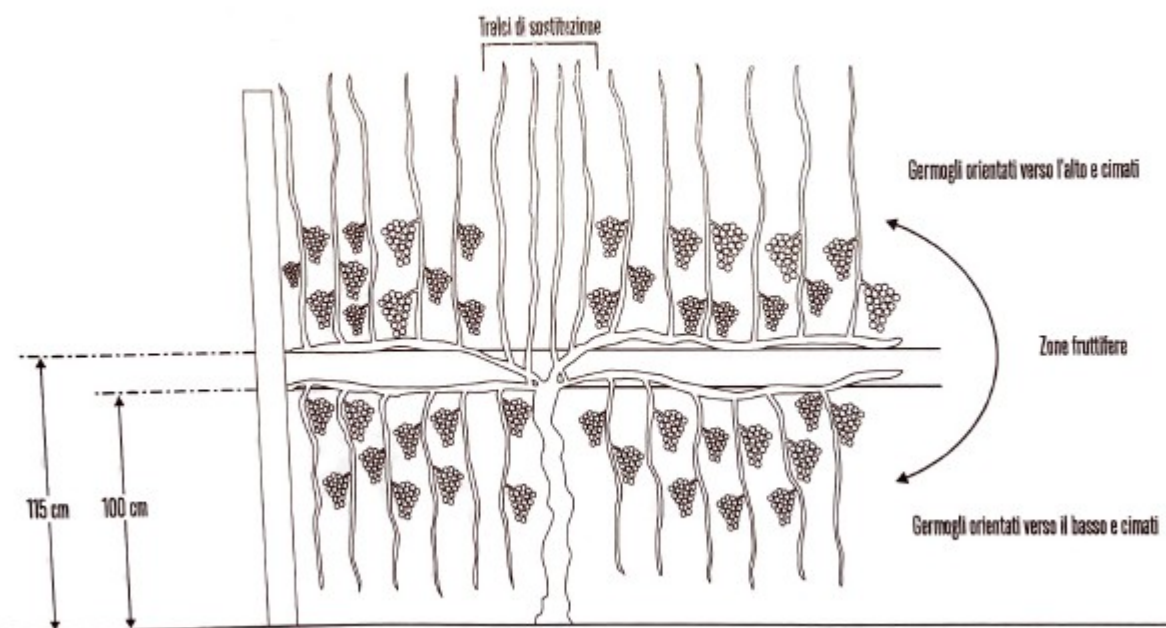


**Figura 2.2 10a** Schema rappresentativo della forma Guyot unilaterale (disegno D. Abbate). *Fonte: Palliotti et al. (2018).*



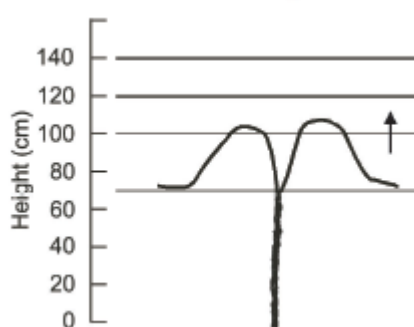
**Figura 2.2 10b** Immagine di un vigneto di Guyot bilaterale. *Fonte: Fregoni (2013).*

- ii. *Scott Henry* è caratterizzato dalla presenza per ogni pianta di quattro capi a frutto orizzontali orientati a due a due in direzione opposta. I germogli dei due tralci inferiori vengono orientati verso il basso, mentre quelli dei tralci superiori vengono palizzati verso l'alto. In genere i capi a frutto inferiori si trovano a un'altezza che non supera il metro, mentre quelli superiori si possono trovare tra 1,10 m e 1,50 m.



**Figura 2.2 11a** Rappresentazione schematica della forma di allevamento Scott Henry (da Smart e Robinson).  
Fonte: Fregoni (2013).

- iii. *Pendelbogen* è un sistema dove il tronco ha un'altezza compresa tra 0,5 m e 0,75 m da cui si diramano 2 o più capi a frutto arcuati verso il basso.

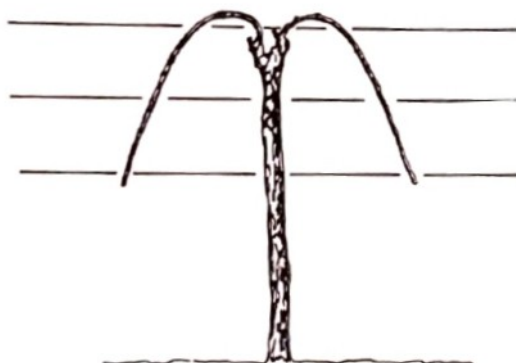


**Figura 2.2 12a** Rappresentazione schematica della forma Pendelbogen. La freccia indica la direzione di crescita dei germogli. Fonte: Vanden Heuvel et al. (2004).

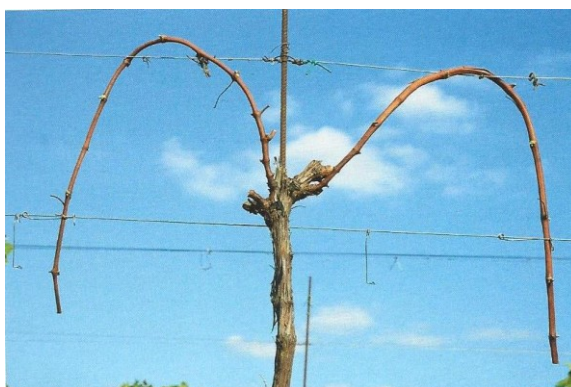


**Figura 2.2 12b** Disegno rappresentativo della forme di allevamento Pendelbogen. Fonte: Reynolds et al. (1996).

- iv. *Umbrella Kniffin*, meglio conosciuto in Italia come *Doppio Capovolto* o *Cappuccina* presenta un tronco di altezza inferiore ai 2 m da cui si diramano due capi a frutto che vengono orientati anche in questo caso verso il basso.



**Figura 2.2 13a** Rappresentazione schematica del Doppio capovolto. Fonte: Fregoni (2013).



**Figura 2.2 13b** Immagine di una vite allevata a Doppio capovolto. Fonte: Tomasi et al. (2017).

## 2.2 *La distribuzione delle forme di allevamento in Italia e nel Mondo*

Uno dei motivi principali per cui viene progettata una nuova forma di allevamento è affinché essa si adatti al clima e all'ambiente per cui è stata ideata. Va da sé che le forme di allevamento si sono diffuse in modo diverso nel mondo e spesso affrancate in luoghi diversi per i quali erano state progettate. Il *cordone speronato* è presente in America con il nome di *Midwire Cordon*, particolarmente in California. È diffuso anche in Europa, soprattutto nell'Italia centrale, come in Toscana, Lazio e Campania. Il *cordone libero*, secondo l'Università di Bologna che l'ha proposto nel 1977, deriva dal GDC e si è diffuso abbastanza in Italia. L'*high cordon* è diffuso maggiormente in America con il nome di *Hudson River Umbrella*. Il *cordone speronato verticale* non è in realtà molto diffuso, ma lo si può trovare in Italia in Calabria, Campania e Sicilia. L'*alberello* grazie alle sue peculiarità lo si ritrova in ambienti estremi dove ci sono condizioni siccitose, tipiche della Sicilia ma anche dove si verificano scarse sommatorie termiche nel corso dell'annata sfruttando così il riverbero di calore emesso dal terreno, si pensi alla Valle d'Aosta. In Italia l'alberello è

presente anche in Liguria e nelle regioni meridionali, quali Campania, Puglia, Basilicata, Calabria e nella Sardegna. Oltre a queste regioni italiane l'*alberello* si è diffuso anche nelle zone settentrionali d'Europa, come Francia, Germania, Svizzera, e ovviamente nelle zone del Mediterraneo, quali Spagna, Nord Africa e Grecia, ma anche Egitto, Turchia, Siria, Cipro e oltreoceano in Australia e California.

Per quanto riguarda le forme con potatura lunga, il *Sylvoz*, ideato da Carlo Sylvoz, in Italia è diffuso maggiormente nelle regioni centro-settentrionali, quali Lombardia, Veneto, Friuli-Venezia Giulia, Emilia-Romagna e Marche. Il *Casarsa*, progettato e introdotto dall'enologo Salvador in Friuli, è una variante del *Sylvoz*, dal quale deriva, e si è diffuso prevalentemente in Friuli-Venezia Giulia e Veneto, ma anche in altri paesi del mondo come Argentina, Cile, Brasile (Fregoni, 2013). Il suo simile, il *Lenz Moser*, è stato ideato in Austria da un professore da cui prende il nome e si è in parte espanso negli altri paesi vicini d'Europa. Il *GDC* è un sistema progettato recentemente, agli inizi degli anni '60 del secolo scorso, presso la Stazione sperimentale di Geneva nello Stato di New York dal professor Nelson Shaulis, mentre in Italia è stato adottato inizialmente in via sperimentale nel 1970 da Fregoni a Piacenza. Oggi in Italia è presente principalmente in Veneto e Emilia-Romagna, ma è presente anche in alcune regioni centrali. Il *Bellussi*, ideato dai fratelli Bellussi a Tezze di Piave nel 1882, si è diffuso praticamente solo in Veneto e Emilia-Romagna, in minima parte in Campania, ma ogni anno la sua superficie diminuisce a favore di sistemi più meccanizzabili. Il *Guyot* è stato progettato dal viticoltore francese Jules Guyot verso la metà del 1800 in Francia, anche se sembra che le sue origini risiedano in tempi molto più remoti; è molto diffuso in Italia, principalmente in Puglia, Toscana e Lombardia, nella forma bilaterale, in Sicilia, Piemonte e Puglia nella forma singola, ma è presente generalmente anche in Friuli, Emilia-Romagna, Umbria, Marche, Lazio, Campania, Basilicata e Calabria; lo si può trovare anche in California. Il *Doppio Capovolto* è in pratica una variante del *Guyot*, è presente maggiormente in Italia nelle regioni Marche, Emilia-Romagna, Toscana e Lazio, ma è conosciuto anche in America dove si trova con il nome di *Umbrella Kniffin*. La forma *Scott Henry* prende il suo nome da un viticoltore dell'Oregon, negli Stati Uniti, che la progettò agli inizi degli anni '70 del secolo scorso e poi diffusa in Australia e in altri Paesi anglofoni. Infine il *Pendelbogen* è presente in Germania e negli Stati Uniti.

### **2.3 Aspetti che influenzano la scelta delle forme di allevamento**

Quando si impianta un vigneto si pensa che la scelta più importante sia quella del vitigno. Questa affermazione è in parte vera, ma il quesito ancora più importante al quale bisogna rispondere è: quale forma di allevamento scegliere? Infatti, non sono pochi gli aspetti che influenzano la scelta tra una forma di allevamento rispetto ad un'altra. In realtà non esiste un elenco definito di fattori che

hanno la priorità rispetto ad altri, perché alla fine dei conti sono tutti legati tra di loro e si influenzano a vicenda.

### 2.3.1 *Clima*

Partendo dal luogo in cui si andrà a impiantare il vigneto, un aspetto che richiede particolare attenzione è sicuramente il clima. Generalmente nei luoghi caratterizzati da un clima di tipo settentrionale, dove gli inverni sono molto freddi e le gelate tardive (primaverili) sono frequenti, la scelta ricade su sistemi di allevamento con tronco alto, che allontanano in questo modo la vegetazione dal terreno. Un esempio lampante è il *Bellussi* in Veneto, forma di allevamento progettata proprio per ottenere uve più sane perché meno afflitte dall'umidità dell'aria stagnante verso il basso. Queste forme con tronco alto presentano però l'inconveniente della vigoria: infatti affinché queste diano la loro massima produzione necessitano di terreni fertili e di disponibilità idrica, tematica assolutamente da non sottovalutare. Altro fattore da considerare è che, quando sussistono queste condizioni, bisogna utilizzare portainnesti deboli, non troppo vigorosi, essendo già di per sé queste forme di allevamento molto vigorose. Forme di allevamento con altezza inferiore, come il *cordone speronato* orizzontale, invece si adattano bene anche ai terreni di media fertilità. Al contrario, in presenza di un clima di tipo meridionale, dove sono frequenti le estati siccitose, la scelta ricade su forme a tronco basso, come appunto l'*alberello*.

### 2.3.2 *Suolo*

Un'importante fattore che rientra nella scelta della forma di allevamento è il suolo. Come si è visto, infatti forme più espanse necessitano di terreni più fertili, rispetto a forme più contenute.

### 2.3.3 *Ventosità*

Altro aspetto da considerare riferito a un determinato ambiente è la frequenza e la velocità del vento, che mette più a rischio i sistemi a spalliera: in questi territori sarebbero più adatti invece sistemi orizzontali, dove i germogli si possono adagiare sul tetto (Fregoni, 2013).

### 2.3.4 *Vitigno*

La scelta della forma di allevamento è fortemente influenzata dal vitigno che si vuole impiantare. Un vitigno, infatti, non è adatto ad essere allevato con qualunque forma di allevamento. I sistemi di allevamento, proprio per la loro struttura e le loro caratteristiche, necessitano di vitigni che rispettino e si adattino alle loro peculiarità, e qualora non ci sia questa correlazione si rischia di andare a discapito del prodotto finale e mettere in stress la pianta stessa. Si vede bene ciò, ad esempio, nel *cordone speronato*, il quale richiede vitigni che abbiano un'alta fertilità basale, proprio per la presenza degli speroni. In questo caso cultivar come il Glera, il Cabernet Franc e il Barbera



non sono molto indicate. Altri vitigni invece, se allevati tramite una determinata forma di allevamento riescono ad esprimere al massimo le loro caratteristiche rispetto: è il caso del Raboso allevato con sistema a *Raggi*, vitigno che richiede potature lunghe, caratterizzato da produzioni abbondanti e vendemmia tardiva.

### 2.3.5 Livello di meccanizzazione

Nel momento in cui si decide di impiantare un vigneto bisogna considerare il suo grado di meccanizzazione, sia essa impiegata solo nella raccolta del prodotto o anche in fase di potatura. I sistemi a parete offrono la possibilità di effettuare la vendemmia meccanica tramite macchine a scuotimento orizzontale, purché la fascia produttiva si trovi a un'altezza da terra di almeno 30 cm e la palificazione sia di un'altezza massima di 2,50 m. Nei sistemi a controspalliera è inoltre possibile effettuare alcune operazioni di potatura verde e di legatura dei germogli. Il *GDC* è stato progettato proprio per permettere una vendemmia meccanica ma con macchine a scuotimento verticale; è possibile, inoltre, l'esecuzione della potatura verde, che si può poi estendere a una completa meccanizzazione della potatura invernale. La vendemmia meccanica è da escludere nell'*alberello* e nel *Bellussi*, anche se in quest'ultimo caso si può eseguire una parziale vendemmia meccanica tramite una macchina basata sugli stessi principi delle moderne vendemmiatrici ma che richiede la presenza di almeno una persona che tagli il capo a frutto al di sotto del cordone permanente e lo disponga all'interno della macchina che provvede a separare gli acini dal raspo. Quindi qualora si impianti una forma tra *alberello* e sistema a *Raggi* bisogna considerare che necessitano di manodopera che va istruita, tenendo conto che comunque la vendemmia manuale richiede tempi più lunghi a differenza di quella meccanica, comportando rischi al prodotto nel caso di maltempo. Infine, le forme denominate *Umbrella* sono state progettate negli Stati Uniti con lo scopo di facilitare la raccolta meccanica.

### 2.3.6 Costo di impianto

Da considerare al momento dell'impianto è il capitale che si può investire nel sistema di allevamento: esistono infatti forme di allevamento che sono più economiche rispetto ad altre. Un sistema di allevamento espanso come il *Bellussi*, richiede sicuramente maggiori quantità di materiali quali fili di ferro, ancore, pali di cemento più alti, mentre sistemi di allevamento più contenuti e addirittura senza sostegni, come l'*alberello* risultano essere più economici. Il fattore economico si estende poi a tutta la vita del vigneto, andando a interessare anche l'impiego o meno di macchine, basti pensare alla vendemmia e alla potatura meccaniche a confronto con operazioni unicamente manuali.

### 2.3.7 *Obiettivo enologico*

Un ulteriore aspetto che è infine da considerare è l'obiettivo enologico che si vuole raggiungere, sia in termini di quantità che di qualità. Considerando gli estremi, forme più piccole come l'*alberello* hanno rese di molto inferiori rispetto a forme espanse come il sistema a *Raggi*, mentre la qualità del prodotto, uva e vino, è generalmente migliore quando la quantità è più contenuta. Sistemi invece come il *Guyot*, il *cordone speronato* o il *Sylvoz*, ovvero a controspalliera, producono quantità che stanno nel mezzo e di qualità variabile; ma questi ultimi aspetti verranno analizzati più dettagliatamente nel corso dei capitoli successivi.

### 3 IMPATTI IN CAMPO VITICOLO: CONFRONTI E DIFFERENZE

#### 3.1 La densità e il sesto di impianto

La densità di impianto, definita come il numero di ceppi per ettaro di vigneto, è un concetto importante da prendere in esame al momento di impiantare un vigneto: è una tematica così determinante che viene anche adoperata come criterio per la suddivisione dei sistemi di allevamento. La densità di impianto di un vigneto viene calcolata tramite due variabili: la distanza tra i ceppi all'interno della fila e la distanza tra i filari, che insieme vanno a formare il sesto di impianto. Studi effettuati in Italia, più precisamente in Emilia-Romagna e in Friuli, sul *cordone speronato singolo* riportano distanze, espresse in distanza tra i ceppi x distanza tra le file, rispettivamente di 1,25 x 3,00 m e 1,25 x 2,50 m, ottenendo dall'ultimo sesto di impianto una densità d'impianto di 3200 piante/ettaro (Squeri *et al.*, 2021 e Peterlunger *et al.*, 2002).

**Tabella 3.1** Sistemi di allevamento, distanze tra i ceppi, densità delle viti e dimensione del campo di un vigneto sperimentale usato per valutare la risposta del Pinot nero nelle colline del Friuli. *Fonte: Peterlunger et al. (2002).*

Training system	Row x vine m x m	Plants/ha	Plot size/m
Simple Guyot	2.50 x 0.50	8000	112.5
Double Guyot	2.50 x 1.00	4000	112.5
Horizontal spurred cordon	2.50 x 1.25	3200	112.5
Vertical spurred cordon	3.35 x 0.60	4975	150.8

Lavori effettuati invece sul *cordone speronato bilaterale* mostrano densità di impianto inferiori, indicate ad esempio nell'esperienza avvenuta a Valencia, in Spagna riportata da Mirás-Avalos *et al.* (2017), dove viene descritta una densità di impianto di 1666 viti/ettaro, ottenuta con sestri quadri di 2,45 m: questa è indicata come la densità minima che si ottiene con il *cordone speronato*. Si può notare che in California lavori effettuati sempre sul *cordone speronato bilaterale* riportano sestri di impianto con distanze tra le file maggiori, di 2,4 x 3,6 m e 2,3 x 3,4 m (Kasimatis *et al.*, 1985; Wessner e Kurtural, 2013).

Prendendo in esame il *cordone speronato basso* si vede come vigneti situati in America, in stati come la Virginia e il Michigan, siano caratterizzati da sestri d'impianto in parte simili, rispettivamente di 1,80 x 3,70 m e 2,40 x 2,75 m, rispetto al sesto d'impianto di un vigneto localizzato in British Columbia, in Canada, di 1,50 x 2,40 m. Bisogna tener presente però che questi sestri di impianto sono riferiti a vigneti risalenti agli anni '80 e '90, infatti si può notare che vigneti più recenti e situati in Europa mostrano densità maggiori, di 2976 ceppi/ettaro, con sestri d'impianto di 1,20 x 2,80 m (Baigorri *et al.*, 2001). Sesti di impianto simili li si ritrovano anche in Australia, in particolare nella Barossa Valley, dove vengono riportate distanze di 1,50 x 2,75 m (Wolf *et al.*,

2003). Tornando infine in Italia nel lavoro di Bernizzoni *et al.* (2009), lo studio è stato effettuato con tre distanze tra le viti, di 0,9, 1,20 e 1,50 m che rapportate a una distanza tra le file di 2,50 m portano a densità d'impianto rispettivamente di 2666, 3333 e 4444 viti/ettaro; in ogni caso la densità massima che si può trovare è di 5000-6000 ceppi per ettaro per quanto riguarda il *cordone speronato*.

Il *cordone libero* può presentare un sesto d'impianto di 1,50 x 2 m, come riportato da Intriери e Poni in un lavoro svolto in Italia e pubblicato nel 1995; oppure di 1,10 x 2,50 m come analizzato invece da Louarn *et al.* in uno studio in Francia risalente al 2003-2004. Austin *et al.* invece indagano su varie forme di allevamento, tra cui la *cortina semplice*, e riportarono nella Barossa Valley un sesto di impianto di 2,25 x 3,50 m in un vigneto piantato nel 1994, simile a quello riportato da Morris e Main in un vigneto in Arkansas risalente agli anni '80, di 2,50 x 3 m. La *cortina semplice* comunque consente di ottenere densità di impianto di 2200-4000 ceppi/ettaro. Reynolds (1988) riporta per l'*Hudson River Umbrella* sestini d'impianto di 2,40 x 2,50 m, molto simili a quelli riportati da Howell *et al.* nel 1991 di 2,40 x 2,75 m. Infine studi effettuati negli anni '90 in Spagna e Virginia riportano sestini d'impianto rispettivamente di 1,75 x 3 m e 2,10 x 3 m (Baeza *et al.*, 2005 e Zoecklein *et al.*, 1998).

Il *cordone speronato verticale* è caratterizzato da sestini di impianto di 0,60 x 3,35 m, con densità d'impianto di 4975 piante/ettaro in un vigneto della fine degli anni '80 situato in Italia, mentre un vigneto dei primi anni '90 localizzato in Ontario, Canada, presentava un sesto di impianto di 0,85 x 2,50 m.

Completando il gruppo delle forme di allevamento a potatura corta, l'*alberello* è caratterizzato da sestini di impianto molto variabili, si può trovare da 1,90 x 3 m in un vigneto situato in Spagna, a 1,10 x 2,50 m in uno localizzato in Francia risalenti entrambi agli anni '80, mentre un vigneto impiantato alla fine degli anni '90 in Italia mostra sestini di impianto di 1 x 1,30 m, dove, in quest'ultimo caso, si calcola una densità di impianto di 7692 ceppi/ettaro. Questa forma di allevamento può raggiungere facilmente anche le 10.000 piante per ettaro con sestini di impianto fitti, di 1 x 1 m.

Passando alle forme a potatura lunga, Squeri *et al.* (2021) in Emilia-Romagna riportarono per la forma *Casarsa* un sesto d'impianto di 1,50 x 2,85 m, simile a quello del *Sylvoz*, per il quale viene riportato un sesto di impianto di 1,60 x 2,50 m o 3 m, mentre per un *Sylvoz bilaterale* vengono presentati sestini di impianto di 1,80 x 2,70 m (Ferree *et al.*, 2002). Considerando dunque le distanze più comuni, che tra le viti sono di 2-3 m e tra i filari di 3-4 m si possono raggiungere per il *Sylvoz* densità di impianto di 850-1600 viti/ettaro, ma con distanze differenti si calcolano anche dai 2000 ai 3000 ceppi per ettaro.

Vigneti di *GDC* investigati da Morris *et al.* e risalenti agli anni '80 situati in Arkansas mostrano sesti di impianto con differenze minime, di 2,50 x 3 m uno, e l'altro di 2,38 x 3,05 m. Due vigneti dello stesso periodo situati in California avevano una distanza tra le viti di 2,10 m e quella tra le file di 3,10 m e 3,20 m. Infine un vigneto risalente alle fine degli anni '50 situato in Arkansas, studiato da Cawthon e Morris (1977), presentava un sesto di impianto di 2,40 x 3,10 m. In generale, per il *GDC* le distanze tra i ceppi si orientano su 1-1,50 m e quelle tra le file si orientano sui 4 m per ottenere densità di impianto di 4500-5000 piante per ettaro.

La forma a *Raggi* investigata da Fragasso *et al.* (2012) in Puglia, in Italia, aveva un sesto di impianto di 2,50 x 2,50 m, con una densità di impianto di 1600 viti/ettaro, ma si possono trovare anche sesti di impianto di 4-6 m sulla fila da palo a palo e 8-10 m fra le file, stando comunque sulle 1000 viti/ettaro.

Il sistema a controspalliera *Guyot*, nella variante *singola*, presenta un sesto di impianto di 0,50 x 2,50 m, che corrisponde a una densità d'impianto di 8000 ceppi/ettaro, che è anche la densità massima che si può raggiungere con questa forma; mentre nella variante *bilaterale* si riscontrano densità d'impianto che oscillano tra 4000 e 4629 piante per ettaro, con sesti d'impianto rispettivamente di 1 x 2,50 m e 1,20 x 1,80 m. Per questa forma di allevamento si possono raggiungere anche i 5000 ceppi/ettaro con sesti d'impianto di 0,80 x 2,50 m.

Lo *Scott Henry*, analizzato in letteratura in Australia e in British Columbia mostrava sesti di impianto molto simili, dove la distanza tra le viti di 1,50 m è costante, mentre si nota una variazione minima nella distanza tra le file, che è rispettivamente di 2,75 m e 2,40 m (Wolf *et al.*, 2003; Reynolds *et al.*, 1994). Vanden Heuvel (2004), invece, riporta per un vigneto in Ontario un sesto di impianto per la forma *Scott Henry* di 1,20 x 2,50 m, che è anche il medesimo che viene indicato per la forma *Pendelbogen*. Lo studio effettuato da Austin *et al.*, (2011), riguardante tra vari vigneti, uno situato dello Stato di New York mostrava per la forma *Umbrella Kniffin* un sesto di impianto di 2 x 3 m. Generalmente per la forma a *Cappuccina* si riscontrano distanze tra le viti di 2-2,5 m e tra i filari di 2,5-3,5 m che corrispondono a densità di impianto di 1200-2000 piante per ettaro (Fregoni, 2013).

### **3.2 I criteri di potatura**

Come è stato descritto precedentemente, la prima classificazione scelta per i sistemi di allevamento riguarda il tipo di potatura, ovvero corta o lunga. Lavori effettuati sul *cordone speronato bilaterale* classico mostrano due diversi criteri di potatura a seconda del Paese in cui si trovano: il vigneto localizzato in Spagna (Mirás-Avalos *et al.*, 2017) presenta un criterio di potatura con 11 o 12 speroni, ognuno dei quali dotato di 2 gemme, per un totale di 22-24 gemme/pianta, mentre quello

situato in California è caratterizzato dalla presenza di 44 nodi divisi su un totale di 22 speroni. Lo studio sul *cordone speronato basso* effettuato da Bernizzoni *et al.* (2009) che prevedeva tre distanze tra le viti, 0,9 m, 1,20 m e 1,50 m, era caratterizzato da un numero di speroni in funzione della lunghezza del cordone: si hanno rispettivamente 7, 9 e 11 speroni, ognuno dotato di 2 gemme. Un *cordone basso bilaterale* situato in Ontario invece viene potato lasciando 16 speroni di 2 gemme (Vanden Heuvel *et al.*, 2004). Gli studi che analizzano il *cordone libero* riportano potature che vanno da un totale di 10 gemme (5 speroni di 2 gemme) a circa 40 gemme per vite. Comunque, questa forma di allevamento richiede speroni corti, di 2-3 nodi localizzati sulla parte dorsale del cordone.

Reynolds *et al.* (1995; 2004) riportano per la forma *Hudson River Umbrella* un criterio di potatura di 2 gemme per sperone. Howell *et al.* (1991) hanno calcolato in sette anni di studio una media di 38 nodi per vite. Nel *cordone speronato verticale* si riporta una potatura che prevede la presenza di 10 speroni di 2 nodi ciascuno. Van Zyl e Van Huyssteen (1980) per un vigneto ad *alberello* localizzato in Sud Africa, descrivono una potatura che lascia 20 gemme per vite, mentre più dettagliatamente in altri lavori la forma di allevamento è caratterizzata in un caso, in Spagna, dalla presenza di 7 o 8 branche che portano un totale di 13 o 14 speroni da 2 gemme, e nell'altro, in Italia, di 4 o 6 branche portanti 1 o più speroni di 2 o 4 gemme (Baeza *et al.*, 2005 e Fragasso *et al.*, 2012). Normalmente l'*alberello* è caratterizzato dalla presenza di 3-4 branche nelle quali ci sono 1 o 2 speroni di 2 o 3 gemme ciascuno.

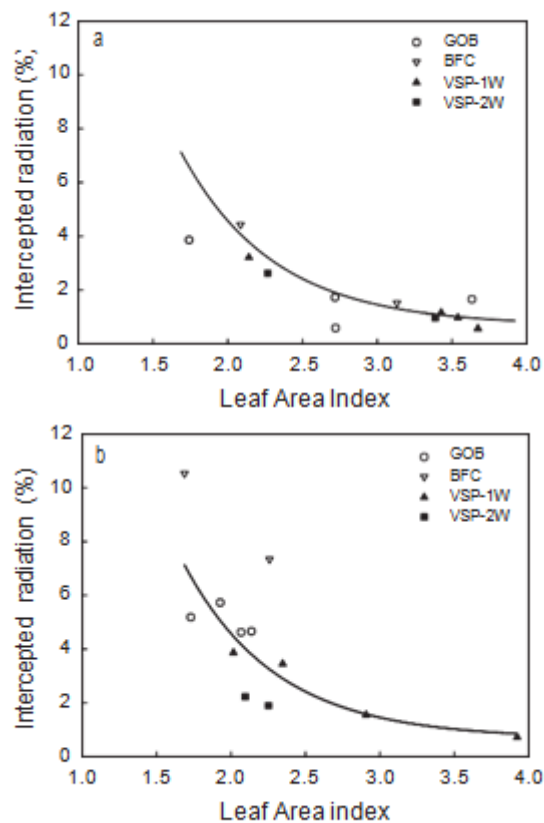
Passando alle forme con potatura lunga, Ferree *et al.* (2002) descrivono la potatura di un *Casarsa bilaterale* con la presenza di 3 capi a frutto in ogni lato, dotati di 5 gemme: in genere si predilige lasciare capi a frutto più corti per le varietà più fertili e tralci più lunghi sui vitigni meno fertili. Per il *Sylvoz*, invece, il criterio di potatura prevede ad esempio di lasciare 6 capi a frutto lunghi, dotati di 8 nodi, come descritto da Wessner e Kurtural (2013) oppure dai 7 ai 9 capi a frutto (Ferree *et al.*, 2002), per un totale di 30-40 gemme per pianta.

I criteri di potatura per la *Doppia Cortina* riportati negli studi analizzati sono abbastanza variabili: in quello di Mabrouk *et al.* (1997) la potatura è caratterizzata da 14 gemme per vite e in quello di Kliewer e Dokoozlian (2005) da 24 speroni di 2 nodi ciascuno. In ogni caso la distribuzione delle gemme nel *GDC* è ripartita su capi a frutto corti, dove infatti non si superano le 4-5 gemme, arrivando a un massimo di 25-30 gemme per ceppo. Nello studio di Fragasso *et al.* (2012) il criterio di potatura del *Bellussi* è caratterizzato da 4 capi a frutto, ognuno dei quali ha una media di 10-12 gemme; Fregoni invece riporta 10-12 tralci potati a 10-14 gemme; nel complesso con questa forma si possono raggiungere le 50-70 gemme per pianta. I criteri di potatura del *Guyot bilaterale* descritti nei lavori analizzati sono molto simili: quello di Baeza *et al.* (2005) è di 2 tralci dotati di 12 gemme

ciascuno e 2 speroni con 2 gemme, mentre quello di Fragasso *et al.* (2012) è di 2 tralci di 8 o 10 gemme più 1 o 2 speroni di rinnovo con 2 o 3 gemme; quest'ultimo caso si avvicina maggiormente a quanto riportato da Fregoni. Howell *et al.* (1991) riportano per l'*Umbrella Kniffin* una portatura che lascia capi a frutti di 15-20 nodi, a cui si aggiungono 1 o 2 speroni, giungendo a una media calcolata su dati raccolti in sette anni, di 35 nodi. Gli studi effettuati sulla forma *Scott Henry* riportano criteri di potatura simili dove, in un caso vengono lasciati 4 capi a frutto di 8 nodi, nell'altro di 12 nodi (Vanden Heuvel *et al.*, 2004; Trought *et al.*, 2017). La forma *Pendelbogen* investigata da Reynolds *et al.* (1996; 2004) ha un criterio di potatura da 2 a 4 capi a frutto di 15 nodi, mentre quella di Vanden Heuvel *et al.* (2004) di 2 tralci di 16 nodi.

### **3.3 Le caratteristiche della chioma: la densità, l'intercettazione luminosa e il numero di strati fogliari**

Le forme di allevamento, proprio per le loro caratteristiche, influenzano la quantità di luce che riesce a raggiungere le foglie e i grappoli variando in tal modo l'esposizione di questi ai raggi solari. Aumentare la penetrazione della luce del sole nella chioma influenza la resa, anticipando l'inizio della fioritura e aumentando di conseguenza la fertilità (Buttrose, 1974), la robustezza delle gemme e dei germogli e la maturazione dei frutti (Smart, 1973) e, la qualità dell'uva. Intrieri e Poni (1995) hanno messo a confronto il *cordone speronato* con la *cortina semplice*, studiando la densità fogliare, espressa come rapporto tra superficie totale fogliare (LA) e superficie fogliare esposta (SA): i risultati trovati mostrano rapporti LA/SA molto simili tra le due forme di allevamento. In secondo luogo, attraverso la tecnica del *point quadrat* è stata caratterizzata la densità fogliare delle pareti fogliari a confronto. Viene quindi analizzata la diversa % di vuoti nella chioma di entrambi i sistemi: dai dati raccolti si evince che la *cortina semplice* ha sempre più vuoti sia nella zona dei grappoli che dei germogli, probabilmente dovuto al fatto che i germogli stessi hanno una direzione libera protesa verso il basso e i grappoli si concentrano nella zona appena al di sopra e al di sotto del cordone. Questa conclusione viene confermata dal lavoro di Louarn *et al.* (2008) dove sempre un *cordone libero* viene confrontato con un sistema *VSP* con potatura a sperone: anche in questo caso i grappoli situati nei germogli in forma libera sono esposti maggiormente ad un più alto livello di luce rispetto ai germogli palizzati. Questa affermazione viene dimostrata dai dati riportati: l'intercettazione giornaliera della radiazione da parte dei grappoli della *cortina semplice* raggiunge il 7,3% rispetto alla luce incidente, mentre quella dei grappoli del sistema *VSP*, caratterizzato da 2 coppie di fili mobili, è solo del 2%; mentre valori intermedi, di circa 4-5% vengono indicati per il *VSP* con un paio di fili mobili e per l'*alberello*.



**Figura 3.1** Relazione tra la radiazione fotosinteticamente attiva (PAR) giornaliera simulata intercettata da grappoli virtuali, espressa in funzione della radiazione in arrivo per (a) Grenache e (b) Syrah. Le linee corrispondono agli aggiustamenti esponenziali che indicano la tendenza. Ogni punto deriva dal calcolo del bilancio radiativo a livello della bacca di oltre 120 grappoli. BFC, cordone libero bilaterale; GOB, gobelet; VSP-1W, cordone bilaterale con una coppia di fili mobili; VSP-2W, cordone bilaterale con due paia di fili mobili. *Fonte: Louarn et al. (2008).*

In questo studio viene anche analizzata l'efficienza nell'intercettazione della luce (LIE): come si può intuire facilmente, proprio per la sua struttura il *VSP* ha una LIE significativamente inferiore rispetto ai sistemi a forma libera, come in questo caso la *cortina semplice* e l'*alberello*. Il numero di strati fogliari (LLN) è indirettamente proporzionale all'esposizione dei frutti alla luce solare ed entrambi sono influenzati dal sistema di allevamento. Focalizzandosi sul *VSP* caratterizzato da due fili mobili si nota che questo sistema di allevamento ha chiaramente la peggior performance per quanto riguarda l'intercettazione luminosa e di conseguenza ha un'area fogliare illuminata significativamente più bassa rispetto agli altri sistemi. Anche Wolf *et al.* (2003) riportano per i sistemi *VSP* valori di LLN leggermente superiori rispetto alla forma *Scott Henry*, con quindi grappoli molto meno esposti alla luce. Similmente Kliewer e Dokoozlian (2005) concordano su quanto sopra riportato: dall'analisi di tre forme di allevamento con tre diverse distanze tra le viti concludono che solo il *VSP*, alla distanza minima tra le tre, è caratterizzato da una chioma



eccessivamente densa, come dimostrato dal numero degli strati fogliari nella regione dei grappoli e dal peso di potatura.

Invece Hall *et al.* (2018) riportano densità della chioma maggiori nell'*high cordon* rispetto al *VSP*, dati confermati dall'analisi del *point quadrat* che rivela numeri significativamente più elevati di grappoli esposti. Al contrario, in un lavoro meno recente, Reynolds *et al.* (1985) descrivevano l'*Hudson River Umbrella* (o *high cordon*) come una delle forme con la chioma più aperta, ovvero meno densa. A questa affermazione concordano Howell *et al.* (1991), i quali trovano che il numero di strati fogliari risulta essere contenuto per l'*Hudson River Umbrella* e anche per l'*Umbrella Kniffin*. Nel lavoro di Vanden Heuvel *et al.* (2004) viene effettuata un'analisi del *point quadrat* su 6 sistemi di allevamento, dalla quale si evince che le chiome che hanno un alto LLN (come, ad esempio, il *cordone speronato basso* e il *Pendelbogen*) tendono ad avere di conseguenza alte percentuali di foglie interne (PIL) e di grappoli interni (PIC). Secondo gli autori il posizionamento verticale dei germogli non influenza così chiaramente, come ci si potrebbe aspettare, il numero di strati fogliari nel corso della stagione. In questa analisi il *cordone speronato basso* e il *Pendelbogen* vengono classificati come sistemi ad alta densità e perciò sono caratterizzati da una scarsa penetrazione luminosa nella chioma. Opinione confermata, per quanto riguarda il *cordone speronato basso*, da Bernizzoni *et al.* (2009), che descrivono la potatura a sperone come una tecnica per aumentare la densità dei germogli. Al contrario, lo *Scott Henry* e il *cordone speronato verticale* tendono ad avere una bassa densità della chioma, con valori più bassi di LLN, PIL e PIC, e quindi con una migliore penetrazione della luce nella zona dei grappoli. Opinione nuovamente confermata per quanto riguarda lo *Scott Henry* da Trought *et al.* (2017).

Tramite l'analisi del *point quadrat* Bordelon *et al.* (2008) hanno determinato che lo *Scott Henry* ha le percentuali più elevate di vuoti nella chioma (10%), il *midwire cordon* presenta un valore intermedio, per finire con l'*high cordon* che ha le percentuali più basse (2%). Sempre lo *Scott Henry* e il *midwire cordon* sono caratterizzati da numeri simili di strati fogliari e di percentuali di grappoli esposti, mentre l'*high cordon* ha molti più strati fogliari e di conseguenza una percentuale molto inferiore di grappoli esposti. In particolare, *Scott Henry* e *midwire cordon* hanno la metà degli strati fogliari dell'*high cordon* e una percentuale di vuoti che è di 3-5 volte più alta. Infine gli autori affermano che la percentuale di grappoli esposti nelle forme *Scott Henry* e nel *midwire cordon* raggiunge quasi il doppio di quella dell'*high cordon*, confermando come le prime due forme risultano avere chiome più aperte. Questi autori concludono affermando che l'esposizione ai raggi solari non è significativamente differente tra i tre sistemi di allevamento nonostante ci siano alcune differenze tra i dati raccolti nei vari momenti del giorno.

**Tabella 3.2** Analisi del *point quadrat* sulla densità della chioma da tre forme di allevamento, dal 2003 al 2006. Fonte: Bordelon et al. (2008).

	2003	2004	2005	2006	4-yr mean	Interaction
<b>Gaps (%)</b>						
High cordon	0.0 b <sup>2</sup>	3.3	1.7	2.5 b	2.0 c	
Midwire cordon	3.3 b	6.7	5.3	10.9 a	7.0 b	
Scott Henry	14.3 a	11.3	8.0	10.6 a	11.0 a	ns
	*	ns <sup>1</sup>	ns	*	****	
<b>Leaf layers</b>						
High cordon	4.8 a	3.7 a	3.7 a	4.6 a	4.2 a	
Midwire cordon	2.1 b	2.0 b	1.9 b	1.4 b	1.9 b	
Scott Henry	1.8 b	1.8 b	1.9 b	1.4 b	1.7 b	p = 0.0005
	****	***	**	****	****	
<b>Interior leaves (%)</b>						
High cordon	39.7	54.8	66.6 a	56.5 a	54.4 a	
Midwire cordon	27.1	33.6	34.2 b	33.9 b	32.2 b	
Scott Henry	27.4	24.7	33.8 b	29.2 b	28.8 b	ns
	ns	ns	***	****	****	
<b>Exterior clusters (%)</b>						
High cordon	26.7	35.7	8.8 b	0.0 b	17.8 b	
Midwire cordon	59.6	42.6	34.7 a	25.0 a	40.5 a	
Scott Henry	39.0	43.7	35.6 a	35.4 a	38.4 a	ns
	ns	ns	*	****	***	

<sup>2</sup>Means in columns followed by different letters are significantly different at the level indicated (Ryan-Einot-Gabriel-Welch procedure). \*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\*, and ns indicate significance at p < 0.05, < 0.01, < 0.001, < 0.0001, and not significant at 0.05.

In questo studio inoltre è stata effettuata un'analisi più specifica che riguarda le differenze tra il tralcio inferiore e quello superiore dello *Scott Henry*. Per quanto riguarda l'analisi del *point quadrat*, il numero di vuoti maggiore è stato registrato nel tralcio superiore, con differenze significative, di conseguenza è stato rilevato un numero di strati fogliari maggiore nel tralcio inferiore. Infine, la percentuale di grappoli esposti non mostra differenze statisticamente significative tra i due tralci.

**Tabella 3.3** Analisi del *point quadrat* sulla densità della chioma delle chiome superiori ed inferiori del sistema di allevamento Scott Henry, dal 2003 al 2006. Fonte: Bordelon et al. (2008).

	2003	2004	2005	2006	4-yr mean	Interaction
<b>Gaps (%)</b>						
Upper	20.0 a <sup>2</sup>	13.3	10.7	9.2	13.3 a	
Lower	3.3 b	3.3	4.0	14.2	6.2 b	
	**	ns	ns	ns	***	p = 0.0154
<b>Leaf layers</b>						
Upper	1.6 b	1.5 b	1.8	1.4	1.6 b	
Lower	2.1 a	2.8 a	2.2	1.5	2.2 a	
	*	**	ns	ns	****	p = 0.0037
<b>Interior leaves (%)</b>						
Upper	27.4	20.3	27.5	27.1	25.6	
Lower	27.8	40.1	43.0	34.3	36.3	
	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<b>Exterior clusters (%)</b>						
Upper	41.1	46.9	36.7	38.3	40.8	
Lower	36.3	27.5	33.9	28.3	31.5	
	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<b>Shoots/canopy</b>						
Upper	30.9	28.1	37.8	60.7	39.5	
Lower	29.0	29.5	33.5	64.0	39.0	
	ns	ns	ns	ns	ns	ns

<sup>2</sup>Means in columns followed by different letters are significantly different at the level indicated (Ryan-Einot-Gabriel-Welch procedure).

\*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\*, and ns indicate significance at p < 0.05, < 0.01, < 0.001, < 0.0001, and not significant at 0.05.

Analizzando lo *Scott Henry*, Reynolds *et al.* (1994) dall'analisi del *point quadrat*, hanno notato che la densità della chioma, l'LLN, le foglie e i grappoli in ombra sono ridotti. Reynolds *et al.*, (1996), analizzando la densità della chioma, riportano che il *Pendelbogen* ha la caratteristica di ridurre la densità della chioma, infatti il numero delle foglie in ombra per inserzione è più basso, rispetto al *cordone speronato basso* e al *Lenz Moser*, nelle quali invece il numero di foglie in ombra è più elevato, addirittura in eccesso. Da quest'ultima affermazione gli autori dichiarano che le ultime due forme di allevamento citate vengono classificate come sistemi con una densità della chioma eccessiva, nelle quali si calcola una media di 2 strati fogliari in ombra. Il *Lenz Moser* in particolare, sebbene abbia un peso di potatura relativamente basso, è dotato di una chioma e di una zona intorno i grappoli situate molto in ombra: questo è dovuto alla sporgenza dei germogli. Infine, in questo lavoro si afferma che con l'aumentare dello spazio tra le viti aumenta l'esposizione dei grappoli e si riduce il numero di foglie in ombra.

Il *Sylvoz*, comparato con un *cordone speronato*, presenta un numero maggiore di strati fogliari in entrambi gli anni di studio (Wessner e Kurtural, 2013). L'analisi del *point quadrat* effettuata da Ferree *et al.* (2002), per quanto riguarda le percentuali di vuoti, ha evidenziato che in due anni su quattro le percentuali maggiori vengono registrate nel *Casarsa*, mentre negli altri due anni sono riportate dal *Sylvoz*. Il numero di strati fogliari invece in un anno assume valori equivalenti nel *Casarsa* e nel *Sylvoz*, mentre nei restanti tre anni è stato registrato un LLN maggiore nel *Casarsa*, rispetto al *Sylvoz*. Infine le percentuali di foglie interne nei quattro anni sono state registrate in numero maggiore nel *Casarsa*. Secondo gli autori la legatura dei capi a frutto verso il basso tende a ridurre il vigore, per questo nel *Sylvoz* la chioma risulta più aperta, caratterizzata dalla presenza di maggiori vuoti, pochi strati fogliari, e un numero relativamente basso di foglie interne.

Baeza *et al.* (2005) analizzano l'attività fotosintetica di alcune forme di allevamento e giungono alla conclusione che l'*alberello* raggiunge i livelli più alti di attività fotosintetica e questo è dovuto al fatto che è caratterizzato da alti livelli di penetrazione della luce solare nelle foglie, opinione confermata da Fragasso *et al.* (2012). Il *VSP* risulta essere la forma con la maggior superficie, mentre l'*alberello* raggiunge la superficie minore, a ciò si aggiunge che l'*alberello* riceve la maggior illuminazione e tutto questo porta a una maggior disponibilità di acqua rispetto al *VSP*.

Baigorri *et al.* (2001) dal confronto tra un *cordone speronato* e un *Guyot* hanno trovato che quest'ultimo risulta avere un'area fogliare totale per vite maggiore rispetto al *cordone speronato*, sebbene non siano state trovate differenze nell'area fogliare esposta. Da ciò si deduce che le foglie del *Guyot* si trovano più in ombra rispetto a quelle del *cordone speronato*. Il *Guyot singolo* viene descritto come una forma di allevamento con chioma a densità abbastanza bassa, dunque la frazione

di foglie illuminate è alta rispetto ad altre forme (Bernizzoni *et al.*, 2009). Confrontando la densità della chioma di un *Guyot singolo* con uno *bilaterale* si nota che quella di quest'ultimo risulta essere meno densa rispetto al primo (Peterlunger *et al.*, 2022).

Il *GDC* con potature più pesanti mostra chiome con lunghi germogli, foglie larghe e una minor densità dei germogli rispetto a criteri di potatura più leggeri (Bates, 2008). Zoecklein *et al.* (2008) hanno trovato livelli più elevati di illuminazione nella forma *GDC* rispetto a un *VSP*. Intrieri e Poni (1995) descrivono il *GDC* come una forma nella quale l'intercettazione luminosa viene migliorata grazie alla divisione della chioma e alla direzione di crescita pendente dei germogli: in questo modo foglie e grappoli ricevono un'ottima quantità di luce solare.

### **3.4 La crescita vegetativa della pianta in termini di vigore**

Fregoni (2013) riporta che generalmente le forme di allevamento alte ed espanse tendono ad avere una vigoria del ceppo (espressa in termini di peso dei tralci) più elevata rispetto a forme più basse come ad esempio le contropalliere. Un'eccessiva densità della chioma è comunemente nota per produrre mosti non in equilibrio, dando vini poveri in qualità (Jackson e Lombard, 1993). Reynold *et al.* (1996) hanno analizzato gli effetti di tre diverse distanze sulla fila di 1,20, 1,80 e 2,40 m sul vigore delle viti e sono giunti alla conclusione che nelle condizioni in cui sono stati effettuati gli esperimenti, ovvero in presenza di irrigazione e terreni fertili, una maggior vicinanza tra le viti non è sufficiente a ridurre il vigore della pianta. Nello stesso studio il *cordone speronato basso* viene classificato come troppo vigoroso (ha riportato infatti il valore più alto di peso dei tralci di potatura) mentre le forme *Lenz Moser* e *Pendelbogen* sono quelle che più si avvicinano al valore ottimale di vigore della pianta e di peso dei tralci. Per quanto riguarda invece il numero di germogli per vite sono stati trovati valori molto vicini tra loro per queste tre forme di allevamento. Un successivo lavoro, pubblicato nel 2004, ha confermato quanto sopra citato, inoltre questi dati sono stati confermati ulteriormente anche da Peterlunger *et al.* (2002).

Calcolando inoltre il numero di germogli per vite in media nei 4 anni, il numero più alto appartiene al *Pendelbogen*, con 42, a cui seguono *Lenz Moser* e *cordone speronato basso* con numeri rispettivamente di 35 e 34. Reynolds (1988) ha messo a confronto i pesi di potatura dei tralci di un *midwire cordon*, di un *Hudson River Umbrella* e di un *Lenz Moser*, non trovando differenze significative, sebbene pesi maggiori sono stati sempre registrati nel *midwire*. Per quanto riguarda invece il numero di germogli per vite, in due anni su tre il *midwire* riporta i numeri più elevati.

**Tabella 3.4** Influenza dei sistemi di allevamento e di una simulazione di potatura meccanica sulla crescita delle viti di Okanagan Riesling, 1984-1986. *Fonte: Reynolds (1988).*

Factor	Wt of cane prunings(kg)			Shoots per vine		
	1984	1985	1986	1984	1985	1986
<b>Training system</b>						
MBC	0.51	0.49	0.74	79.7	139.4	150.4
HRU	0.35	0.48	0.65	77.5	103.0	117.1
LM	0.39	0.43	0.61	82.6	82.9	121.8
Standard error	0.04				14.9	11.3
Significance <sup>z</sup>	***	ns	ns	ns	**	**
<b>Pruning strategy</b>						
Manual	0.49	0.57	0.89	70.2	66.5	94.3
SMP	0.35	0.37	0.48	89.7	150.4	165.2
Standard error	0.03	0.04	0.16	3.6	12.1	13.8
Significance <sup>z</sup>	***	***	***	**	***	***
Interaction <sup>z</sup>	ns	ns	ns	ns	**	ns

<sup>z</sup> \*\*, \*\*\*, ns: Significant at 1%, 0.1%, or nonsignificant, respectively.

Nello studio di Reynolds *et al.* (1985), si può notare che il *Pendelbogen* presenta pesi dei tralci di potatura maggiori rispetto all'*Hudson River Umbrella* in due anni di studio riportati. Analizzando il numero di germogli su vite, nel 1981 il *Pendelbogen* risulta essere la forma con il numero minore di germogli totali per pianta, nel 1982 il *midwire cordon* si classifica in prima posizione, avendo il numero più alto, seguito da vicino dall'*Umbrella Kniffin*, mentre l'*Hudson River Umbrella* si aggiudica l'ultima posizione, infine nel 1983 il *Pendelbogen* ha il numero maggiore di germogli (Reynolds *et al.*, 1985). Per Wolf *et al.* (2003) il *VSP* è il sistema di allevamento che presenta un maggior peso di potatura, a differenza dello *Scott Henry* che tende ad avere i pesi di potatura più bassi per metro di cordone, confrontato con gli altri sistemi. Secondo Bordelon *et al.* (2008) il sistema di allevamento ha effetti moderati sul vigore della vite: il vigore inferiore viene individuato nell'*high cordon*, mentre lo *Scott Henry* raggiunge il più alto peso di potatura. Sempre come viene riportato dagli autori però, in quest'ultimo caso, bisogna considerare che questa è una forma a chioma divisa, e che occupa il doppio della lunghezza della chioma e ha anche più germogli per vite. Inoltre il vigore dello *Scott Henry* viene equiparato a quello del *midwire cordon*, come riportato dai dati raccolti: 20 g di peso dei tralci per il *midwire cordon*, 18 g per lo *Scott Henry* e circa 15 g per l'*high cordon*. Calcolando il numero di germogli per vite il valore più alto è stato registrato nello *Scott Henry*, a cui segue l'*high cordon* e infine il *midwire cordon*. In questo studio inoltre è stata effettuata un'analisi più specifica che riguarda le differenze tra il tralcio inferiore e quello superiore dello *Scott Henry*. Per quanto riguarda il peso di potatura, il valore maggiore in una media di 5 anni risulta essere registrato dal tralcio superiore, mentre il numero di germogli nella chioma in entrambi i tralci non mostra differenze significative. Vanden Heuvel *et al.* (2004) analizzando più dettagliatamente lo *Scott Henry* hanno notato che il tralcio inferiore è molto più basso in termini di vigore rispetto al tralcio superiore: probabilmente questa situazione è dovuta alla

crescita verso il basso dei germogli del tralcio inferiore e all'ombra creata della parte superiore nei confronti di quella inferiore. Reynolds *et al.* (1994) riportano che lo *Scott Henry* ha la capacità di ridurre il suo vigore in due anni sui quattro nei quali sono stati raccolti i dati; a ciò si aggiunge che il peso dei tralci è sostanzialmente ridotto. Baigorri *et al.* (2001) hanno messo a confronto un *cordone speronato* con un *Guyot*: non sono state rilevate differenze significative nel peso dei tralci di potatura; affermazione confermata anche da un precedente lavoro (Kasimatis *et al.*, 1985). Bernizzoni *et al.* (2009) hanno messo a confronto sistemi di allevamento con potatura lunga e corta, affermando che il *cordone speronato basso* mostra un numero totale di germogli per vite maggiore rispetto agli altri sistemi. Il *cordone speronato basso* (VSP) si aggiudica il primo posto anche per quanto riguarda l'area fogliare totale, mentre il *Guyot singolo* si aggiudica l'ultimo posto. Per quanto riguarda il vigore, la forma maggiormente vigorosa risulta essere il *Guyot singolo*, intesa come area fogliare totale per germoglio.

**Tabella 3.5** Parametri di crescita vegetativa delle viti di Barbera in risposta a quattro sistemi di allevamento e a tre distanze tra i ceppi. I dati derivano dalle medie di cinque stagioni (2003-2007). I dati della distanza tra i ceppi sono riportati per ceppo e per metro di lunghezza del filare. Fonte: Bernizzoni *et al.* (2009).

Training system <sup>a</sup>	Count nodes/vine	Total shoots /vine	Total shoots/count node	Main leaves/vine	Laterals /vine	Leaf area /vine (m <sup>2</sup> )	LA/shoot (cm <sup>2</sup> )
SPC	13.1 b	49.7 a	3.86 a	415 a	61 c	6.48 a	1303 c
HW	13.3 b	45.7 a	3.58 a	316 b	113 ab	4.32 b	945 d
SG	9.9 c	12.8 c	1.32 b	187 d	138 a	2.93 c	2289 a
DG	18.7 a	20.9 b	1.14 b	258 c	82 bc	4.06 b	1942 b
Significance <sup>b</sup>	**	*	**	**	**	**	**
Training system x year <sup>c</sup>	**	**	**	**	ns	**	**

Within-row vine spacing	Count nodes		Total shoots		Total shoots/	Main leaves		Laterals		Leaf area		LA/shoot
	/vine	/m	/vine	/m	count node	/vine	/m	/vine	/m	/vine (m <sup>2</sup> )	/m (m <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )
0.9 m	10.8	12.0	29.1	32.3	2.78	260	289	90	100	3.89	4.32	1337
1.2 m	13.1	10.9	33.3	27.7	2.58	311	259	107	89	4.68	3.89	1404
1.5 m	15.3	10.2	39.2	26.2	2.59	348	232	102	68	5.22	3.48	1328
Significance <sup>d</sup>	**L	*L	**L	*L	*Q	*L	*L	ns	**L	*L	*L	ns
Within-row spacing x year <sup>e</sup>	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Training system x within-row spacing <sup>f</sup>	**	**	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

<sup>a</sup>SPC: vertically shoot-positioned spur-pruned low cordon; HW: single high-wire cordon; SG: single Guyot; DG: double Guyot.

<sup>b</sup>Means separated within columns and training systems by Student-Newman-Keuls test. \*, \*\*, and ns indicate significant at  $p \leq 0.05$ , 0.01, and not significant, respectively.

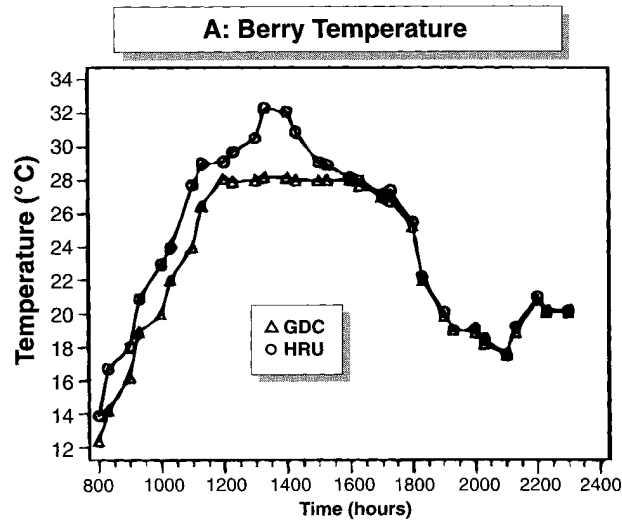
<sup>c</sup>L: linear or quadratic, respectively.

Nello studio di Zoecklein *et al.* (2008) è stato calcolato il peso dei tralci di potatura che risulta essere in eccesso per quanto riguarda il *VSP*, mentre il *GDC* raggiunge valori molto inferiori. Gli stessi autori dichiarano anche che le forme con la chioma divisa hanno una maggior percentuale di area fogliare esposta alla luce solare rispetto alle forme con chioma singola. Reynolds *et al.* (1995) riportano che per quanto riguarda il peso dei tralci di potatura, la forma che più si avvicina al valore ottimale è il *GDC*, che in 3 anni su 5 di studio riporta i pesi più bassi per quanto riguarda i tralci di potatura. In un lavoro successivo sempre capitanato da Reynolds (2004), vengono confrontate

forme di allevamento diverse sulle quali vengono allevati due ibridi franco-americani: il Seyval e il Chancellor. Il *GDC* ha un numero di germogli per vite relativamente più alto, rispetto al *midwire cordon* e all'*Hudson River Umbrella*, che presentano una media di numero dei germogli molto simile nel corso di quattro anni in entrambi i vitigni. Con il Seyval il peso dei tralci di potatura tende ad essere più alto nell'*Hudson River Umbrella* mentre il *GDC* registra il peso più basso dei tralci. Con il Chancellor si osserva un vigore maggiore con le forme *GDC* e *Hudson River Umbrella*, calcolato in termini di peso dei tralci di potatura. Reynolds *et al.* (1995) hanno messo a confronto varie forme di allevamento calcolando il numero di germogli per vite: in una media calcolata su 5 anni di studio si nota che il *GDC* presenta il numero più elevato, con 69 germogli/vite, seguito dal *midwire cordon* e dall'*Hudson River Umbrella* con un valore equivalente di 35. Morris e Main (2010) indagano sull'effetto del posizionamento dei germogli verso il terreno, nelle forme *GDC* e *cortina semplice* giungendo alla conclusione che questa pratica ha l'effetto di ridurre il vigore della pianta.

### **3.5 Il microclima della chioma: la temperatura delle foglie e dei grappoli**

Secondo Fregoni (2013) la temperatura a cui si portano le foglie e i grappoli è un fattore di variabilità tra le forme di allevamento. Infatti nelle forme a spalliera la temperatura registrata risulta essere più elevata rispetto a quella di forme con tronco più alto come ad esempio il *Bellusi*, dove appunto la temperatura è inferiore, dovuto al fatto che queste forme sono più vigorose, andando in tal modo a creare zone d'ombra per i grappoli e le foglie più interne. L'esposizione alla luce del sole può aumentare la temperatura della superficie degli acini dell'uva da 5 a 15°C al di sopra alla temperatura dell'aria dell'ambiente (Smart e Sinclair, 1976), alterando potenzialmente le componenti di base della fisiologia degli acini (Downey *et al.*, 2006). Reynolds *et al.* (1995) mettendo a confronto la temperatura degli acini tra il *GDC* e l'*Hudson River Umbrella* hanno osservato come nelle ore più calde, più precisamente tra le ore 1200 e le ore 1600 la temperatura maggiore è stata registrata dall'*Hudson River Umbrella*, nel quale è stato registrato un picco di 32°C, a differenza del *GDC* dove nella stessa ora sono stati registrati circa 28°C; la temperatura delle foglie segue lo stesso andamento.



**Figura 3.2** Misurazioni micrometeorologiche dei sistemi GDC e HRU delle viti di Chancellor, 19 Settembre 1981. A: Temperatura delle bacche, dalle ore 0900 alle ore 2100, 19 09 91. Fonte: Reynolds *et al.* (1995).

Nello studio di Reynolds *et al.* (1996) dai dati raccolti sul *cordone speronato basso* si nota che questo non presenta una temperatura troppo elevata dei grappoli e delle foglie: per quanto riguarda la temperatura dei grappoli, infatti, il valore massimo registrato è di 29°C nelle ore più calde del giorno, ovvero tra le ore 1400 e le ore 1600. L'*alberello*, grazie alla sua distribuzione della chioma che risulta essere molto esposta ai raggi solari, ha un'alta temperatura della chioma, con zone d'ombra molto ridotte (Fragasso *et al.*, 2012). Van Zyl e Van Huyssteen (1980) riportano che nella chioma dell'*alberello* risulta esserci una circolazione dell'aria maggiore rispetto ad altre forme di allevamento. Inoltre l'*alberello* risulta avere una temperatura dei grappoli e delle foglie maggiori rispetto ad altre forme, sia perché questi sono maggiormente esposti alla luce solare, con appunto meno zone d'ombra nella chioma, sia perché questa forma riceve un calore maggiore riflesso dal terreno rispetto alle altre forme con tronco più alto. Altra tematica fondamentale da tener presente è l'umidità della chioma che tende a crescere all'aumentare della densità della chioma, col rischio del manifestarsi di malattie di origine fungina e muffe.

### 3.6 L'incidenza delle malattie e la sopravvivenza ai danni da gelo

La chioma è una parte fondamentale della pianta e analizzare la sua struttura può portare a conoscenze determinanti per la produttività e la crescita stessa della pianta e grazie a queste informazioni è possibile intervenire per limitare la gravità o addirittura il manifestarsi di alcune malattie. Un eccesso di crescita vegetativa può aumentare l'umidità della zona dei grappoli, col rischio del manifestarsi di malattie causate da funghi patogeni (Gregan *et al.*, 2012). Reynolds *et al.* (1985) giungono alla conclusione che l'incidenza di infezioni da marciume dei grappoli non è significativamente influenzata dalla forma di allevamento negli anni in cui sono stati svolti gli



esperimenti, ovvero 1982 e 1983. Analizzando la suscettibilità alle infezioni da *Botrytis cinerea*, Reynolds (1988) dichiara che la forma che presenta le percentuali più elevate della malattia è l'*Hudson River Umbrella*, se confrontata con un *midwire cordon* e un *Lenz Moser*.

Van Zyl e Van Huyssteen (1980) riportano che l'*alberello* risulta essere una forma più incline a essere colpita da *Botrytis*, con dati statisticamente significativi (46,2% di marciume), rispetto alle forme con tronco più alto, dove le percentuali di marciume non superano il 30%. Secondo Ferree *et al.* (2002) l'incidenza di danni da *Botrytis* non è influenzata dalla forma di allevamento, sebbene nell'esperimento da loro condotto, in un anno il *Sylvoz* presenta livelli inferiori di marciume rispetto al *Casarsa*, grazie alla sua chioma più aperta. Reynolds e Vanden Heuvel (2009) riportano invece che in uno studio effettuato in Bulgaria (Draganov e Draganov, 1976) è stata la forma *Guyot* a essere colpita maggiormente dalla *Botrytis cinerea* a causa della scarsa circolazione dell'aria nella chioma. Hall *et al.* (2018) si sono focalizzati sul manifestarsi in tre stagioni del marciume acido in due forme di allevamento: un *VSP* e un *high cordon*. Nel 2014 nell'*high cordon* la gravità dell'incidenza del marciume acido è aumentata dal 21 al 35%, mentre nel *VSP* dal 13 al 18%: dai dati raccolti si può notare che la gravità della malattia è significativamente più alta nella prima forma rispetto alla seconda. Nel 2015 si manifesta la medesima situazione, con una gravità del marciume acido significativamente maggiore nell'*high cordon* rispetto al *VSP*. Infine nel 2016 dalla valutazione fatta 10 giorni prima della vendemmia non si notato differenze significative, ma alla vendemmia la gravità della malattia è circa il 50% più elevata nell'*high cordon* rispetto al *VSP*. Gli autori affermano quindi che gli effetti dei sistemi di allevamento sono significativamente più rilevanti nelle annate 2014 e 2015. La conclusione a cui giungono questi autori è che ci sono realmente degli effetti da parte dei sistemi di allevamento sull'incidenza e la gravità del marciume acido: infatti questa è significativamente più alta nell'*high cordon* rispetto al *VSP*. Questa situazione è dovuta al fatto che la struttura della chioma ricadente dell'*high cordon*, simile a quella dei sistemi denominati *Umbrella*, crea un ambiente più favorevole allo sviluppo del marciume acido, dove la circolazione dell'aria all'interno della zona dei grappoli viene ridotta.

Austin *et al.* (2011) hanno svolto uno studio sul manifestarsi dell'oidio in varie forme di allevamento localizzate in vigneti situati in America e in Australia. In un vigneto localizzato nello Stato di Washington allevato a *midwire cordon* gli autori, dai dati raccolti, concludono che la gravità della malattia aumenta linearmente in risposta al diminuire del livello di esposizione solare. Un vigneto di *Umbrella Kniffin* situato invece nello Stato di New York mostra una relazione fortemente lineare tra la gravità della malattia sui grappoli e il loro grado di esposizione alla luce solare. Infine è interessante notare che in un vigneto con un sistema di allevamento a chioma divisa situato nell'Australia del sud, gli autori sono giunti alla conclusione che il sistema di allevamento

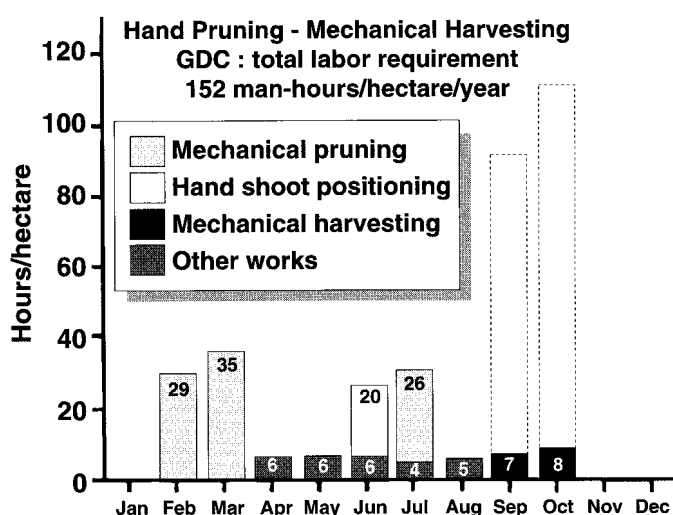
non ha mostrato effetti significativi sulla gravità della malattia. Quest'ultima situazione ha comunque una spiegazione: nel sud dell'Australia l'intensità di radiazioni UV ha livelli particolarmente elevati e c'è una relazione significativa tra la luce solare e la gravità della malattia che si manifesta nei grappoli, ma queste relazioni non sono così lineari come avviene invece nei vigneti nell'emisfero settentrionale.

Austin e Wilcox (2011) hanno analizzato il manifestarsi dell'oidio in due forme di allevamento, ovvero un *VSP* e l'*Umbrella Kniffin*, nel corso di due anni di studio. Nel 2008, che rappresenta la prima annata, si nota una differenza significativa riguardo alla gravità della malattia, che si manifesta maggiormente nell'*Umbrella Kniffin*, rispetto che nel *VSP*, infatti in quest'ultima forma la gravità della malattia è di un quarto inferiore rispetto alla prima forma. Gli autori spiegano che questa situazione è dovuta al fatto che una chioma più aperta, quindi meno densa, come in questo caso nel *VSP*, risulta essere più raggiungibile da parte dei raggi solari, e questo riduce lo sviluppo del fungo responsabile dell'oidio, l'*Erysiphe necator*. Questo fungo, infatti, cresce bene a temperature uguali o superiori a 28°C, ma smette di crescere quando la temperatura raggiunge i 32°C mentre una temperatura di 35°C risulta essere mortale, a seconda della durata dell'esposizione (Delp, 1954). Infine Reynolds e Vanden Heuvel (2009) riportano che le infezioni da oidio sono più elevate nelle forme *VSP* rispetto a quelle non-*VSP*, probabilmente perché i sistemi *VSP* hanno un livello significativamente più basso di illuminazione rispetto a quelli che non prevedono il posizionamento dei germogli. Molti studi hanno quindi dimostrato che l'esposizione solare ha un impatto sullo sviluppo dell'oidio nella vite. Per quanto riguarda la sopravvivenza agli inverni rigidi, Reynolds (1988) afferma che il *midwire cordon* è la forma che riporta i minori danni da freddo al tronco e al cordone; aggiungendo che il tipo di potatura non ha effetti sui danni causati dai rigidi inverni. Reynold *et al.* (1996) affermano che le forme di allevamento che riportano danni maggiori legati agli inverni rigidi del 1988-1989 e del 1992-1993 sono il *Lenz Moser* e il *Pendelbogen*, i quali riportano perdite ai tronchi e ai cordoni, mentre il *cordone speronato basso* presenta meno danni; concludendo che il *cordone speronato basso* risulta essere la forma migliore per la sopravvivenza a un inverno particolarmente rigido. Howell *et al.* (1991) affermano che tra le forme di allevamento trattate, l'*Hudson River Umbrella*, accoppiato al criterio di potatura più severo, risulta essere quella con la minore mortalità delle gemme (2.0 %) e non mostra danni da gelate primaverili. Gli stessi autori dichiarano che le viti con un criterio di potatura più severo mostrano meno mortalità delle gemme. Vanden Heuvel *et al.* (2004) affermano che tra le sei forme di allevamento analizzate il *cordone speronato verticale* risulta essere quella che ha una maggior sopravvivenza delle gemme al periodo invernale nel corso dei due anni di studio.

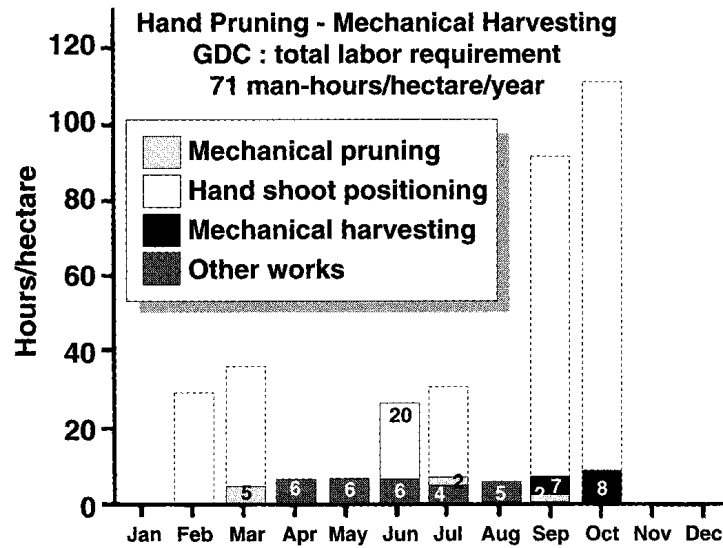
### 3.7 Il tempo di lavoro e il grado di meccanizzazione

Quando si analizza una forma di allevamento è importante riportare il tempo di lavoro che questa richiede, per permettere in questo modo di fare un confronto con altre forme di allevamento. Inoltre non bisogna dimenticare l'influenza che il grado di meccanizzazione ha sulla scelta della forma di allevamento da adoperare, tematica sempre più ponderante attualmente. Reynolds *et al.* (1996) sono giunti alla conclusione che le forme di allevamento con la chioma divisa richiedono tempi maggiori di potatura e di posizionamento dei germogli, ai quali si aggiungono maggiori esigenze lavorative, rispetto alle chiome non suddivise. Inoltre affermano che con l'aumentare della distanza tra le viti aumentano linearmente i tempi per la potatura e per il posizionamento dei germogli. Entrando più nel dettaglio, tra il *Lenz Moser*, il *cordone speronato basso* e il *Pendelbogen*, le forme di allevamento che richiedono tempi più lunghi per la potatura sono proprio le ultime due citate.

Reynolds *et al.* (1995) hanno calcolato il tempo di potatura per vite: per la forma *GDC* risulta essere di 3,53 minuti, a cui segue il *midwire cordon* con 3,40 minuti, mentre il minor tempo è stato registrato dall'*Hudson River Umbrella* con 2,56 minuti. Ferree *et al.* (2002) calcolando il tempo di potatura per un *Casarsa* e un *Sylvoz* riportano che il primo richiede un tempo maggiore rispetto al secondo; infatti, i tempi di potatura per vite sono rispettivamente di 2,11 e 1,78 minuti. Intriери e Poni (1995) hanno calcolato le esigenze lavorative del *GDC* in due differenti casi: nel primo caso, effettuando una potatura manuale e una vendemmia meccanica sono state calcolate circa 150 ore lavorative annuali per ettaro, mentre con potatura e vendemmia entrambe meccaniche si ottiene un totale di circa 71 ore lavorative annuali per ettaro.

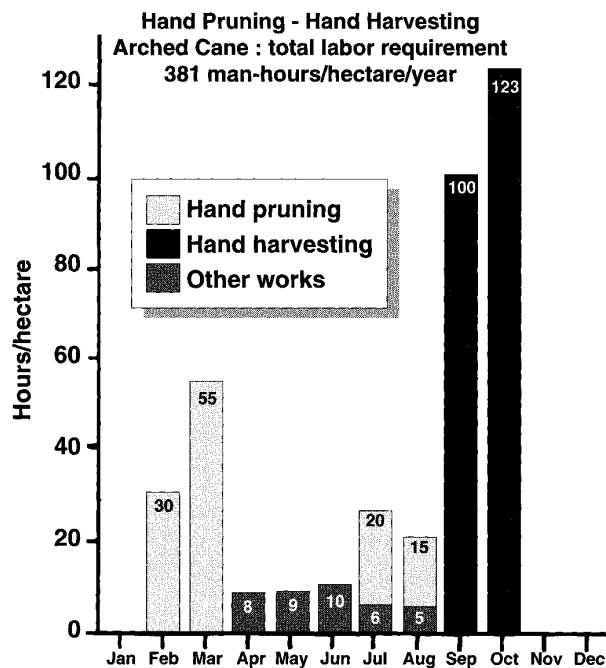


**Figura 3.3** Lavoro annuale richiesto in un vigneto di GDC con potatura manuale e vendemmia meccanica. *Fonte: Intriери e Poni (1995).*



**Figura 3.4** Lavoro annuale richiesto in un vigneto di GDC con potatura e vendemmia meccaniche. *Fonte: Intrieri e Poni (1995).*

Gli autori hanno confrontato questi dati con un sistema a contropalliera tipico delle regioni del Po', come ad esempio il *capovolto*: sono state calcolate circa 381 ore lavorative annuali per ettaro effettuando potatura e vendemmia manuali.



**Figura 3.5** Lavoro annuale richiesto in un vigneto di capovolto lavorato manualmente. *Fonte: Intrieri e Poni (1995).*

Secondo Fregoni (2013) con il *GDC* la potatura meccanica può essere eseguita in 15-20 ore/ettaro, contro le 100-120 h/ha nel caso della potatura manuale (che comprende quella invernale di 50-60 ore ad ettaro e quella estiva di 26-35 ore/ettaro), mentre la vendemmia meccanica richiede circa 20 h/ha, da confrontare con le 200-220 h/ha per quanto riguarda la raccolta manuale.

Le forme espanse, come in questo caso il *Bellussi*, richiedono invece circa 200-220 ore per ettaro di potatura invernale manuale, che è di fatto l'unico modo in cui può essere svolta. Per quanto riguarda le forme a spalliera si calcolano 70-80 h/ha nel caso di una potatura verde manuale. Nel caso di forme di allevamento che richiedono la legatura dei tralci dopo la potatura invernale, bisogna considerare che ad oggi non sono stati raggiunti risultati eccezionali; pertanto questa pratica di norma richiede ancora la presenza di un operatore fisico (Fregoni, 2013). In genere tutte le forme a parete sono caratterizzate da un ottimo grado di meccanizzazione, che si estende sia alla vendemmia, tramite macchine a scuotimento orizzontale, che alla potatura, da distinguersi poi a seconda dei casi, tra potatura invernale e verde. Le caratteristiche strutturali della *cortina semplice* permettono di eseguire una vendemmia meccanizzata, a cui si aggiunge una potatura meccanizzata, sia invernale che estiva. Le forme denominate *Umbrella*, progettate recentemente in America per risolvere i problemi di reperimento e costo della manodopera, risultano essere interessanti nei territori che cominciano a sperimentare l'utilizzo di queste nuove forme, proprio grazie al loro elevato grado di meccanizzazione. L'*alberello* non appare idoneo all'impiego di macchine vendemmiatrici, per questo in alcuni casi si opta per alcune sue varianti che invece possiedono questa possibilità. Il *cordone speronato verticale* infatti consente l'esecuzione meccanica della vendemmia tramite vendemmiatrici a scuotimento orizzontale e della potatura verde. Il *GDC* è stato messo a punto proprio affinché consentisse la vendemmia meccanizzata, resa possibile però con l'utilizzo di macchine con lo scuotimento verticale. In questa forma di allevamento è poi possibile eseguire la potatura sia invernale che estiva tramite macchine idonee. Il *Bellussi*, così come le forme a tendone o le pergole, sono caratterizzate da un grado di meccanizzazione molto basso, dove quindi i costi di vendemmia e potatura coincidono quasi esclusivamente con i costi della manodopera, essendo queste operazioni eseguite manualmente.

**Tabella 3.6** Impiego di manodopera in due aziende del Friuli su due forme di allevamento (Sylvoz e Casarsa) con potatura e vendemmia manuali. *Fonte: Fregoni (2013).*

**IMPIEGO DI MANODOPERA IN AZIENDE DEL FRIULI CON OPERAZIONI DI POTATURA E VENDEMMIA CONDOTTE MANUALMENTE SU DUE DIVERSE FORME DI ALLEVAMENTO (da Progetto Naturai)**

Operazioni	Az. Orlandi, allevamento a Sylvoz		Az. Giacomelli, allevamento a Casarsa	
	Lavoro necessario (ore/ha)	Incidenza (%)	Lavoro necessario (ore/ha)	Incidenza (%)
Lavorazione del terreno	11,5	3,7	13,7	4,0
Potatura invernale	113,5	37,2	88,9	25,8
Potatura estiva	17,3	5,7	49,2	14,3
Trattamenti antiparassitari	7,8	2,6	10,8	3,1
Vendemmia	155,2	50,9	180,0	52,3
Altre operazioni	0,0	0,0	1,7	0,5
<b>Totale</b>	<b>305,3</b>	<b>100,0</b>	<b>344,3</b>	<b>100,0</b>

## 4 LE CARATTERISTICHE DELL'UVA

### 4.1 La produttività, la fertilità e l'indice di Ravaz

Uno dei termini di paragone maggiormente utilizzato quando ci si appresta a mettere a confronto più forme di allevamento è la resa, resa che può essere intesa come resa/ettaro oppure resa/pianta e che a seconda delle situazioni può dare dati interessanti, accompagnato dall'indice di Ravaz, calcolato dal rapporto tra la resa e il peso del legno di potatura. Nello studio di Peterlunger *et al.* (2002) gli autori hanno potuto notare che il sistema di allevamento modifica fortemente la resa per pianta e per ettaro del Pinot nero. Infatti, in questo lavoro la maggior produzione per pianta è stata ottenuta con il *cordone speronato*, seguito da vicino dal *Guyot doppio* a cui segue poi il *cordone speronato verticale*; mentre la resa più bassa è stata ottenuta con il *Guyot singolo*. Al contrario, se si osserva la resa per ettaro in prima posizione si trova il *cordone speronato verticale* mentre all'ultimo posto c'è ancora il *Guyot singolo*. Gli autori spiegano che la bassa resa del *Guyot singolo* è da imputare probabilmente all'eccessiva densità tra le viti adoperata per questa forma di allevamento. Calcolando l'indice di Ravaz, questo risulta più basso nelle forme *Guyot singolo* e *cordone speronato*, con un valore di 4,7, e questo dato indica che queste sono forme ad alto vigore rispetto al *cordone speronato verticale* che mostra un indice di 5,1, e al *Guyot bilaterale*, quest'ultimo infatti con un indice di Ravaz di 6,0 dimostra di essere più equilibrato. Probabilmente la bassa densità delle piante del *Guyot doppio* rispetto a quello singolo ha aiutato a ottenere un miglior equilibrio tra vegetazione e produzione.

**Tabella 4.1** Influenza dei sistemi di allevamento su resa, composizione degli acini, legno di potatura e indice di Ravaz nel Pinot nero ( dati medi dal 1992 al 1995). *Fonte: Peterlunger et al. (2002).*

Training system	Yield (kg/vine)	Yield (t/ha)	Cluster weight (g)	Soluble solids (% w/w)	pH	Titrateable acidity (g/L)	Pruning wood (kg/vine)	Ravaz index <sup>a</sup>
Simple Guyot	0.9 c <sup>b</sup>	7.5 b	78 b	17.9	3.52 a	6.4 b	0.17 a	4.7 a
Double Guyot	2.3 a	9.1 a	93 a	17.5	3.42 b	6.4 b	0.36 b	6.0 b
Horizontal spurred cordon	2.6 a	8.6 ab	90 a	18.0	3.42 b	7.0 a	0.49 c	4.7 a
Vertical spurred cordon	1.9 b	9.7 a	94 a	17.6	3.38 b	6.8 a	0.34 b	5.1 ab

<sup>a</sup>kg<sub>grape</sub>/kg<sub>pruning wood</sub> on a per plant basis [20].

<sup>b</sup>Means followed by a different letter are significantly different. Tukey's multiple range test (n=24);  $p \leq 0.05$ .

Kasimatis *et al.* (1985) nel loro studio riguardante il Cabernet Sauvignon sono giunti alla conclusione che lasciando un numero appropriato di speroni in un *cordone speronato* questo porta a una produzione uguale rispetto a quella che si ottiene con un *Guyot*. Simili rese sono raggiungibili, affermano gli autori, anche se viene lasciato un numero inferiore di nodi nella potatura del *cordone*

*speronato* perché la resa per nodo è superiore nel *cordone speronato* rispetto che al *Guyot*. Opinione confermata anche da Baigorri *et al.* (2001) che hanno trovato rese più alte con il Tempranillo nel *cordone speronato* rispetto che nel *Guyot*, e ciò è dovuto al numero maggiore di grappoli per vite.

**Tabella 4.2** Area fogliare e dati di sistemi di allevamento con e senza cordone di viti di Tempranillo (Olite, Navarra. Spagna, 1997). Fonte: Baigorri *et al.* (2001).

Training system	Total leaf area (m <sup>2</sup> × vine <sup>-1</sup> )	Exposed leaf area (m <sup>2</sup> × vine <sup>-1</sup> )	Yield (t × ha <sup>-1</sup> )	Clusters per vine	Cluster wt (g)	Berry wt (g)	Wt of cane prunings (Kg × vine <sup>-1</sup> )
Cordon	4.01	3.21	26.64	19.8	454.8	2.84	0.73
Head	6.06	3.65	19.54	14.1	467.4	2.82	0.74
Significance <sup>a</sup>	*	ns	*	*	ns	ns	ns

<sup>a</sup>\* and ns: significant at 0.05 probability levels or not significant, respectively.

Al contrario, Bernizzoni *et al.* (2009) con il Barbera hanno prodotto risultati diversi rispetto ai lavori citati precedentemente, ottenuti da una prova della durata di cinque anni. Infatti gli autori dichiarano che non ci sono differenze statisticamente significative per quanto riguarda la resa per vite, che va dai 5 kg nel *Guyot singolo* ai 5,76 kg nel *cordone speronato*. Analizzando inoltre la fertilità media dei germogli, intesa come rapporto tra il numero di grappoli/germoglio questa è risultata essere notevolmente più alta nei sistemi *Guyot singolo* e *doppio*.

**Tabella 4.3** Componenti della resa e rapporto foglia-frutto (foglia:frutto) delle viti di Barbera in risposta a quattro sistemi di allevamento e tre distanze all'interno della fila. I dati derivano dalle medie di cinque stagioni (2003-2007). I dati della distanza tra i ceppi sono riportati per ceppo e per metro di lunghezza del filare. Fonte: Bernizzoni *et al.* (2009).

Training system <sup>a</sup>	Yield/vine (kg)	Bud fertility (clusters/shoot) <sup>c</sup>	Clusters /vine	Cluster wt (g)	Berry wt (g)	Leaf:fruit (m <sup>2</sup> /kg) <sup>d</sup>	Yield/ha (t)
SPC	5.76	0.83 c	38.7 a	149 bc	2.24 ab	1.37 a	19.2
HW	5.19	0.80 c	38.4 a	135 c	2.14 b	1.21 a	17.3
SG	4.99	1.51 a	20.2 c	247 a	2.26 a	0.90 b	16.6
DG	5.73	1.39 b	31.3 b	183 b	2.17 ab	1.18 a	19.1
Significance <sup>b</sup>	ns	**	**	**	*	**	ns
Training system x year <sup>b</sup>	*	*	**	**	ns	ns	*

Within-row vine spacing	Yield		Bud fertility (clusters/shoot) <sup>c</sup>	Clusters		Cluster wt (g)	Berry wt (g)	Leaf:fruit (m <sup>2</sup> /kg) <sup>d</sup>	Yield/ha (t)
	/vine (kg)	/m (kg)		/vine	/m				
0.9 m	4.58	5.10	1.08	26.9	29.7	170	2.24	1.12	20.4
1.2 m	5.49	4.55	1.08	32.5	27.1	169	2.21	1.27	18.2
1.5 m	6.04	4.03	1.12	37.2	24.8	162	2.18	1.14	16.1
Significance <sup>e</sup>	*Q	*L	ns	*L	*L	ns	ns	ns	*L
Within-row spacing x year <sup>b</sup>	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Training system x within-row spacing <sup>b</sup>	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

<sup>a</sup>SPC: vertically shoot-positioned spur-pruned low cordon; HW: single high-wire cordon; SG: single Guyot; DG: double Guyot.

<sup>b</sup>Means separated within columns and training systems by Student-Newman-Keuls test. \*, \*\*, and ns indicate significant at  $p \leq 0.05$ , 0.01, and not significant, respectively.

<sup>c</sup>L: linear or quadratic, respectively.

<sup>d</sup>Calculated from individual vine data.

Wessner e Kurtural (2013), con la varietà Syrah, mettono a confronto un *cordone speronato* con un *Sylvoz* e riportano che in due anni di studio l'indice di Ravaz è più alto nel *Sylvoz* (9,33 e 6,2), rispetto al *cordone speronato* (5,35 e 3,3), dati in accordo con la resa. Infatti in entrambi gli anni è stato calcolato che il *Sylvoz* ha una resa del 26% più alta rispetto al *cordone speronato*, dato confermato inoltre dal numero medio di grappoli raccolti, che in entrambi gli anni risulta essere maggiore nel *Sylvoz* rispetto che nel *cordone speronato*. Nello studio di Ferree *et al.* (2002), adoperando il vitigno Seyval Blanc, il *Casarsa* ha ottenuto una resa per vite calcolata in una media di quattro anni di quasi 1 kg più elevata rispetto al *Sylvoz*. Dallo studio di Reynolds *et al.* (1996) risulta che in termini di resa per il Riesling non ci sono differenze statisticamente significative tra un *cordone speronato basso*, un *Pendelbogen* e un *Lenz Moser* e tutti e tre i sistemi, secondo gli autori, hanno dato rese scarse o mediocri. Calcolando inoltre per queste forme di allevamento l'indice di Ravaz, si nota che su 5 anni di studio, nei primi 3 anni il *Pendelbogen* colleziona i valori più elevati, mentre nei restanti 2 anni i valori più elevati appartengono al *Lenz Moser*. In numero maggiore di grappoli per vite nella media dei cinque anni è stato raggiunto dal *cordone speronato basso* con 69 grappoli per vite, segue da vicino il *Pendelbogen* con 65 e in ultimo posto c'è il *Lenz Moser* con 61. Gli autori hanno inoltre riportato il numero di acini per grappolo: il *Lenz Moser* ha registrato una media di 91 acini per grappolo, segue il *Pendebogen* con 86 e infine si trova il *cordone speronato basso* con 83. In uno studio successivo sempre sul Riesling (Reynolds *et al.*, 2004) gli autori giungono a conclusioni leggermente differenti: le forme con cordone permanente, ovvero *Lenz Moser* e *cordone speronato basso*, hanno dato rese simili leggermente inferiori rispetto al *Pendelbogen*. Gli autori sostengono quindi che il *cordone speronato basso* è uguale, se non migliore, rispetto a un sistema a potatura lunga per quanto riguarda la resa che nei quattro anni di studio risulta abbastanza costante. Confrontando i sistemi per quanto riguarda il numero di grappoli per vite su una media di quattro anni, si nota che il *Pendelbogen* produce un numero maggiore di grappoli per pianta, ovvero 100, rispetto ai 76 degli altri due sistemi. Questa situazione è dovuta al fatto che nei sistemi a cordone ci sono pochi germogli per vite e non a una riduzione della fertilità, come dimostrato dal numero di grappoli per germoglio che risulta essere quasi uguale (2,2 nei sistemi a cordone permanente e 2,3 nel *Pendelbogen*). Per quanto riguarda il numero di acini per grappolo, in tutti e quattro gli anni è stato il *Lenz Moser* ad aver registrato il numero più elevato, con una media di 94, a cui seguono il *cordone speronato basso* e il *Pendelbogen*, con numeri rispettivamente di 85 e 84. In questo studio viene inoltre calcolato l'indice di Ravaz: il *Pendelbogen* e il *Lenz Moser* hanno ottenuto un valore simile, mentre il *cordone speronato basso* ha ottenuto il valore più basso, e secondo gli autori il *Pendelbogen* è risultato essere troppo produttivo.



Vanden Heuvel *et al.* (2004) affermano che anche nel loro caso il sistema di allevamento ha una forte influenza sulla resa; infatti nei due vitigni analizzati, lo Chardonnay e il Cabernet Franc, la maggior resa in una media di tre anni è sempre stata ottenuta dal *Pendelbogen*, assieme a un maggior numero di acini per grappoli, seguono poi i sistemi con potatura corta, in questo caso *cordone speronato basso* e *cordone speronato verticale*. Gli autori spiegano che i sistemi con potatura corta sono caratterizzati da una resa inferiore perché hanno sì un numero maggiore di grappoli per metro però questi hanno un peso minore rispetto ai sistemi a potatura lunga che perciò danno una resa più elevata. Questa affermazione è dimostrata dal numero di grappoli per metro che appunto risulta maggiore per entrambi i vitigni nel *cordone speronato basso* e nel *cordone speronato verticale*. Lo *Scott Henry* invece ha registrato per entrambi i vitigni il numero minore di grappoli per metro. Infine, è stato analizzato il rapporto peso dell'uva/peso dei tralci di potatura: i valori più elevati in entrambi i vitigni sono stati ottenuti dal *Pendelbogen* e dallo *Scott Henry*, con valori di circa 11 o vicino a 10, mentre il *cordone speronato basso* ha dato valori vicino a 10 o a 8. Considerando che i valori ottimali per questo indice sono tra 5 e 10 (Smart e Robinson, 1991) il *cordone speronato basso* ha mostrato i valori che rientrano in questo range.

Nello studio sul Pinot nero di Reynolds *et al.* (1994) lo *Scott Henry* confrontato con un *cordone speronato* ha dato il maggior indice di Ravaz in una media di quattro anni di studio, con un valore medio di quasi 14 e ha anche raggiunto una resa leggermente più elevata. Lo *Scott Henry* si è trovato in prima posizione anche per quanto riguarda il numero di grappoli per vite mentre il numero di acini per grappolo risulta essere leggermente più basso. Al contrario nel lavoro sul Shiraz di Wolf *et al.* (2003) è stato un *VSP* ad aver ottenuto una resa maggiore in una media di quattro anni rispetto a uno *Scott Henry*. In questo studio è interessante notare che è stata eseguita una scissione dei dati per quanto riguarda i tralci superiori e inferiori dello *Scott Henry*, permettendo così di confrontarli separatamente, in modo disgiunto, con il *VSP*. Per quanto riguarda il rapporto acini/grappolo i valori maggiori sono stati ottenuti dal *VSP*, con 81 come valore medio rispetto ai 59 e 64 che appartengono rispettivamente al tralcio inferiore e superiore; invece il numero maggiore di grappoli per germoglio è stato registrato dal tralcio superiore dello *Scott Henry*, che risulta anche più produttivo rispetto al suo compagno inferiore.

Bordelon *et al.* (2008) invece hanno confrontato lo *Scott Henry* con un *high cordon* e con un *midwire cordon* utilizzando la varietà Traminette: la resa/vite inferiore è stata registrata con quest'ultima forma, mentre le restanti due hanno dato rese comparabili tra di loro. Il rapporto resa/peso di potatura calcolato in una media di cinque anni raggiunge il valore inferiore anche in questo caso nel *midwire cordon*, infatti questo rapporto risulta essere inferiore del 23 e 26% rispetto a quelli dell'*high cordon* e dello *Scott Henry*. Gli autori spiegano che questa situazione è dovuta al

fatto che il *midwire cordon* ha raggiunto un peso relativamente alto dei tralci di potatura e basse rese.

Reynolds (1988), utilizzando l'Okanagan Riesling, ha preso in esame il *midwire cordon* e l'*Hudson River Umbrella* (o *high cordon*) confrontandoli con un *Lenz Moser*, giungendo a conclusioni differenti rispetto all'articolo sopra citato. Dal punto di vista della resa su ettaro in 2 anni sui 3 della durata dell'esperimento, le quantità maggiori sono state registrate dal *Lenz Moser*, mentre nel restante anno dal *midwire cordon*. Calcolando invece il numero di acini per grappolo, i valori maggiori li ha ottenuti il *Lenz Moser* negli stessi due anni in cui ha dato le rese maggiori, mentre nel restante anno il numero maggiore è stato ottenuto dall'*Hudson River Umbrella*.

**Tabella 4.4** Influenza dei sistemi di allevamento e di una simulazione di potatura meccanica sui componenti della resa delle viti di Okanagan Riesling, 1984-1986. Fonte: Reynolds (1988)

Factor	Yield (mT/ha)			Wt/cluster(g)			Berries/cluster			Wt/berry(g)		
	1984	1985	1986	1984	1985	1986	1984	1985	1986	1984	1985	1986
<b>Training system</b>												
MBC	15.6	14.0	14.9	73.6	80.9	95.8	48.9	52.3	44.0	1.50	1.54	2.20
HRU	16.0	9.3	13.8	70.9	82.7	106.5	48.1	53.6	47.3	1.48	1.54	2.30
LM	18.4	9.3	15.3	73.8	78.5	109.9	51.4	51.5	50.9	1.44	1.52	2.24
Standard error	1.2	1.1				2.7				1.6		
Significance <sup>z</sup>	*	***	ns	ns	ns	***	ns	ns	**	ns	ns	ns
<b>Pruning strategy</b>												
Manual	14.9	9.1	13.6	76.2	89.3	116.6	50.1	55.4	49.9	1.53	1.61	2.35
SMP	18.4	12.9	15.8	69.3	72.1	94.9	48.8	49.6	44.7	1.42	1.46	2.16
Standard error	0.9	0.9	1.7	2.4	3.4	3.3		2.2	1.9	0.03	0.02	0.07
Significance <sup>z</sup>	***	***	*	**	***	***	ns	**	**	***	***	***
Interaction <sup>z</sup>	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns

<sup>z</sup> \*, \*\*, \*\*\*, ns: Significant at the 5%, 1%, or 0.1% levels, or nonsignificant, respectively.

Reynolds *et al.* (1985), con il vitigno Seyval Blanc, riportano che nel primo anno di lavoro il *Pendelbogen* ha dato la resa/ceppo e il numero di grappoli per pianta inferiori rispetto ad altre forme analizzate, che sono ad esempio l'*Umbrella Kniffin*, l'*Hudson River Umbrella* e il *midwire cordon*. Nei restanti due anni di studio invece non sono state rilevate differenze significative per i parametri appena citati, sebbene il *midwire cordon* e l'*Umbrella Kniffin* abbiano ottenuto la resa per vite e il numero di grappoli per ceppo più elevati. Per quanto riguarda il numero di acini per grappolo, gli autori sono giunti alla conclusione che le forme di allevamento non hanno influenzato questo dato nel primo anno di studio, mentre nel secondo il valore maggiore è stato riportato dal *midwire*.

Dal confronto eseguito da Howell *et al.* (1991) con la varietà Vignoles, risulta che l'*Hudson River Umbrella* in una media di sette anni ha ottenuto la resa/ettaro maggiore rispetto all'*Umbrella Kniffin* ed è anche caratterizzato da una maggior fecondità e da un numero maggiore di grappoli, mentre il numero di acini per grappolo non è significativamente differente. Baeza *et al.* (2005), utilizzando il vitigno Tempranillo, hanno confrontando l'*alberello* con altre forme di allevamento e hanno trovato che questa forma, come è logico aspettarsi, ha dato le rese più basse, ma che sono risultate anche essere le più costanti. La forma che invece ha dato la resa maggiore tra un *VSP* e una *cortina*

*semplice* nei tre anni di studio è stato il *VSP*, dovuto al fatto che questa forma è caratterizzata dal numero maggiore di germogli per vite. Calcolando poi l'indice di Ravaz nelle forme di allevamento analizzate viene riportato che nei primi due anni di studio l'indice più alto è stato calcolato nel *cordone libero*, mentre nell'ultimo anno il valore più alto appartiene al *VSP*, valore che risulta anche essere significativamente diverso rispetto all'altra forma. Dai dati raccolti si può anche notare che l'indice di Ravaz del *cordone libero* si riduce di più del 50% dal primo al secondo anno. Anche Fragasso *et al.* (2012) con la varietà Primitivo concludono che l'*alberello* ottiene le rese per pianta più basse (2,1 kg) se paragonato a un *Guyot bilaterale* (4 kg) o a un *Bellussi* (13,1 kg), e proprio quest'ultimo come si vede ha riportato un dato significativamente diverso. Il *Bellussi* inoltre in una media di due anni è caratterizzato da 55 grappoli per vite, ovvero il numero più alto, rispetto a 19 e 12 che sono il numero dei grappoli conteggiati rispettivamente nel *Guyot bilaterale* e nell'*alberello*. L'*alberello* risulta avere la fertilità effettiva, ovvero il numero di grappoli per gemma, inferiore rispetto a quella del *Guyot* e del *Bellussi* i cui dati non sono tra loro statisticamente diversi. La medesima situazione si presenta per quanto riguarda la fertilità potenziale, calcolata come numero di grappoli per germoglio.

**Tabella 4.5** Componenti della resa delle viti di Primitivo (Fragagnano, Italia, 2007-2008) in risposta alle forme di allevamento piccolo alberello, Guyot bilaterale e quattro raggi. *Fonte: Fragasso et al. (2012).*

Parameter	Little tree <sup>a</sup>			Bilateral Guyot <sup>a</sup>			Four rays <sup>a</sup>		
	2007	2008	2-yr mean	2007	2008	2-yr mean	2007	2008	2-yr mean
Buds (n)	18 a	18 a	18 a	10 a	22 a	20 a	42 b	54 b	48 b
Shoots (n)	11 a	12 a	11 a	11 a	15 a	13 a	20 b	42 b	35 b
Clusters (n)	12 a	12 a	12 a	18 a	21 a	19 a	43 b	07 b	55 b
Berry wt (g)	2.14 b	2.00 a	2.10 a	2.50 a	2.10 a	2.30 a	2.47 a	2.10 a	2.30 a
Cluster wt (g)	132 a	221 a	170 a	173 a	231 a	202 a	105 a	208 a	231 a
Avg yield/vine (kg)	1.0 a	2.5 a	2.1 a	3.10 a	4.0 a	4.0 a	8.5 b	17.8 b	13.1 b
Yield/ha (kg)	12,142 a	10,478 b	15,810 a	14,108 a	22,551 ab	18,375 a	13,524 a	28,414 a	20,000 a
Effective fertility <sup>b</sup>	0.7 a	0.7 a	0.7 a	0.9 a	1.0 ab	1.0 b	1.0 b	1.2 b	1.1 b
Potential fertility <sup>c</sup>	1.1 a	1.0 a	1.1 a	1.5 b	1.4 b	1.5 b	1.5 b	1.0 b	1.0 b
Budding (%)	02.3 a	08.3 a	05.3 a	00.2 a	08.7 a	04.4 a	00.0 a	70.0 a	71.8 a

<sup>a</sup>Data are means of three replicates. Means within a row followed by a different letter are significantly different at  $p \leq 0.05$ .

<sup>b</sup>Effective fertility is the number of clusters per bud.

<sup>c</sup>Potential fertility is the number of clusters per shoot.

Zoecklein *et al.* (2008) hanno messo a confronto per quattro anni un sistema *VSP* con un *GDC*, dal quale risulta che la resa per vite risulta maggiore nel secondo sistema. Il *GDC* ha mostrato anche un incremento nella fecondità calcolata dal rapporto grappoli/germoglio e un numero maggiore di grappoli per vite. Gli autori hanno in seguito calcolato l'indice di Ravaz che raggiunge valori da 4 a 13 nel *VSP* e valori vicino a 20 nel *GDC*. Bravdo *et al.* (1985) suggeriscono che i valori accettabili per l'indice di Ravaz si aggirano tra 5 e 10, ma questo range può variare molto a seconda dell'ambiente, del vitigno e del sistema di allevamento e dunque, nelle condizioni dell'articolo appena citato sono accettati anche valori leggermente superiori al range che va da 4 a 12. Nello studio sul Chancellor di Reynolds *et al.* (1995) il *GDC* ha ottenuto in cinque anni la resa/ettaro più

alta assieme al numero più alto di grappoli per pianta, che risulta essere 82, mentre il numero di grappoli per ceppo delle forme *Hudson River Umbrella* e *midwire cordon* sono comparabili tra di loro, essendo rispettivamente 47 e 43. Dal calcolo dell'indice di Ravaz delle varie forme di allevamento gli autori dichiarano che nelle condizioni in cui si è svolta la sperimentazione la forma *GDC* è risultata essere significativamente troppo produttiva; infatti il valore è di circa 17, a cui segue con 12 l'*Hudson River Umbrella* e 10 il *midwire cordon*. L'*Hudson River Umbrella* ha ottenuto il numero maggiore di acini per grappolo, che è stato calcolato di 127, mentre il valore più basso tra queste forme è stato ottenuto dal *GDC* con 115 acini per grappolo in media. Nello studio del 2004 sempre capitanato da Reynolds, il *GDC* si conferma essere la forma con la resa più elevata e anche con il maggior numero di grappoli per pianta, dovuto al numero maggiore di germogli. Questo lavoro conferma anche l'indice di Ravaz più elevato per il *GDC*, mentre le restanti due forme hanno valori assimilabili tra di loro. Viene inoltre confermato il primato del numero di acini per grappolo per quanto riguarda l'*Hudson River Umbrella*. Il *GDC* messo a confronto da Cawthon e Morris (1977) con una *cortina semplice*, utilizzando il vitigno Concord, riporta in due anni di studio le rese più elevate dovute al numero maggiore di acini per grappolo conteggiato in questa forma, conclusione a cui sono giunti anche Morris e Main con la varietà Norton nello studio pubblicato nel 2010. In questo studio gli autori aggiungono inoltre che sempre il *GDC* registra il numero maggiore di grappoli per vite rispetto alla *cortina semplice*.

#### **4.2 Il peso degli acini**

Il calcolo della resa è fortemente influenzato dalla grandezza e dal peso del grappolo nella sua interezza, ma ciò che è determinante è anche il peso degli acini. Wessner e Kurtural (2013) hanno calcolato che il peso delle bacche di Syrah in due anni di studio risulta essere del 15% più alto nel *cordone speronato* rispetto al *Sylvoz*. Bernizzoni *et al.* (2009) non hanno trovato differenze significative nel peso degli acini del Barbera per quanto riguarda le forme *Guyot singolo* e *doppio*, *cordone speronato* e *cortina semplice*, nonostante quest'ultima abbia registrato il peso più basso. Nel lavoro di Reynolds *et al.* (1996) al primo posto per il peso degli acini di Riesling, calcolato in una media di cinque anni, si trova il *cordone speronato basso*, a cui segue il *Lenz Moser*, mentre l'ultimo posto appartiene al *Pendelbogen*, dati confermati dallo studio successivo di Reynolds *et al.* (2004). Vanden Heuvel *et al.* (2004) hanno calcolato il peso degli acini in forme di allevamento a potatura corta e lunga e sono giunti alla conclusione che in una media di tre anni i pesi maggiori sono stati ottenuti, sebbene con differenze minime, dal *cordone speronato basso* e dallo *Scott Henry* per un vitigno, mentre in un altro vitigno dal *Pendelbogen*. Dallo studio sul Pinot nero di Reynolds *et al.* (1994) risulta che lo *Scott Henry* è caratterizzato da un peso degli acini inferiore rispetto a un

*cordone speronato*. Wolf *et al.* (2003) riportano che il peso maggiore degli acini di Shiraz alla data di vendemmia è stato registrato con il *VSP* se si confronta questo dato con i tralci superiori e inferiori separati dello *Scott Henry*, sebbene le differenze non siano altamente significative. Anche dallo studio gli autori sono giunti alla conclusione che i sistemi di allevamento trattati, ovvero *Scott Henry*, *high cordon* e *midwire cordon*, non hanno influenzato significativamente le dimensioni degli acini della varietà Traminette, opinione a cui sono giunti anche Trought *et al.* (2017), dove in due anni di studio il peso maggiore degli acini di Sauvignon Blanc è stato raggiunto dallo *Scott Henry* rispetto a un *VSP*, ma le differenze tra i pesi delle due annate sono minime. Nonostante ciò, è interessante notare che nello studio di Bordelon *et al.* (2008), focalizzandosi sulla forma *Scott Henry*, risulta esserci una differenza leggermente significativa nel peso degli acini tra il tracio superiore e quello inferiore.

**Tabella 4.6** Parametri di resa e composizione delle bacche derivanti dalle chiome superiori e inferiori del sistema di allevamento Scott Henry, dal 2002 al 2006. *Fonte: Bordelon et al. (2008).*

	2002	2003	2004	2005	2006	5-yr mean	Interaction
<b>Pruning weight (kg/vine)</b>							
Upper	0.57 a <sup>1</sup>	0.91 a	0.56 a	0.79 a	0.78 a	0.75 a	
Lower	0.22 b	0.48 b	0.22 b	0.50 b	0.32 b	0.37 b	ns
	** <sub>2</sub>	****	****	**	****	****	
<b>Yield (kg/vine)</b>							
Upper	4.48	4.61	2.75	3.75	5.91	4.31 a	
Lower	3.49	3.79	1.95	2.95	3.42	3.12 b	ns
	ns	ns	ns	ns	ns	**	
<b>Cluster weight (g)</b>							
Upper	172.5 a	83.9	127.8 a	70.0	121.0 a	115.0 a	
Lower	146.7 b	86.2	92.2 b	59.9	89.4 b	94.9 b	ns
	ns	ns	*	ns	**	***	
<b>Berry weight (g)</b>							
Upper	1.50	1.62	1.83	2.08	1.78	1.76 a	
Lower	1.42	1.63	1.74	1.90	1.53	1.64 b	ns
	ns	ns	ns	ns	ns	**	
<b>% Soluble solids</b>							
Upper	21.90	21.9	25.2	21.7	21.3	22.4	
Lower	21.50	20.9	24.9	22.2	22.1	22.3	p = 0.0173
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
<b>pH</b>							
Upper	3.11	3.18 a	3.08	3.19	3.16	3.14	
Lower	3.14	3.11 b	3.10	3.16	3.15	3.13	ns
	ns	*	ns	ns	ns	ns	
<b>Titrateable acidity (g/L)</b>							
Upper	7.1	6.9	7.3	7.1	6.8	7.1	
Lower	7.8	7.2	7.1	6.7	6.7	7.1	ns
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
<b>FVT (mg/L)</b>							
Upper	0.49	0.67 a	1.17	0.81	–	0.79 a	
Lower	0.70	0.41 b	1.04	0.51	–	0.66 b	p = 0.0160
	ns	**	ns	ns	–	*	
<b>PVT (mg/L)</b>							
Upper	5.56 b	6.34 a	5.91 a	5.30	–	5.78	
Lower	7.82 a	5.10 b	5.51 b	4.72	–	5.77	p < 0.0001
	*	**	*	ns	–	ns	
<b>Total monoterpenes (mg/L)</b>							
Upper	6.05 b	7.02 a	7.08 a	6.11	–	6.57	
Lower	8.52 a	5.50 b	6.54 b	5.23	–	6.45	p < 0.0001
	*	***	*	ns	–	ns	

<sup>1</sup>Means in columns followed by different letters are significantly different at the level indicated (Ryan-Einot-Gabriel-Weich procedure). \*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\*, and ns indicate significance at p < 0.05, < 0.01, < 0.001, < 0.0001, and not significant at 0.05.

Nello studio meno recente di Reynolds (1988) invece in 2 anni sui 3 di studio i pesi maggiori degli acini di Okanagan Riesling sono stati ottenuti dal *midwire cordon* e dall'*Hudson River Umbrella*, mentre solo quest'ultima forma ha dato il peso più elevato nel restante anno di studio. Reynolds *et al.* (1985) riportano che in un anno l'*Hudson River Umbrella* ha ottenuto il peso maggiore per quanto riguarda il peso degli acini di Seyval Blanc, sebbene la differenza con il *Pendelbogen* non sia così fortemente significativa, mentre nell'anno successivo è proprio il *Pendelbogen* a registrare i pesi più alti e il *midwire cordon* quelli più bassi. Howell *et al.* (1991) non riportano differenze nel peso degli acini del vitigno Vignoles per quanto riguarda le forme *Hudson River Umbrella* e *Umbrella Kniffin*. Il peso degli acini del Primitivo calcolato da Fragasso *et al.* (2012) non risulta essere significativamente diverso tra un *Bellussi*, un *Guyot bilaterale* e un *alberello*, sebbene quest'ultimo abbia riportato un valore inferiore. Nello studio di Zoecklein *et al.* (2008), utilizzando il vitigno Viognier, il *VSP* in due anni sui quattro di studio mostra pesi più elevati degli acini rispetto al *GDC*, mentre nei restanti due anni i pesi non mostrano differenze significative tra i due sistemi di allevamento. Reynolds *et al.* (1995) non hanno trovato forti differenze tra il peso degli acini della varietà Chancellor con le forme *GDC*, *Hudson River Umbrella* e *midwire cordon*, sebbene il peso inferiore sia stato registrato proprio da quest'ultima forma; dati confermati anche dallo studio successivo di Reynolds *et al.* (2004). Infine Cawthon e Morris (1977) dichiarano che in due anni di studio non ci sono differenze significative per quanto riguarda il peso degli acini di Concord tra le forme *GDC* e *cortina semplice*.

### **4.3 Il peso dei grappoli**

Calcolato il peso medio degli acini, risulta interessante conoscere il peso complessivo del grappolo, aspetto che può essere influenzato dalla forma di allevamento ma che subisce un'influenza maggiore da parte del vitigno. Peterlunger *et al.* (2002) hanno calcolato il peso dei grappoli di Pinot nero trovando che il peso maggiore è stato ottenuto con il *cordone speronato verticale*, seguito da vicino dal *Guyot doppio*, mentre il peso più basso è stato ottenuto con il *Guyot singolo*, con una differenza statisticamente significativa. Opinione confermata da Kasimatis *et al.* (1985), dove la media dei pesi dei grappoli di Cabernet Sauvignon è significativamente più elevata nel *cordone speronato* rispetto a un *Guyot*. Al contrario, Bernizzoni *et al.* (2009) hanno calcolato il peso dei grappoli di Barbera in quattro sistemi di allevamento e sono giunti alla conclusione che il *Guyot singolo* e *doppio* hanno raggiunto pesi notevolmente più alti rispetto alla *cortina semplice* e al *cordone speronato*.

Wessner e Kurtural (2013) confrontando il peso dei grappoli del vitigno Syrah da due forme di allevamento in due anni di studio hanno trovato che nel 2010 la media del peso dei grappoli è

maggiore nel *cordone speronato* rispetto che nel *Sylvoz* con una differenza statisticamente significativa, mentre nel 2011 avviene la medesima situazione ma con una differenza molto meno significativa. Ferree *et al.* (2002) non hanno trovato differenze nel peso dei grappoli di Seyval Blanc per quanto riguarda il *Sylvoz* e il *Casarsa*. Nel lavoro sul Riesling di Reynolds *et al.* (1996) risulta invece che, in una media di cinque anni, il *Lenz Moser* ha registrato il peso dei grappoli più alto, a cui segue il *cordone speronato basso*, mentre in ultima posizione si trova il *Pendelbogen*. Queste conclusioni vengono confermate successivamente da Reynolds *et al.* (2004), dove infatti il *Lenz Moser* in 3 anni sui 4 di studio ha registrato il peso più alto dei grappoli.

Vanden Heuvel *et al.* (2004) hanno calcolato invece che il *Pendelbogen* ha registrato in una media di tre anni il peso più alto dei grappoli rispetto ai sistemi a potatura corta. Secondo Reynolds *et al.* (1994) il peso maggiore dei grappoli per la varietà Pinot nero è stato ottenuto con la forma *cordone speronato* rispetto allo *Scott Henry*. Confrontando separatamente i tralci superiori e inferiori dello *Scott Henry* con un *VSP*, il peso maggiore dei grappoli è stato ottenuto con quest'ultima forma di allevamento, con differenze nell'ordine dei 30 grammi, come riportato da Wolf *et al.* (2003) per il vitigno Shiraz. Bordelon *et al.* (2008) invece giungono alla conclusione che le dimensioni dei grappoli di Traminette non sono state influenzate dalle forme analizzate, ovvero *high cordon*, *Scott Henry* e *midwire cordon*, sebbene proprio quest'ultima forma abbia fatto registrare il peso inferiore calcolato in una media di cinque anni rispetto agli altri due sistemi.

**Tabella 4.7** Componenti della resa del Traminette da tre sistemi di allevamento, dal 2002 al 2006. *Fonte: Bordelon et al. (2008).*

	2002	2003	2004	2005	2006	5-yr mean	Interaction
<b>Cane pruning weight (kg/vine)</b>							
High cordon	0.65	0.85 b <sup>†</sup>	0.50 b	1.20	0.81 b	0.83 b	
Midwire cordon	1.12	1.25 a	0.85 a	1.18	0.98 ab	1.06 a	
Scott Henry	0.80	1.37 a	0.70 a	1.30	1.10 a	1.11 a	<i>p</i> = 0.0235
	ns <sup>‡</sup>	****	***	ns	*	****	
<b>Yield (kg/vine)</b>							
High cordon	8.69	8.99	3.52	5.33 ab	4.90	6.29 ab	
Midwire cordon	6.83	6.96	3.54	4.40 b	7.36	5.82 b	
Scott Henry	7.96	8.40	4.69	6.75 a	9.33	7.43 a	ns
	ns	ns	ns	*	ns	**	
<b>Crop load (yield/pruning weight)</b>							
High cordon	13.9 a	11.5 a	8.6	4.7 b	6.5 b	8.1 a	
Midwire cordon	5.9 b	6.0 b	5.3	3.9 b	8.5 ab	6.0 b	
Scott Henry	9.8 ab	7.0 b	8.2	5.7 a	9.9 a	7.8 a	<i>p</i> < 0.0001
	*	****	ns	**	*	****	
<b>Shoots/vine</b>							
High cordon	34.9 ab	57.2 a	52.7 b	57.3 b	71.2 c	54.6 b	
Midwire cordon	33.6 b	45.5 b	41.1 c	51.2 c	86.3 b	51.5 c	
Scott Henry	37.3 a	58.2 a	57.6 a	71.3 a	124.7 a	69.8 a	<i>p</i> < 0.0001
	*	****	****	****	****	****	
<b>Cluster weight (g)</b>							
High cordon	114.9 b	84.7	131.5 a	89.2	91.6	102.4	
Midwire cordon	122.5 b	77.9	105.8 b	64.3	105.8	95.3	
Scott Henry	159.6 a	85.7	112.8 ab	65.9	109.3	106.7	<i>p</i> < 0.0001
	**	ns	*	ns	ns	ns	
<b>Berry weight (g)</b>							
High cordon	1.46	1.69	1.94	2.06	1.68	1.77	
Midwire cordon	1.50	1.79	1.83	2.07	1.68	1.77	
Scott Henry	1.47	1.62	1.79	2.00	1.69	1.72	ns
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

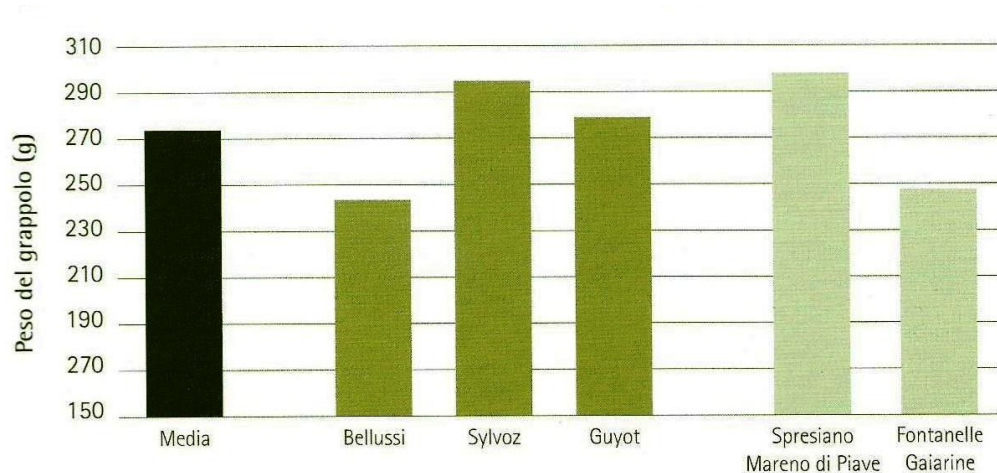
<sup>†</sup>Means in columns followed by different letters are significantly different at the level indicated (Ryan-Einot-Gabriel-Weich procedure).

<sup>‡</sup>\*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\*, and ns indicate significance at *p* < 0.05, < 0.01, < 0.001, < 0.0001, and not significant at 0.05.

Al contrario, nello studio di Trought *et al.* (2017), con il vitigno Sauvignon Blanc, è stato proprio un *VSP* ad aver ottenuto i pesi più alti dei grappoli in due annate rispetto alla forma *Scott Henry*. Reynolds (1988) ha calcolato pesi maggiori dei grappoli di Okanagan Riesling nel Lenz Moser in 2 anni su 3, mentre nel terzo anno il peso maggiore è stato ottenuto dall'*Hudson River Umbrella*. Reynolds *et al.* (1985) non hanno trovato differenze significative nel peso dei grappoli della varietà Seyval Blanc nel loro studio, nonostante ciò, però il *midwire cordon* e l'*Hudson River Umbrella* hanno riportato i valori più alti. Howell *et al.* (1991) calcolando il peso dei grappoli di Vignoles nelle forme *Umbrella Kniffin* e *Hudson River Umbrella* sono giunti alla conclusione che non ci sono differenze significative tra i valori riportati.

Fragasso *et al.* (2012) hanno calcolato il peso dei grappoli del Primitivo in tre forme di allevamento molto differenti tra loro e il *Bellussi* ha ottenuto il valore più elevato a cui segue quello del *Guyot bilaterale* e in ultima posizione quello dell'*alberello*. Al contrario, in uno studio effettuato nel Veneto con il vitigno Raboso, il *Bellussi* è risultata essere la forma con il peso minore dei grappoli, il *Sylvoz* invece ha il peso maggiore e il *Guyot* ha un peso intermedio tra i due.





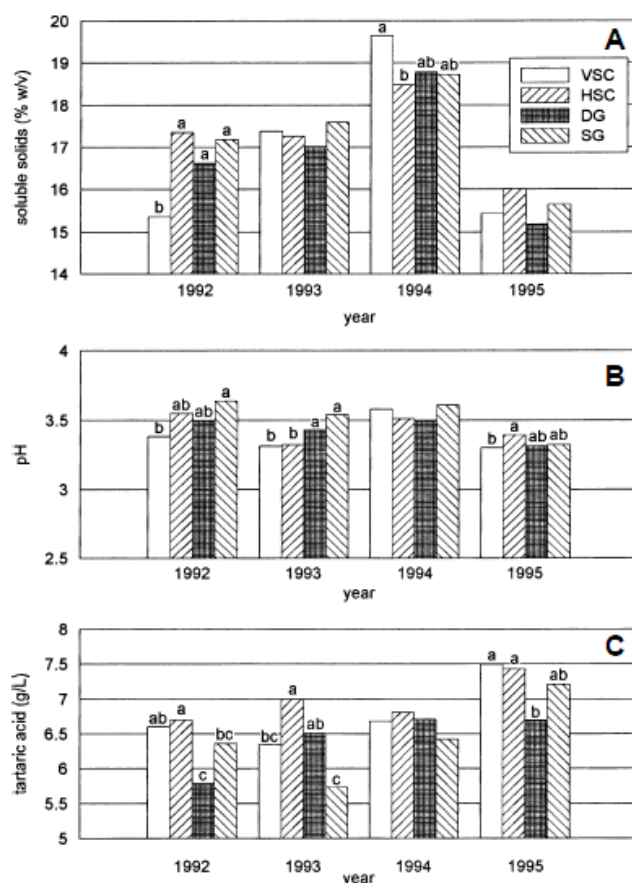
**Figura 4** Effetto della forma di allevamento e del sito, sulle dimensioni del grappolo. *Fonte: Tomasi et al. (2017).*

Zoecklein *et al.* (2008) riportano dati interessanti per quanto riguarda il peso dei grappoli di Viognier calcolati nelle forme *VSP* e *GDC*: nel primo anno sui quattro totali dello studio il peso maggiore è stato registrato dal *VSP* mentre nei restanti tre dal *GDC*. Nello studio sul Chancellor di Reynolds *et al.* (1995) il *GDC* e il *midwire cordon* hanno pesi dei grappoli assimilabili, mentre l'*Hudson River Umbrella* si aggiudica il peso medio più alto, con 207 grammi circa, conclusioni confermate anche nello studio successivo di Reynolds *et al.* (2004). Secondo Morris e Main (2010) non ci sono differenze significative nel peso dei grappoli della varietà Concord tra le forme *GDC* e *cortina semplice*.

## 5 GLI IMPATTI IN CAMPO ENOLOGICO : CONFRONTI E DIFFERENZE

### 5.1 La concentrazione degli zuccheri

La concentrazione zuccherina dell'uva è un parametro di importanza rilevante non solo per un viticoltore, ma anche per un enologo, che diventa un indice della maturità dell'uva, determinante perchè è influenzato significativamente dall'andamento dell'annata viticola e che riveste un ruolo importante nelle successive operazioni di cantina. Intrieri e Poni (1995) hanno trovato che l'accumulazione degli zuccheri tende a manifestarsi in modo precoce nella *cortina singola* rispetto al *cordone speronato*. Dai dati raccolti da Peterlunger *et al.* (2002) nel loro studio sul Pinot nero, il *cordone speronato* e il *Guyot singolo* sono le forme che hanno raggiunto la concentrazione zuccherina più elevata, con una percentuale di solidi solubili rispettivamente di 18 e 17,9 % w/w, seguono poi il *Guyot bilaterale* con 17,5% e il *cordone speronato verticale* con 17,6%.



**Figura 5.1** Interazione dei sistemi di allevamento e degli anni sui solidi solubili (A), pH (B) e l'acidità titolabile (C) del Pinot nero. VSC = cordone speronato verticale, HSC = cordone speronato orizzontale, DG = Guyot doppio, SG = Guyot singolo. Le lettere sopra alle barre indicano le differenze significative tra i sistemi di allevamento all'interno degli anni ( $p \leq 0.05$ ). Fonte: Peterlunger *et al.* (2002).

Wessner e Kurtural (2013), con il vitigno Syrah, hanno trovato che in due anni il *Sylvoz* ha raggiunto i 24°Brix dai cinque ai sette giorni più tardi rispetto al *cordone speronato*. Ferree *et al.* (2002) hanno messo a confronto per cinque anni la varietà Seyval Blanc allevata con un *Sylvoz* e con un *Casarsa* e si può notare che in quattro anni il *Sylvoz* ha ottenuto la concentrazione più elevata di solidi solubili, che si mantiene tra 18% e 20%. Nello studio di Reynolds *et al.* (1996), da una media di 5 anni di studio sul vitigno Riesling, il *cordone speronato basso* ha prodotto la maggior concentrazione zuccherina, rispetto a un *Pendelbogen* e a un *Lenz Moser*, infatti i valori sono rispettivamente di 19,5, 19 e 18,6°Brix, opinioni confermate anche in un lavoro successivo (Reynolds *et al.*, 2004). Gli autori sono giunti alla conclusione che la distanza tra i ceppi non ha un effetto significativo sulla concentrazione zuccherina, mentre quelli dello studio successivo non concordano su ciò, affermando invece che aumentando la distanza tra le vite la concentrazione zuccherina diminuisce. Secondo Vanden Heuvel *et al.* (2004) il modo di allevare la vite influenza la composizione delle bacche; infatti dai dati riportati nel loro lavoro il *cordone speronato verticale* ha raggiunto gradi Brix considerevolmente più alti con entrambi i vitigni analizzati, ovvero Chardonnay e Cabernet Franc, rispetto a forme come lo *Scott Henry* e il *Pendelbogen*. Il *cordone speronato basso* invece ha ottenuto valori molto vicini al *cordone speronato verticale*.

Le forme *cordone speronato*, *Guyot singolo* e *bilaterale* e *cordone libero*, secondo Bernizzoni *et al.* (2009) non influenzano la concentrazione di solidi solubili del Barbera alla vendemmia, sebbene il valore più elevato, di 21,6°Brix, sia stato registrato con il *Guyot singolo*, mentre il suo compagno *bilaterale* tende ad avere una maturazione più ritardata rispetto alle altre forme, con quindi un contenuto zuccherino inferiore. La forma *Guyot* ha anche ottenuto la maggior concentrazione zuccherina delle bacche in uno studio effettuato nel Veneto sul Raboso se confrontata con quella di un *Sylvoz* e di un *Bellussi* e proprio quest'ultima forma ha ottenuto il valore inferiore. Reynolds *et al.* (1994) riportano che il *cordone speronato* raggiunge gradi Brix più elevati rispetto allo *Scott Henry* per la varietà Pinot nero. Bordelon *et al.* (2008) dichiarano che nel loro studio ci sono delle piccole differenze nella composizione delle bacche di Traminette tra i sistemi da loro analizzati: l'*high cordon* infatti ha ottenuto in media una concentrazione di solidi solubili leggermente più bassa (22,2°Brix) rispetto al *midwire cordon* e allo *Scott Henry* (22,5 e 22,4°Brix). Questo studio ha inoltre messo a confronto il tralcio superiore e quello inferiore dello *Scott Henry*, per rilevare eventuali differenze: ebbene per quanto riguarda la gradazione zuccherina, non risultano esserci differenze significative tra le uve raccolte dai due tralci.

Secondo Reynolds *et al.* (1985) il modo di allevare la vite ha una forte influenza nella composizione degli acini dell'uva di Seyval Blanc in tutti gli anni nei quali si è svolta la loro sperimentazione. Le forme che infatti hanno raggiunto le gradazioni zuccherine maggiori sono il *Pendelbogen* e

l'*Hudson River Umbrella*, la quale raggiunge anche i 21,3°Brix rispetto invece ai 18°Brix del *midwire cordon*. L'*Hudson River Umbrella* in uno studio ulteriore sulla varietà Okanagan Riesling (Reynolds, 1988) raggiunge in 2 anni su 3 la concentrazione di solidi solubili più alta, arrivando ai 23,4°Brix, rispetto al *midwire cordon* e al *Lenz Moser*.

**Tabella 5.1** Influenza dei sistemi di allevamento e di una simulazione di potatura meccanica sulla composizione degli acini delle viti di Okanagan Riesling, 1984-1986. *Fonte: Reynolds (1988).*

Factor	°Brix			Titratable acidity(g/100g) <sup>y</sup>			pH			% Botrytis <sup>x</sup>
	1984	1985	1986	1984	1985	1986	1984	1985	1986	1985
<b>Training System</b>										
MBC	20.7	22.0	22.5	1.38	1.18	1.09	3.42	3.30	3.34	4.1
HRU	20.2	23.2	23.4	1.28	1.24	1.04	3.40	3.29	3.34	5.2
LM	19.1	22.8	22.9	1.31	1.23	1.04	3.38	3.26	3.31	4.4
Standard error	0.3	0.2		0.03	0.02		0.02	0.01		
Significance <sup>z</sup>	***	***	ns	**	*	ns	*	**	ns	ns
<b>Pruning strategy</b>										
Manual	20.5	23.1	23.4	1.36	1.25	1.07	3.41	3.28	3.36	5.9
SMP	19.3	22.2	22.5	1.29	1.18	1.05	3.39	3.28	3.30	3.2
Standard error	0.2	0.2	0.5	0.02	0.02				0.03	1.2
Significance <sup>z</sup>	***	***	**	**	***	ns	ns	ns	**	*
Interaction <sup>z</sup>	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*

<sup>z</sup> \*, \*\*, \*\*\*, ns: Significant at the 5%, 1%, or 0.1% levels, or nonsignificant, respectively.

<sup>y</sup> Tartaric acid equivalents.

<sup>x</sup> Cluster was considered "infected" if ca 25% of any surface of the cluster was infected by bunch rot.

Nello studio sul Vignoles di Howell *et al.* (1991) è possibile osservare le differenze tra le due forme denominate *Umbrella*, ovvero *Hudson River Umbrella* e *Umbrella Kniffin* dove proprio quest'ultima ha prodotto la maggior gradazione zuccherina, sebbene la differenza non sia così significativa. L'*Hudson River Umbrella* produce nuovamente la concentrazione più alta di solidi solubili in tutti e cinque gli anni di studio, con una media di 21,6°Brix, se confrontata con un *midwire cordon* e un *GDC*, e proprio quest'ultima forma in tre anni registra invece i gradi Brix più bassi, la cui media nei cinque anni è di 20,9°Brix (Reynolds *et al.*, 1995). Queste conclusioni vengono confermate anche nello studio successivo di Reynolds *et al.* (2004). Confrontando il Concord allevato con un *GDC* e con una *cortina semplice*, si nota che nel *GDC* registra una percentuale di solidi solubili più elevata, di 16% rispetto al 15,6% della *cortina semplice* (Cawthon e Morris, 1977). Inoltre gli autori hanno notato che la percentuale di solidi solubili alla vendemmia diminuisce con la riduzione della gravità della potatura. Zoecklein *et al.* (2008) hanno messo a confronto una forma *VSP* con un *GDC* per quattro anni con il vitigno Viognier e riportano che in due anni la concentrazione zuccherina tra le due forme assume valori molto simili, mentre nei restanti due anni il *VSP* assume valori leggermente più bassi rispetto al *GDC*.

Fragasso *et al.* (2012), utilizzando la varietà Primitivo, trovano nell'*alberello* una concentrazione più alta di zuccheri negli acini, forma che risulta anche la migliore in termini di rapidità nell'accumulazione dei solidi solubili in entrambi gli anni di analisi, a cui segue il *Bellussi* e

all'ultimo posto si dispone il *Guyot bilaterale*. Gli autori concludono affermando che osservando i dati nel loro insieme la forma che mostra una migliore maturità dell'uva è l'*alberello*.

## 5.2 Il pH e l'acidità delle uve

La maturazione dell'uva non viene determinata solo dal valore della gradazione zuccherina, infatti è necessario che questo sia confrontato anche con la presenza degli acidi nelle bacche, per raggiungere così il miglior equilibrio tra questi due fondamentali parametri. Peterlunger *et al.* (2002) riportano che, con il vitigno Pinot nero, il *Guyot singolo* ha raggiunto il più alto valore di pH, ovvero di 3,52 e il più basso di acidità titolabile, corrispondente a 6,4 g/L. Il *Guyot doppio* e il *cordone speronato* hanno ottenuto gli stessi valori di pH di 3,42, mentre il valore più basso è stato calcolato con il *cordone speronato verticale* di 3,38. Per quanto riguarda invece l'acidità titolabile, il *Guyot doppio* ha ottenuto lo stesso valore del suo compagno *singolo*, segue il *cordone speronato verticale* con 6,8 g/L, mentre il valore più alto è stato raggiunto con il *cordone speronato*, vale a dire di 7 g/L. Secondo gli autori il *cordone speronato*, con il suo alto contenuto zuccherino e la buona acidità è risultato il migliore nell'equilibrio della composizione degli acini.

Wessner e Kurtural (2013) riportano in uno studio di due anni sullo Syrah valori di pH più elevati nel *cordone speronato* rispetto al *Sylvoz*, e si può notare che quest'ultima forma ha mantenuto costante il suo valore in entrambi gli anni, con 3,78 di pH. L'acidità titolabile invece nel primo anno di studio risulta più alta nel *Sylvoz*, mentre nell'anno successivo nel *cordone speronato*. Ferree *et al.* (2002) riportano pH leggermente più elevati nel *Casarsa* rispetto al *Sylvoz* in 4 anni sui 5 totali dello studio sulla varietà Seyval Blanc. Per quanto riguarda invece l'acidità titolabile, è interessante notare che in un anno il *Casarsa* ha raggiunto un valore fortemente più elevato rispetto al *Sylvoz*; infatti i dati riportati sono rispettivamente di 18,9 g/L e 11,8 g/L. In generale, nei restanti quattro anni di studio, comunque, i valori tra le due forme non sono significativamente diversi, sebbene in 3 anni su 5 il *Sylvoz* abbia dato valori leggermente più elevati.

Nello studio sul Riesling di Reynolds *et al.* (1996) della durata di 5 anni, il *Lenz Moser* ha ottenuto l'acidità titolabile più alta (12,5 g/L), probabilmente causata dalla chioma densa di questo sistema di allevamento, rispetto a un *Pendelbogen* e a un *cordone speronato basso*, rispettivamente di 12 e 11,9 g/L. Il *Lenz Moser* ha anche dato il valore di pH più basso, con 3,11, mentre il *cordone speronato basso* ha dato i valori più alti (3,20). Gli autori aggiungono che aumentando la distanza tra i ceppi aumenta linearmente l'acidità titolabile e si riduce anche linearmente il pH. Queste conclusioni vengono successivamente confermate nello studio di Reynolds *et al.* (2004) per quanto riguarda il pH, invece analizzando l'acidità titolabile, viene dichiarato che la distanza tra le viti sembra non avere effetto su questo parametro.

Bernizzoni *et al.* (2009) riportano per il vitigno Barbera il valore di pH più elevato (3,14) nel *cordone speronato*, mentre il valore più basso (2,97) nel *Guyot doppio*. Passando ad analizzare l'acidità titolabile, questa assume il valore di 9,7 g/L sia nel *cordone speronato* che nel *Guyot singolo*, mentre è di 10,5 g/L nel *Guyot bilaterale*.

**Tabella 5.2** Parametri della composizione del mosto alla vendemmia di Barbera in risposta a quattro sistemi di allevamento e tre distanze all'interno della fila. I dati derivano da medie di cinque anni (2003-2007). I dati della distanza tra i ceppi sono riportati per ceppo e per metro di lunghezza del filare. *Fonte: Bernizzoni et al. (2009).*

	Soluble solids (Brix)	pH	Titratable acidity (g/L)	Anthocyanin		Phenolics	
				(mg/berry)	(mg/g)	(mg/berry)	(mg/g)
<b>Training system<sup>a</sup></b>							
SPC	21.4	3.14 a	9.7 b	2.92 a	1.26 ab	4.38 a	1.93 b
HW	21.0	3.02 ab	10.4 a	2.89 a	1.39 a	4.47 a	2.20 a
SG	21.6	3.02 ab	9.7 b	3.05 a	1.39 a	4.53 a	2.10 ab
DG	20.8	2.97 b	10.5 a	2.54 b	1.23 b	3.95 b	1.94 b
Significance <sup>b</sup>	ns	*	**	**	*	*	*
Training system x year <sup>c</sup>	ns	ns	**	**	ns	**	ns
<b>Within-row vine spacing</b>							
0.9 m	21.1	3.10	10.1	2.91	1.32	4.36	2.00
1.2 m	21.1	3.03	10.0	2.82	1.31	4.34	2.05
1.5 m	21.6	3.02	9.8	2.93	1.37	4.46	2.11
Significance <sup>b</sup>	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Within-row spacing x year <sup>c</sup>	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Training system x within-row spacing <sup>d</sup>	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

<sup>a</sup>SPC: vertically shoot-positioned spur-pruned low cordon; HW: single high-wire cordon; SG: single Guyot; DG: double Guyot.

<sup>b</sup>Means separated within columns and training systems by Student-Newman-Keuls test. \*, \*\*, and ns indicate significant at  $p \leq 0.05$ , 0.01, and not significant, respectively.

In uno studio effettuato nel Veneto sul Raboso si nota inoltre che la forma *Guyot* assume il valore più basso di acidità totale in due differenti vigneti (9 e 9,5 g/L) a differenza delle forme *Bellussi* e *Sylvoz* che hanno valori più alti e comparabili tra di loro, con un range che va da 11,3 a 12,1 g/L (Tomasi *et al.*, 2017). In questo studio inoltre sono stati calcolati i valori di acido malico e tartarico per queste forme di allevamento: il *Guyot* riporta i valori inferiori per questi due acidi, con valori intorno ai 2 g/L per quanto riguarda il malico, mentre nelle altre due forme i valori aumentano e quelli del malico raddoppiano. Reynolds *et al.* (1994) hanno trovato valori più alti di pH del Pinot nero nel *cordone speronato*, mentre i valori più bassi di acidità titolabile li ha registrati lo *Scott Henry*.

Nel lavoro sulla varietà Traminette di Bordelon *et al.* (2008) in una media di cinque anni è stato calcolato che *high cordon* e *Scott Henry* hanno valori di pH assimilabili di 3,14 rispetto al *midwire* che riporta un pH di 3,16; di conseguenza l'acidità titolabile è più alta nelle due forme sopra citate, rispettivamente di 7,2 e 7,1 g/L mentre il *midwire cordon* raggiunge il valore più basso con 6,8 g/L. Gli autori di questo lavoro hanno inoltre messo a confronto tra di loro il tracio superiore e quello inferiore dello *Scott Henry*: per quanto riguarda il pH e l'acidità titolabile, non sono state rilevate differenze significative per questi parametri. Una situazione inversa si presenta nello studio di Reynolds *et al.* (1985) dove, con il Seyval Blanc, il *midwire cordon* assieme al *Pendelbogen*

ottengono i valori di acidità titolabile più alti rispetto, ad esempio, all'*Hudson River Umbrella* (o *high cordon*) e all'*Umbrella Kniffin*, che, di conseguenza, hanno i valori di pH più elevati. Infine, gli autori riportano che il *Pendelbogen* ha prodotto la maggior concentrazione di malato, mentre l'*Hudson River Umbrella* quella più bassa; per quanto riguarda invece la presenza del tartrato, le due forme denominate *Umbrella* sono quelle che hanno registrato la concentrazione maggiore e il *midwire cordon* quella minore. A conclusioni simili riguardo all'acidità titolabile giunge Reynolds (1988), dove con l'Okanagan Riesling in due anni su tre il *midwire cordon* produce l'acidità titolabile più alta rispetto all'*Hudson River Umbrella* e al *Lenz Moser*; mentre riguardo al pH i valori più alti nei tre anni di studio sono registrati con il *midwire cordon* e con l'*Hudson River Umbrella*.

Nello studio di Howell *et al.* (1991) si può notare che dalla media di sette anni non risultano esserci differenze significative per quanto riguarda il pH e l'acidità titolabile del Vignoles nell'*Hudson River Umbrella* e nell'*Umbrella Kniffin*. Nello studio sul Chancellor di Reynolds *et al.* (1995) della durata di 5 anni, si può notare che in 3 anni la forma di allevamento sembra non avere effetti sull'acidità titolabile, mentre nei restanti 2 anni è la forma *GDC* a ridurre leggermente il valore rispetto alle altre forme *Hudson River Umbrella* e *midwire cordon*. Anche per quanto riguarda il pH il *GDC* registra i valori più bassi in due anni, con una media complessiva di 3,23, a differenza del *midwire cordon* che totalizza una media del pH più alta, ovvero di 3,29. La medesima situazione si presenta nello studio successivo di Reynolds *et al.* (2004) dove nuovamente è il *GDC* a registrare valori inferiori di acidità titolabile e di pH. Nello studio sul Concord di Cawthon e Morris (1977) non sono state rilevate differenze nella percentuale di acido tartarico presente tra le forme *GDC* e *cortina semplice*, che risulta essere del 73%. Morris e Main (2010) dichiarano che il pH assume sempre valori più bassi nel *GDC* (3,56) rispetto che nella *cortina semplice* (3,66) mentre i valori dell'acidità titolabile sono rispettivamente di 11,5 g/L e 11,9 g/L. Zoecklein *et al.* (2008) riportano che non ci sono differenze significative nel loro studio sulla varietà Viognier per quanto riguarda l'acidità titolabile e la presenza dell'acido tartarico tra un sistema *VSP* e un *GDC*.

### **5.3 Composti localizzati nelle parti solide degli acini responsabili di colore, aromi e sapore**

Mentre acidi e zuccheri sono localizzati prevalentemente nella polpa delle bacche, nelle parti solide degli acini, quindi vinaccioli e buccia, sono concentrate molecole di altrettanta importanza per il vino che si vuole ottenere, che influenzano il colore delle bacche ma anche gli aromi e i profumi tipici dei vitigni. Peterlunger *et al.* (2002) dichiarano che sul Pinot nero non sono state rilevate differenze tra i sistemi di allevamento da loro analizzati (*Guyot singolo* e *doppio*, *cordone speronato verticale* e *orizzontale*) per quanto riguarda la presenza di vari composti appartenenti alle

seguenti frazioni: acidi polifenolici, procianidine, catechine e flavoni. Ci sono però delle differenze nella concentrazione delle antocianine tra le forme di allevamento: il *Guyot singolo* ha prodotto le concentrazioni inferiori per quanto riguarda due delle cinque antocianine glicosilate dell'uva, che comunque non sono importanti quantitativamente. Gli autori concludono affermando che il sistema di allevamento ha modificato la concentrazione di 3 delle 5 antocianine glicosilate presenti nell'uva.

**Tabella 5.3** Influenza dei sistemi di allevamento sulla concentrazione delle antocianine negli acini (medie dal 1992 al 1995). Fonte: Peterlunger *et al.* (2002).

Anthocyanin <sup>a</sup>	Training system				Significance of F <sup>b</sup>
	Simple Guyot	Double Guyot	Horizontal spurred cordon	Vertical spurred cordon	
Delphinidin-3-glucoside	53.2 a <sup>c</sup>	87.1 b	85.3 b	66.8 ab	*
Cyanidin-3-glucoside	26.7	48.6	49.2	40.4	ns
Petunidin-3-glucoside	86.4 a	127.9 b	124.3 b	105.4 ab	*
Peonidin-3-glucoside	508.2	546.1	622.3	645.3	ns
Malvidin-3-glucoside	1259.7	1669.4	1533.9	1403.7	ns

<sup>a</sup>Arbitrary units (peak area/10,000).

<sup>b</sup>\*, ns: significant at  $p \leq 0.05$ , not significant respectively.

<sup>c</sup>Means followed by a different letter are significantly different. Tukey's multiple range test, n=24.

Wessner e Kurtural (2013) hanno calcolato con lo Syrah un contenuto totale di fenoli nel *Sylvoz* più alto del 34% rispetto al *cordone speronato* in un anno di studio, mentre nell'anno successivo non hanno trovato differenze rilevanti. Reynolds *et al.* (1996) dichiarano che la forma di allevamento risulta avere un grande impatto sui monoterpeni aromatici presenti nelle bacche di Riesling: infatti il *cordone speronato basso* e il *Pendelbogen* hanno la concentrazione più alta di terpeni liberi volatili, mentre il *cordone speronato basso* ha la concentrazione più alta di terpeni potenzialmente volatili, con differenze significative rispetto ad altre forme come ad esempio il *Lenz Moser*.

Nello studio di Bernizzoni *et al.* (2009), con il vitigno Barbera, il *Guyot doppio* risulta avere la più bassa concentrazione di antociani, con una differenza significativa rispetto al *cordone speronato*, alla *cortina semplice* e al *Guyot singolo* che mostrano dati simili tra loro, sebbene il valore più alto sia stato registrato proprio da quest'ultima forma. Per quanto riguarda infine la concentrazione fenolica, si nota che anche in questo caso i valori più bassi sono stati ottenuti con i *Guyot doppio*, mentre quelli più elevati con il *cordone libero*. Gli autori concludono affermando che non sembra esserci nessuna influenza a opera della distanza tra le viti sulla composizione delle bacche. Nello studio di Reynolds *et al.* (1994), effettuato sul Pinot nero, il *cordone speronato basso* riporta valori del contenuto di antociani significativamente più elevati rispetto allo *Scott Henry*.



Dall'analisi effettuata da parte di Bordelon *et al.* (2008) sui terpeni presenti nell'uva di Traminette allevata con le forme *high cordon*, *Scott Henry* e *midwire cordon*, gli autori concludono che non risultano esserci differenze significative, sebbene l'uva dell'*high cordon* abbia raggiunto una concentrazione totale dei monoterpeni più bassa rispetto a quella delle altre due forme. Analizzando più nel dettaglio la presenza dei terpeni, nonostante le differenze non siano statisticamente significative, l'*high cordon* ha ottenuto la concentrazione più alta di terpeni liberi volatili, mentre *midwire cordon* e *Scott Henry* hanno raggiunto valori comparabili ma inferiori; passando alla concentrazione dei terpeni potenzialmente volatili, questa risulta maggiore nello *Scott Henry*, mentre assume i valori più bassi nell'*high cordon*. Gli autori hanno poi effettuato un confronto tra i due tralci, superiore e inferiore, dello *Scott Henry* e hanno trovato che solo la concentrazione dei terpeni liberi volatili mostra dati differenti tra i due tralci, infatti questa risulta maggiore nelle uve raccolte dal tralcio superiore, valore che porta a un leggero aumento nella concentrazione totale dei monoterpeni.

**Tabella 5.4** Composizione delle bacche alla vendemmia di tre sistemi di allevamento, dal 2002 al 2006. *Fonte: Boredelon et al. (2008).*

	2002	2003	2004	2005	2006	4- or 5-yr mean	Interaction
<b>% Soluble solids</b>							
High cordon	21.5	21.0	24.3	21.7	22.7	22.2	
Midwire cordon	22.1	21.9	24.9	22.3	21.1	22.5	
Scott Henry	21.7	21.4	25.1	21.9	21.6	22.4	<i>p</i> = 0.0020
	ns <sup>2</sup>	ns	ns	ns	ns	ns	
<b>pH</b>							
High cordon	3.11	3.22 a <sup>b</sup>	3.09	3.09 b	3.16	3.14	
Midwire cordon	3.15	3.23 a	3.15	3.19 a	3.10	3.16	
Scott Henry	3.13	3.14 b	3.09	3.18 a	3.15	3.14	<i>p</i> = 0.0067
	ns	**	ns	**	ns	ns	
<b>Titrateable acidity (g/L)</b>							
High cordon	7.6	6.8 ab	7.5	7.1	7.3 a	7.2 a	
Midwire cordon	7.9	6.3 b	7.0	6.4	6.3 b	6.8 b	
Scott Henry	7.5	7.0 a	7.3	6.9	6.7 b	7.1 a	<i>p</i> = 0.0161
	ns	*	ns	ns	**	***	
<b>FVT (mg/L)</b>							
High cordon	0.60	0.98 a	1.05	0.76	-	0.85	
Midwire cordon	0.52	0.69 b	1.15	0.56	-	0.73	
Scott Henry	0.57	0.56 b	1.12	0.67	-	0.73	
	ns	*	ns	ns	-	ns	
<b>PVT (mg/L)</b>							
High cordon	5.36	6.10	4.69	5.02	-	5.29	
Midwire cordon	5.69	6.68	5.53	4.93	-	5.71	
Scott Henry	6.33	5.81	5.75	5.03	-	5.73	
	ns	ns	ns	ns	-	ns	
<b>Total monoterpenes (mg/L)</b>							
High cordon	5.96	7.08	5.73	5.78	-	6.14	
Midwire cordon	6.21	7.37	6.68	5.49	-	6.44	
Scott Henry	6.90	6.36	6.87	5.70	-	6.46	
	ns	ns	ns	ns	-	ns	

<sup>2</sup>ns, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\*, and ns indicate significance at *p* < 0.05, < 0.01, < 0.001, < 0.0001, and not significant at 0.05.

<sup>3</sup>Means in columns followed by different letters are significantly different at the level indicated (Ryan-Einot-Gabriel-Weich procedure).

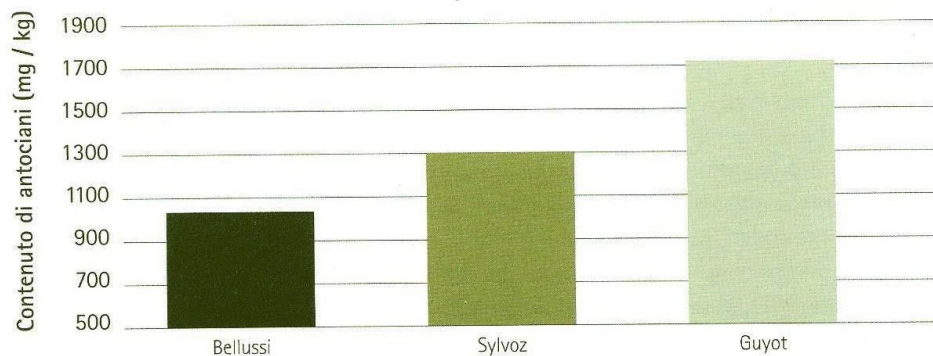
Reynolds *et al.* (1995) riportano che il sistema di allevamento ha un impatto importante sul contenuto degli antociani presenti nelle uve di Chancellor: la forma *GDC* infatti massimizza la

concentrazione delle antocianine negli acini in tre anni sui cinque totali dello studio, tanto che totalizza la media più elevata, al contrario del *midwire cordon*. Gli autori concludono aggiungendo che aumentando la distanza tra le viti la concentrazione degli antociani si riduce leggermente. Al contrario, nello studio successivo di Reynolds *et al.* (2004) il sistema di allevamento non mostra un forte impatto nella concentrazione degli antociani, come dimostrato dai valori calcolati che non presentano differenze significative, sebbene il valore leggermente più alto sia stato registrato dal *midwire cordon*. Inoltre, in questo studio, a differenza di quello precedente, la distanza tra le piante non mostra effetti nella concentrazione delle antocianine.

Secondo Morris e Main (2010) per quanto riguarda le varietà a bacca rossa, come in questo caso il Norton, sono le uve raccolte dal *GDC* a mostrare il colore rosso più intenso rispetto a quelle raccolte dal *cordone libero*. Zoecklein *et al.* (2008) hanno effettuato un'analisi sul contenuto dei glicosidi nella buccia delle bacche di Viognier con le forme *VSP* e *GDC*: al momento della vendemmia, la concentrazione dei glicosidi totali risulta maggiore nel *GDC*, grazie alla sua maggiore intercettazione luminosa.

Fragasso *et al.* (2012) hanno effettuato un'analisi sulla presenza nelle bacche di Primitivo dei composti volatili: l'*alberello* e il *Guyot bilaterale* risultano i primi per la presenza dei terpenoidi caratterizzati da descrittori odorosi di agrume, floreale, rosa, freschezza. L'*alberello* e il sistema a *Raggi* invece presentano alte quantità di ossido di linalolo piranoide e acido geranico, responsabili delle note di agrumi per quanto riguarda il primo e di verde, legno, floreale e erbaceo il secondo. L'*alberello* inoltre presenta un contenuto maggiore di acido geranico glicosidico e la presenza del precursore dell'ossido di *cis*-linalolo, composto non rilevato negli altri due sistemi di allevamento. L'*alberello* ha prodotto anche il contenuto più alto di monoterpeni grazie alla sua maggiore esposizione ai raggi solari. Le uve ottenute dall'*alberello* e dal *Guyot bilaterale* hanno rilevato anche una presenza maggiore di alcoli che danno note di rosa e di agrumi freschi. Passando ai composti responsabili delle note erbacee, come le aldeidi  $C_6$ , l'*alberello* è la forma che mostra la concentrazione più bassa, mentre per quanto riguarda gli alcoli a 6 atomi, sempre responsabili delle note verdi, è il *Guyot bilaterale* a totalizzarne le quantità maggiori. Il *Guyot bilaterale* ha anche rilevato la presenza più alta di composti appartenenti agli alcoli responsabili di odori alcolici, di fermentazione e con note pungenti. Infine, il *Bellussi* ha ottenuto i livelli più alti per quanto riguarda le molecole caratterizzate da note di legno, spezie, chiodi di garofano e sentori di fumo. Gli autori concludono affermando che per questi tre sistemi è possibile effettuare una separazione distinta tra i composti presenti in modo maggiormente significativo: il *Guyot bilaterale* è caratterizzato dalla presenza maggiore di alcoli, il *Bellussi* dalle aldeidi  $C_6$  e da composti fenolici mentre l'*alberello* dai terpenoidi e dagli acidi. In uno studio condotto in Veneto sul Raboso, in quattro annate, si può

notare che il *Guyot* ha totalizzato in media un contenuto maggiore di antociani rispetto a un *Sylvoz* e a un *Bellussi*, dove proprio quest'ultimo assume invece il valore più basso rispetto alle altre due forme.



**Figura 5.2** Contenuto di antociani nelle tre diverse forme di allevamento (valori medi di quattro annate e di due tipologie di suolo). Fonte: Tomasi et al. (2017).

#### 5.4 Le caratteristiche del mosto

Kasimatis et al. (1985) ritengono che non ci siano differenze significative nella composizione del mosto ottenuto da uve derivanti dalle forme *Guyot* e *cordone speronato*. Nello studio di Reynolds et al. (2004) viene effettuata l'analisi del mosto, dalla quale si nota che il *cordone speronato basso* riporta la maggior concentrazione zuccherina, con 21 °Brix, a cui segue il *Lenz Moser* con 20,6 °Brix, mentre con 19,7 °Brix si trova il *Pendelbogen*. L'acidità titolabile di fatto risulta equivalente tra il *cordone speronato basso* e il *Lenz Moser*, che raggiungono il valore di 9,5 g/L, mentre il *Pendelbogen* raggiunge il dato più elevato con 10,3 g/L. Infine analizzando il pH, si nota che *cordone speronato basso* e *Pendelbogen* riportano valori vicini, rispettivamente di 3,12 e 3,11, mentre il *Lenz Moser* raggiunge un pH di 3,09.

Vanden Heuvel et al. (2004) dall'analisi di un *cordone speronato orizzontale basso* e uno *verticale*, uno *Scott Henry* e un *Pendelbogen*, giungono alla conclusione che non ci sono differenze tra queste forme per quanto riguarda il pH del mosto e l'acidità titolabile, sebbene, osservando quest'ultimo parametro, è possibile notare che i valori leggermente più elevati sono registrati dalle forme con potatura corta. A questa conclusione sono concordi anche Wolf et al. (2003), i quali non trovano influenze significative nei valori di acidità titolabile del mosto derivante da uve allevate tramite *VSP*, *Scott Henry* e *high cordon*.

Baigorri et al. (2001) hanno messo a confronto un *Guyot* con un *cordone speronato* ed effettuando un'analisi del mosto sono giunti alla conclusione che quello ottenuto dalle uve allevate tramite *Guyot* mostra una composizione migliore, come dimostrato dalla concentrazione zuccherina che è di 21,53 °Brix, a differenza di quella del *cordone speronato* di 19,30°Brix. Il *Guyot* mostra anche

un pH più alto, di 3,58, rispetto al 3,47 del *cordone speronato*, di conseguenza questa forma ha raggiunto un'acidità titolabile più alta (4,95 g/L) rispetto a quella del *Guyot* (4,58 g/L).

**Tabella 5.5** Composizione del mosto di Tempranillo alla vendemmia influenzato da due sistemi di allevamento (Olite, Navarra, Spagna, 1997). *Fonte: Baigorri et al. (2001).*

Training system	pH	Total soluble solids (°Brix)	TA (g L <sup>-1</sup> )	Malic acid (g L <sup>-1</sup> )
Cordon	3.47	19.30	4.95	2.13
Head	3.58	21.53	4.58	2.28
Significance <sup>a</sup>	*	*	*	ns

<sup>a</sup>\* and ns: significant at 0.05 probability levels or not significant, respectively.

L'analisi del mosto effettuata da Reynolds *et al.* (1994) indica che il *cordone speronato* ha raggiunto una concentrazione zuccherina e pH più elevati rispetto allo *Scott Henry*. Al contrario, dallo studio di Trought *et al.* (2017), si nota che nei due anni a raggiungere la concentrazione di solidi solubili più alta è lo *Scott Henry*, se paragonato a un sistema *VSP*. Allo stesso modo, sempre lo *Scott Henry* ottiene pH del mosto leggermente più elevati e di conseguenza anche acidità titolabili più basse. L'analisi della concentrazione dell'acido malico, infine, non mostra differenze; infatti i valori rilevati sono equivalenti (5,1 g/L).

Reynolds *et al.* (2004) mettono a confronto il mosto ottenuto da due varietà diverse tramite vari sistemi di allevamento, dal quale si può notare che il *GDC* ha prodotto la concentrazione zuccherina inferiore rispetto al *midwire cordon* e all'*Hudson River Umbrella*. Per quanto riguarda invece l'acidità titolabile e il pH, vengono riportati andamenti differenti tra le due varietà, dove una non mostra differenze significative, mentre nell'altra l'*Hudson River Umbrella* mostra l'acidità titolabile più bassa (8,9 g/L) e di conseguenza un pH leggermente più alto (3,07), mentre *GDC* e *midwire cordon* mostrano valori simili tra loro per entrambi questi parametri. Morris e Main (2010) dichiarano che il pH del mosto della forma *GDC* risulta più basso rispetto a quello della *cortina semplice*. Dal confronto tra un *VSP* e un *GDC* risulta che il mosto del primo sistema citato è caratterizzato da una concentrazione maggiore di linalolo e α-terpineolo: questi sono alcoli appartenenti al gruppo dei monoterpeni, importanti perché responsabili dei descrittori varietali.

Baeza *et al.* (2005) hanno messo a confronto un *VSP*, un *cordone libero* e un *alberello* e dall'analisi del mosto risulta che le ultime due forme hanno ottenuto in due anni sui tre dello studio mosti con una concentrazione di solidi solubili di valori più alti e significativamente diversi rispetto al *VSP*. Procedendo ad analizzare l'acidità titolabile, si nota che in due anni su tre non risultano esserci

differenze significative tra le forme di allevamento e nel restante anno di studio è la forma *VSP* a produrre il valore più elevato (6,33 g/L) rispetto ai 5,23 g/L della *cortina semplice*. Le misure del pH invece mostrano differenze nel primo e nell'ultimo anno di analisi, in entrambi i quali è la *cortina semplice* a registrare i pH più alti (3,78 e 3,57). In uno studio successivo (Fragasso *et al.*, 2012) è nuovamente l'*alberello* a produrre la più alta concentrazione di zuccheri nel mosto. L'acidità totale non mostra differenze significative tra le tre forme di allevamento nel primo anno di studio, mentre nel secondo anno l'*alberello* ottiene il valore più basso, mentre i valori delle altre due forme di allevamento risultano essere equivalenti. Infine, per quanto riguarda il pH, nel primo anno l'*alberello* riporta il valore più alto, mentre il *Guyot* quello più basso, nel secondo anno invece è quest'ultima forma a ottenere il valore più alto mentre il *Bellussi* quello più basso.

## 6 LE CARATTERISTICHE DEL VINO

### 6.1 L'analisi dei parametri: gradazione alcolica, pH, acidi

La fermentazione ha effetti sulla composizione chimica del mosto che si trasforma in vino; perciò è interessante indagare e osservare i parametri del vino per comprendere e scoprire se quegli stessi parametri devono i loro valori unicamente all'andamento della fermentazione o anche a una possibile differenza tra i sistemi di allevamento. Peterlunger *et al.* (2002) non rilevano differenze tra quattro forme di allevamento (un *cordone speronato verticale* e uno *orizzontale*, un *Guyot singolo* e uno *bilaterale*) nella composizione dei vini Pinot nero, per quanto riguarda l'acidità titolabile, il pH, la concentrazione di acido acetico e acetaldeide e l'intensità del colore.

Reynolds *et al.* (1985) riportano che le differenze significative riscontrate negli acini di Seyval Blanc per quanto riguarda la gradazione zuccherina, il malato e il tartrato scompaiono dopo la fermentazione nelle forme da loro analizzate (*Pendelbogen*, *Umbrella Kniffin*, *Hudson River Umbrella* e *midwire cordon*). In questo studio la forma *Hudson River Umbrella*, con 13,1% ha ottenuto il grado alcolico più elevato, mentre quello inferiore è stato raggiunto con il *midwire cordon* (11,6%); *Pendelbogen* e *Umbrella Kniffin* hanno ottenuto un valore intermedio ed equivalente (12,7%). L'acidità titolabile risulta inferiore nell'*Hudson River Umbrella* mentre è più elevata nel *Pendelbogen*, come di fatto era nella composizione dell'uva; mentre il pH è maggiore nel *Pendelbogen* (3,36) e minore nel *midwire cordon* (3,28).

In un lavoro successivo di Reynolds *et al.* (2004) dall'analisi sui vini ottenuti da varie forme di allevamento, quelle con un grado alcolico maggiore sono il *Pendelbogen* e il *cordone speronato basso*, con valori rispettivamente di 14,95% e 14,85% mentre il *Lenz Moser* ha prodotto vini con 14,45% di alcool. Allo stesso modo *Pendelbogen* e *cordone speronato basso* hanno gli stessi valori di acidità titolabile (9,6 g/L) mentre il *Lenz Moser* ha riportato un valore di 9,7 g/L; per quanto riguarda il pH il valore leggermente più alto è stato registrato dal *cordone speronato basso* con 3,09 mentre *Pendelbogen* e *Lenz Moser* hanno riportato pH di 3,05.

Reynolds (1988) dichiara di non aver rilevato nel vino ottenuto, dalla varietà Okanagan Riesling, forti influenze collegate ai sistemi di allevamento da lui analizzati, sebbene, dai dati riportati, si possa notare che il *Lenz Moser* ha prodotto vini con una gradazione alcolica maggiore, di 12,13% rispetto al *midwire cordon* e all'*Hudson River Umbrella* la cui percentuale di etanolo è rispettivamente di 11,67% e 11,47%. Per quanto riguarda invece l'acidità titolabile e il pH, i dati non mostrano differenze significative, come confermato dai valori di pH che rientrano in un range che spazia da 3,07 a 3,09.

**Tabella 6.1** Influenza dei sistemi di allevamento e di una simulazione di potatura meccanica sulla composizione e la qualità del vino delle viti di Okanagan Riesling, 1984-1986. *Fonte: Reynolds (1988).*

Factor	Wine composition			Wine Score <sup>y</sup>			
	Ethanol (%)	TA (%) <sup>x</sup>	pH	Aroma	Acidity	Astringency	Quality
<b>Training System</b>							
MBC	11.67	1.31	3.08	66.3	78.5	84.1	75.8
HRU	11.47	1.41	3.09	65.5	76.2	75.2	76.4
LM	12.13	1.39	3.07	71.2	86.3	88.2	80.6
Standard error	0.01				6.8	5.9	
Significance <sup>z</sup>	***	ns	ns	ns	*	**	ns
<b>Pruning strategy</b>							
Manual	12.05	1.41	3.10	71.4	79.3	84.8	80.9
SMP	11.47	1.34	3.06	63.8	81.4	80.2	74.3
Standard error	0.01		0.01				7.0
Significance <sup>z</sup>	***	ns	**	ns	ns	ns	*
Interaction <sup>z</sup>	***	ns	**	*	ns	ns	*

<sup>z</sup> \*, \*\*, \*\*\*, ns: Significant at the 5%, 1%, or 0.1% levels, or nonsignificant, respectively.

<sup>y</sup> Based on a line scoresheet with a maximum of 160 points.

<sup>x</sup> Titratable acidity (tartaric acid equivalents).

Lo studio di Reynolds *et al.* (2004) ha analizzato i vini ottenuti dal *GDC*, dall'*Hudson River Umbrella* e dal *midwire cordon* con due differenti vitigni: per il Seyval il *midwire cordon* ha prodotto vini con gradazione alcolica significativamente più alta (14,35%) a cui segue con 14,30% l'*Hudson River Umbrella* e con la gradazione più bassa di 13,05% il *GDC*; mentre con il Chancellor è stato l'*Hudson River Umbrella* a produrre vini più alcolici (10,65%), e con *GDC* e *midwire cordon* che hanno ottenuto valori simili, rispettivamente di 9,30% e 9,20%. Analizzando le misure del pH e dell'acidità titolabile, si nota che le differenze sono meno significative: con la prima varietà, il *midwire cordon* e il *GDC* riportano il valore maggiore di acidità titolabile (9,0 e 8,7 g/L) e quello più basso di pH (3,01 e 3,00) al contrario dell'*Hudson River Umbrella* che ha prodotto il valore più basso di acidità titolabile e quello più alto di pH (8,5 g/L e 3,10); mentre nella seconda varietà l'*Hudson River Umbrella* e il *GDC* hanno mostrato i valori più alti di acidità titolabile (10,9 e 10,6 g/L) ma solo il *GDC* ha riportato il dato più basso di pH di 3,20 mentre la forma *Umbrella* ha dato 3,28 come pH, che risulta essere il valore più alto tra le tre forme perché il *midwire cordon* ha prodotto un vino di 3,26 come pH e 10,3 g/L di acidità titolabile.

Zoecklein *et al.* (2008) hanno evidenziato poche differenze nel vino Viognier per quanto riguarda la gradazione alcolica, il pH, l'acidità titolabile e la concentrazione degli acidi organici di un *GDC* e un *VSP*. Nei quattro anni di studio, il *VSP* ha prodotto vini con gradazione alcolica più alta in due anni, mentre nei restanti due è stato il *GDC* ma comunque le differenze non sono significative. Il *GDC* inoltre ha registrato in tutti e quattro gli anni un pH leggermente più elevato rispetto al *VSP* e in tre anni il *GDC* ha riportato un'acidità titolabile più bassa del *VSP*. Infine, la concentrazione dell'acido malico tra le due forme non mostra differenze significative nei quattro anni. L'analisi chimica del vino nello studio di Ferree *et al.* (2002) non hanno rilevato differenze significative nei

valori dell'acidità volatile in nessun anno per quanto riguarda le forme *Sylvoz* e *Carsarsa* per la varietà Seyval Blanc. In tutti e cinque gli anni di studio il vino ottenuto dalla forma *Sylvoz* ha ottenuto misure di pH leggermente più basse rispetto al *Carsarsa* mentre per quanto riguarda l'acidità titolabile nel primo e nell'ultimo anno i valori tra le due forme sono assimilabili, nel secondo anno l'acidità titolabile del *Sylvoz* è significativamente più alta rispetto al *Carsarsa* (8,9 e 7,6 g/L rispettivamente), nel terzo anno è il *Carsarsa* ad aver riportato un valore significativamente più alto, di 11,1 g/L rispetto ai 10,3 g/L del *Sylvoz* mentre nel restante anno i valori mostrano solo una leggera differenza, 11,1 g/L per il *Carsarsa* e 10,8 g/L per il *Sylvoz*.

Nello studio di Reynolds *et al.* (1996) viene eseguito un confronto con il Pinot nero tra la forma *cordone speronato* e uno *Scott Henry* in due vigneti differenti: uno situato nella British Columbia e l'altro in Oregon. Nel primo vigneto il vino ottenuto dallo *Scott Henry* ha ridotto l'acidità titolabile e il pH in due anni su tre mentre nell'altro vigneto in due anni di osservazioni l'acidità titolabile del vino assume uno dei valori più alti, 5 g/L e di conseguenza valori di pH più bassi (3,46 e 3,56).

Infine, Fragasso *et al.* (2012) riportano per il vitigno Primitivo, che l'*alberello* risulta avere il vino con la concentrazione alcolica più alta, mentre *Guyot bilaterale* e *Bellussi* hanno valori inferiori ma simili tra di loro mentre le differenze nei valori dell'acidità volatile non vengono attribuiti alle forme di allevamento ma all'andamento della fermentazione.

**Tabella 6.2** Composizione generale dei mosti e dei vini di Primitivo da tre forme di allevamento, nel 2007 e 2008: alberello, Guyot bilaterale e quattro raggi. *Fonte: Fragasso et al. (2012).*

Parameter	Little tree*	Four rays*	Bilateral Guyot*
<b>Must 2007</b>			
pH	3.71 ± 0.03 b	3.60 ± 0.02 b	3.53 ± 0.06 a
Soluble solids (Brix)	25.5 ± 0.4 b	22.9 ± 0.0 a	22.8 ± 0.3 a
Total acidity (g/L tartaric acid)	5.4 ± 0.2 a	5.5 ± 0.2 a	5.2 ± 0.1 a
<b>Must 2008</b>			
pH	3.03 ± 0.02 b	3.33 ± 0.04 a	3.07 ± 0.03 b
Soluble solids (Brix)	20.3 ± 0.3 b	24.8 ± 0.1 a	24.0 ± 0.4 a
Total acidity (g/L tartaric acid)	5.1 ± 0.3 a	6.3 ± 0.1 b	6.2 ± 0.1 b
<b>Wine 2007</b>			
pH	3.7 ± 0.1 b	3.0 ± 0.1 b	3.4 ± 0.1 a
Alcohol concn (v/v)	15.3 ± 0.2 b	13.4 ± 0.1 a	13.5 ± 0.1 a
Reduced dry extract (g/L)	32.4 ± 0.2 b	32.7 ± 0.1 b	29.5 ± 0.2 a
Total acidity (g/L tartaric acid)	6.9 ± 0.1 b	6.3 ± 0.1 a	7.2 ± 0.1 c
Volatile acidity (g/L acetic acid)	0.34 ± 0.04 b	0.55 ± 0.06 c	0.23 ± 0.03 a
<b>Wine 2008</b>			
pH	3.4 ± 0.1 a	3.3 ± 0.1 a	3.4 ± 0.1 a
Alcohol concn (v/v)	15.8 ± 0.1 b	14.8 ± 0.1 a	14.9 ± 0.1 a
Reduced dry extract (g/L)	32.5 ± 0.1 c	30.2 ± 0.1 a	31.0 ± 0.1 b
Total acidity (g/L tartaric acid)	7.3 ± 0.1 a	7.5 ± 0.1 a	7.4 ± 0.1 a
Volatile acidity (g/L acetic acid)	0.40 ± 0.03 b	0.30 ± 0.01 a	0.30 ± 0.03 a

\*Data are the means of three replicates. Means within a row followed by a different letter are significantly different at  $p \leq 0.05$ .

## 6.2 Le concentrazioni dei composti e delle molecole

Nel vino si ritrovano molecole e composti molto importanti perché responsabili del sapore e dell'aroma del prodotto finale, che però hanno diverse origini: infatti si possono distinguere



composti caratterizzati da molecole già presenti nell'uva come composti veri e propri o come precursori oppure sono molecole che devono la loro origine alla fermentazione o all'affinamento.

Peterlunger *et al.* (2002), con la varietà Pinot nero, non hanno trovato differenze per quanto riguarda il contenuto delle catechine, la concentrazione totale di antocianine e di tannini tra un *cordone speronato verticale* e uno *orizzontale*, un *Guyot singolo* e uno *bilaterale*. Gli autori dichiarano inoltre che il sistema di allevamento può avere un piccolo effetto nel contenuto delle sostanze polifenoliche, ma nel loro caso, le condizioni climatiche in cui si è svolto lo studio non hanno modificato la concentrazione di questi composti.

Reynolds *et al.* (2004) dichiarano che non ci sono differenze significative nella concentrazione delle antocianine nel vino tra i sistemi *GDC*, *Hudson River Umbrella* e *midwire cordon*. Zoecklein *et al.* (2008) riportano che non ci sono differenze significative nei vini di un *VSP* e un *GDC* per quanto riguarda la concentrazione totale di glicosidi.

Fragasso *et al.* (2012) hanno analizzato i vini di Primitivo ottenuti mediante tre forme di allevamento: *alberello*, *Guyot bilaterale* e *Bellussi*. Nei vini delle forme *alberello* e *Guyot* sono stati rilevati in quantità maggiori sostanze che contribuiscono a una maggior intensità aromatica come alcuni esteri etilici di acidi grassi, conosciuti per conferire note fruttate, a cui si aggiungono composti che esprimono note di rosa e infine alcoli e acidi ad alto peso molecolare che ad alte concentrazioni danno note sensoriali di rancido. Reynolds *et al.* (1996) riportano differenze significative nel contenuto di antocianine nel vino Pinot nero nei due vigneti da loro indagati tra un *cordone speronato* e uno *Scott Henry*: nel vigneto localizzato in British Columbia solo in un anno su tre c'è una leggera differenza, con il *cordone speronato* che assume un valore leggermente più alto, mentre in quello dell'Oregon in un anno lo *Scott Henry* registra un contenuto totale di antocianine significativamente più alto e nel secondo anno invece la situazione si inverte, ma la differenza tra i valori è minore.

### **6.3 Le valutazioni sensoriali: aromi, bouquet**

Per una valutazione completa del vino è necessaria un'analisi sensoriale che comprende sia gli aspetti gustativi e olfattivi ma anche quelli visivi, come ad esempio il colore. Una valutazione sensoriale indaga sulle categorie degli aromi, classificati come bouquet aromatici, all'interno dei quali ci sono molteplici odori e soggetti che caratterizzano i vini.

Nello studio di Peterlunger *et al.* (2002) è stata effettuata un'analisi sensoriale sui vini Pinot nero ottenuti in quattro anni con quattro forme di allevamento: un *cordone speronato verticale* e uno *orizzontale*, un *Guyot singolo* e uno *bilaterale*. Nel primo anno non sono state rilevate differenze tra i vini, mentre invece negli ultimi due anni si possono osservare delle differenze tra i sistemi di

allevamento: il *cordone speronato verticale* è risultato essere il vino maggiormente preferito con un colore più intenso, mentre il *Guyot singolo* è stato quello preferito in modo minore con una minore intensità di colore. L'aroma, spiegano gli autori, non è stato influenzato dai vari sistemi di allevamento. Per quanto riguarda l'aspetto gustativo, questo risulta diverso tra i vini solo nel secondo anno di studio, con il *cordone speronato verticale* che si trova nuovamente come il più preferito e il *Guyot singolo* invece come quello meno gradito. Complessivamente la qualità è stata influenzata dal sistema di allevamento negli ultimi due anni di studio e ancora una volta in prima posizione nella scala di preferenza si trova il *cordone speronato verticale* e in ultima il *Guyot singolo*; la spiegazione data dagli autori per questa scarsa preferenza nei confronti del *Guyot singolo* è che probabilmente l'alta densità di impianto di questa forma e l'eccessiva densità della chioma hanno portato a una bassa efficienza fotosintetica, una bassa resa e una scarsa maturazione delle bacche.

**Tabella 6.3** Test delle preferenze sensoriali dei vini Pinot nero ottenuti dai diversi sistemi di allevamento dal 1992 al 1995. Fonte: Peterlunger et al. (2002).

Descriptor	Training system	1993 % $\Sigma$ ranks <sup>a</sup>	1994 % $\Sigma$ ranks	1995 % $\Sigma$ ranks
Color	SG	29	30 b <sup>b</sup>	34 b
	DG	30	25 ab	22 a
	HSC	21	30 b	23 a
	VSC	20	16 a	21 a
<i>Significance</i> <sup>c</sup>		ns	*	*
Taste	SG	28 b	26	29
	DG	27 b	26	29
	HSC	19 ab	26	23
	VSC	16 a	22	19
<i>Significance</i>		*	ns	ns
Overall quality	SG	23	29 b	31 b
	DG	28	26 ab	30 ab
	HSC	25	29 b	20 ab
	VSC	25	16 a	19 a
<i>Significance</i>		ns	*	*

<sup>a</sup>Ranks of preference were summed for each training system and the total was normalized as 100. The data represent a percentage on that total. The lower value indicates a more preferred sample.

<sup>b</sup>On the columns, % of ranks followed by a different letter are significantly different,  $p \leq 0.05$ .

<sup>c</sup>\*, ns: significant or not significant, respectively.

Reynolds et al. (1985) dall'analisi dei vini Seyval Blanc ottenuti dalle forme *Pendelbogen*, *Umbrella Kniffin*, *Hudson River Umbrella* e *midwire cordon*, giungono alla conclusione che la qualità del vino sembra essere influenzata in modo lieve dal sistema di allevamento: l'intensità dell'aroma, per esempio, risulta maggiore nel *midwire cordon*, rispetto che nelle due forme denominate *Umbrella*, questo grazie alla maggior quantità di legno perenne posseduta dalla forma con cordone permanente, che intensifica la percezione dell'aroma. Invece, per quanto riguarda il

grado di acidità percepito, in prima posizione appare il *Pendelbogen*, seguito da vicino dal *midwire cordon* mentre in ultima posizione di trova l'*Umbrella Kniffin*. Infine, guardando alla qualità complessiva, a occupare il primo posto c'è l'*Umbrella Kniffin*, seguono con un punteggio uguale l'*Hudson River Umbrella* e il *midwire cordon* e in ultima posizione il *Pendelbogen*.

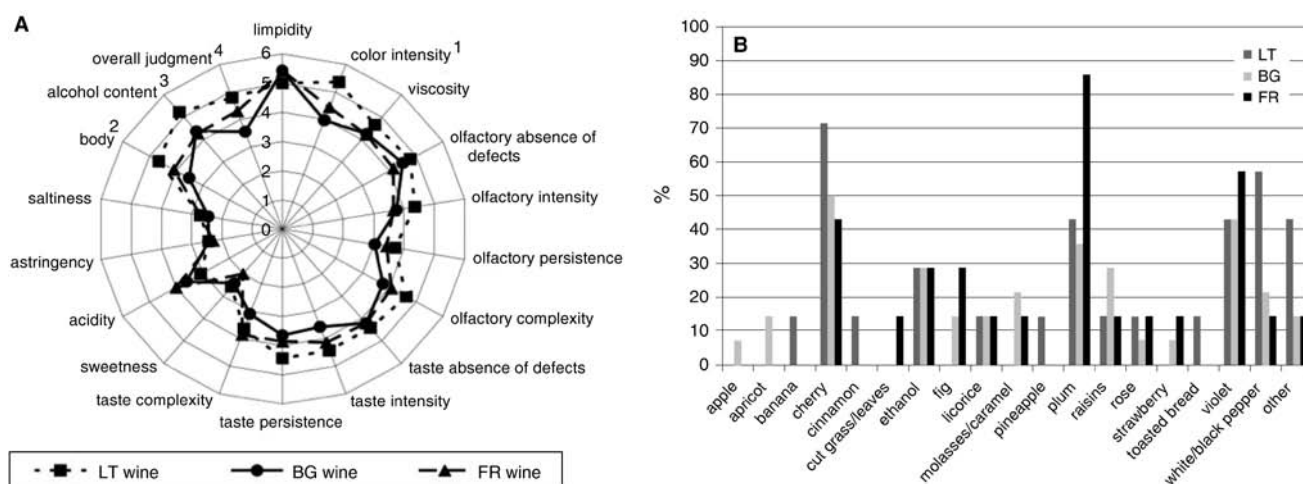
Reynolds *et al.* (2004) sono giunti alla conclusione che il sistema di allevamento non ha avuto impatti sui descrittori degli aromi (floreale, moscato, cedro, fruttato) nel loro studio, ma analizzando l'aroma vegetale questo risulta più alto nel *cordone speronato basso* rispetto al *Pendelbogen*. Il *cordone speronato basso* e il *Lenz Moser* risultano molto simili e hanno espresso in modo migliore alti livelli di aroma di cedro, vegetale e il sapore terroso, l'acidità, la tannicità e la completezza mentre hanno espresso con livelli inferiori l'aroma moscato e il sapore fruttato. Il *Pendelbogen* è risultato essere migliore nell'espressione degli aromi di moscato, floreale e fruttato mentre ha avuto basse percezioni nell'aroma vegetale e negli aromi di cedro, sapore terroso, acidità e tannicità.

Reynolds (1988) dichiara che i vini di Okanagan Riesling ottenuti dalla forma di allevamento *Lenz Moser* hanno raggiunto acidità e astringenza maggiori rispetto al *midwire cordon* e all'*Hudson River Umbrella*. Nei confronti profilo aromatico, i dati non mostrano differenze statisticamente significative, così come la qualità del vino, sebbene, in entrambi i parametri, il *Lenz Moser* abbia ottenuto valori leggermente più elevati.

Reynolds *et al.* (2004) riportano i risultati di un'analisi sensoriale sui vini ottenuti da due varietà, Seyval e Chancellor, allevate a *GDC*, *Hudson River Umbrella* e *midwire cordon*, dalla quale si nota una spiccata differenza tra i sistemi per quanto riguarda l'aroma di terroso. Sorprendentemente, la situazione che si presenta è opposta tra le due varietà, infatti nella varietà a bacca bianca, il Seyval, l'aroma terroso viene espresso maggiormente dall'*Hudson River Umbrella*, mentre nel Chancellor, varietà a bacca rossa, è proprio questa forma a esprimere in modo minore questo aroma, così come con il primo vitigno questo aroma si sente in misura minore nel *GDC* e nel *midwire* al contrario della seconda varietà dove è proprio quest'ultima forma a esprimere in misura maggiore l'aroma di terra. Una situazione analoga si presenta per l'acidità del vino percepita, dove prima e ultima posizione si invertono tra le due varietà: nel vitigno a bacca bianca l'acidità è maggiore nel *midwire* e minore nell'*Hudson River Umbrella*, mentre in quello a bacca rossa l'acidità viene percepita in misura minore nel *midwire* e maggiore nel *GDC* e nell'*Hudson River Umbrella*. Per entrambe le varietà l'*Hudson River Umbrella* ha espresso maggior corposità mentre nella varietà a bacca bianca la minor corposità è stata registrata con il *GDC* e nel vitigno a bacca rossa con il *midwire cordon*. Nel Seyval inoltre è stata rilevata una differenza nella percezione della tannicità che viene invece a mancare nel Chancellor: la tannicità maggiore è stata percepita con il *midwire cordon* a differenza del *GDC*. Infine nella cultivar a bacca rossa è stata riscontrata una differenza nel colore del vino

ottenuto dalle forme di allevamento: l'*Hudson River Umbrella* infatti ha dato un vino con un colore più intenso rispetto invece a quello del *midwire cordon*.

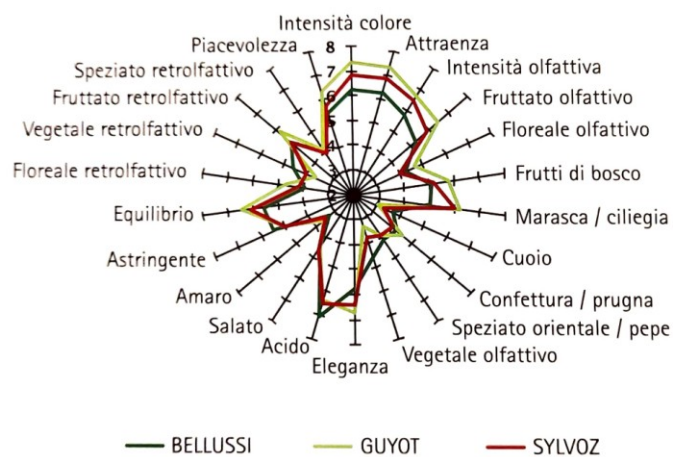
Lo studio di Zoecklein *et al.* (2008) ha effettuato una'analisi sensoriale dei vini Viognier mettendo a confronto quelli ottenuti dalla forma *GDC* con quelli di un *VSP*: prendendo in esame l'aroma, solo in un anno sono state evidenziate delle differenze tra i vini mentre per quanto riguarda il sapore, in nessun anno sono state trovate delle differenze. Gli autori aggiungono inoltre che i vini ottenuti dalla forma *GDC* si distinguono per un aroma complessivamente intenso, caratterizzato da aromi di fruttato e vaniglia dolce. Nello studio di Ferree *et al.* (2002) vengono riportati i risultati di un'analisi sensoriale sull'aroma, il sapore e la qualità complessiva dei vini Seyval Blanc ottenuti dalle forme *Casarsa* e *Sylvoz* e per entrambi questi tre parametri è stato il *Sylvoz* ad aver ottenuto un punteggio più alto. I vini Primitivo ottenuti dalla forma *alberello* risultano migliori, come dimostrato dagli alti punteggi ottenuti nell'analisi sensoriale, se messi a confronto con i vini ottenuti da un *Guyot bilaterale* (Fragasso *et al.*, 2012). Entrando più nel dettaglio di questa analisi sensoriale, ai vini della forma *alberello* vengono attribuiti 12 descrittori sensoriali, e di questi, quattro (violetta, ciliegia, prugna e pepe nero/bianco) sono stati individuati da più del 40% dei giudici. I vini della forma *Guyot bilaterale* sono caratterizzati da 13 descrittori, ma solo uno (ciliegia) è stato riscontrato dal 50% dei giudici e due (violetta e prugna) dal 40%. Infine ai vini della forma *Bellussi* sono stati assegnati 12 descrittori, dei quali, due, ovvero la prugna e la violetta, sono stati identificati dal 60 e dal 90% dei giudici. Gli autori concludono che l'analisi sensoriale ha permesso di distinguere i vini ottenuti dall'*alberello* rispetto a quelli del *Guyot bilaterale* in merito all'intensità del colore, del corpo e del contenuto alcolico mentre la forma a *Raggi* ha un comportamento intermedio tra i due sistemi sopra citati; il sistema di allevamento comunque non ha modificato la percezione di attributi sensoriali come ad esempio intensità, persistenza e complessità del sapore e dell'aroma.



**Figura 6.1** Profilo sensoriale (A) e frequenza di citazione (%) (B) dei descrittori olfattivi e gustativi dei vini Primitivo ottenuti da uve prodotte secondo tre sistemi di allevamento: alberello (LT), Guyot bilaterale, (BG) e quattro raggi (FR).

Gli apici 1, 2, 3, 4 si riferiscono rispettivamente ai descrittori intensità di colore, corpo, gradazione alcolica e giudizio complessivo, che hanno mostrato differenze significative in funzione dei sistemi di allevamento. Per ogni descrittore, lettere diverse indicano differenze significative ( $p < 0,05$ ): intensità del colore: BG (a); FR (a); LT (b); corpo: BG (a); FR (a,b); LT (b); gradazione alcolica: FR (a,b); GB (a); LT (b); e giudizio complessivo: BG (a); FR (a,b); LT (b).  
*Fonte: Fragasso et al. (2012).*

Anche uno studio effettuato in Veneto ha svolto un'analisi sensoriale sui vini Raboso ottenuti dalle forme di allevamento *Guyot*, *Sylvoz* e *Bellussi*. Gli autori riportano che il *Guyot* ha ottenuto i punteggi più elevati per quanto riguarda l'intensità colorante, l'attrazione visiva e per i sentori odorosi legati al fruttato e al floreale a cui si aggiunge una buona persistenza, la morbidezza al gusto, favorita dai minori contenuti di acido malico e sensazioni olfattive di frutta rossa. I vini ottenuti da uve allevate a *Sylvoz* hanno ottenuto ottimi apprezzamenti con valori anche vicini a quelli del *Guyot* mentre quelli del *Bellussi* sono caratterizzati da una forte astringenza, dovuta alla maggior acidità e sono stati rilevati bassi sentori di ciliegia e marasca perché mascherati dall'aroma di vegetale.



**Figura 6.2** Valutazione sensoriale dei vini per le annate dal 2007 al 2010. *Fonte: Tomasi et al. (2017).*

## 7 DISCUSSIONE

Come dichiarato nei capitoli precedenti, la scelta adottata in questa sede è stata quella di suddividere le forme di allevamento sulla base della potatura che viene messa in atto. In questo modo è possibile effettuare dei confronti tra i due tipi di potatura e anche tra i sistemi di allevamento che appartengono a questi due macro-gruppi. In aggiunta a ciò, si è scelto di effettuare un'ulteriore divisione all'interno di questi due gruppi, ovvero di suddividere le forme di allevamento tra quelle che sono dotate di un cordone permanente e quelle che invece sono caratterizzate da un tralcio che viene rinnovato annualmente. Visto inoltre il numero elevato di forme di allevamento che appartengono al gruppo del *VSP*, è interessante fare dei confronti tra quest'ultime. Di seguito, si è cercato di mettere in evidenza le relazioni e gli impatti più ponderanti che si possono associare alle diverse forme di allevamento sulla struttura e le caratteristiche della chioma delle piante, sulla resa e i suoi componenti, sulla composizione dell'uva e sulla qualità finale dei vini.

### 7.1 Impatti sull'ambiente della chioma

La chioma è una parte della vite di importanza rilevante, che è in grado di influenzare vari parametri della pianta; infatti, la chioma è il centro nel quale avviene la fotosintesi clorofilliana: in questo modo va ad influenzare la produttività e la qualità dell'uva, la vigoria della pianta e l'intercettazione luminosa. Oltre a ciò, la struttura della chioma e il suo microclima sono in grado di rendere più o meno suscettibile la pianta ad essere colpita dalle malattie che affliggono la vite. Si è potuto notare, ad esempio, che i sistemi con la chioma divisa, quali *GDC* e *Scott Henry*, hanno la capacità di ridurre la densità della chioma, aumentare la fecondità e la resa e migliorare la composizione delle bacche. Inoltre, il sistema *GDC* ha riportato un'efficienza maggiore nell'intercettazione luminosa rispetto al *cordone libero* e ai sistemi a parete.

Generalmente, le chiome dei sistemi *VSP* hanno un LLN maggiore nella zona dei grappoli rispetto a quelle dei sistemi *non-VSP*.

La forma *high cordon* registra una chioma più densa, che causa a sua volta una temperatura maggiore dei grappoli e delle foglie oltre a una maggior incidenza di malattie come la *Botrytis cinerea* e l'oidio legate alla scarsa circolazione dell'aria all'interno della chioma.

Il *cordone speronato* nella maggior parte dei casi risulta essere una forma caratterizzata da una chioma densa, con alti LLN, come confermato dalla temperatura di grappoli e foglie che non è troppo elevata.

Il posizionamento dei tralci verso il basso, come avviene nel *Sylvoz*, ha la caratteristica di ridurre il vigore della chioma e questo viene confermato dal fatto che questa forma di allevamento, con la sua chioma più aperta, risulta meno suscettibile a essere colpita dalla botrite.

La struttura della chioma è, inoltre, in grado di influenzare la possibilità o meno di poter adoperare delle macchine, che sia per la potatura o la vendemmia, andando ad influenzare il grado di meccanizzazione delle forme di allevamento. Le forme *VSP*, grazie alla loro chioma hanno il vantaggio di essere caratterizzate da un ottimo grado di meccanizzazione: nella vendemmia, con le macchine a scuotimento orizzontale, che possono operare se la fascia produttiva si trova a un'altezza da terra di almeno 30 cm e se la palificazione non supera i 2,50 m e nella potatura estiva che viene garantita per tutte le forme che appartengono a questo gruppo. Per la potatura invernale, invece, bisogna fare una distinzione tra le forme a potatura lunga e quelle a potatura corta. Altre forme che hanno un ottimo grado di meccanizzazione sono il *GDC* e l'*high cordon*, al contrario di *Bellussi* e *alberello* che hanno un grado molto basso di meccanizzazione.

## **7.2 Impatti sulla produttività**

Le forme di allevamento hanno un'influenza importante sulla produttività della vite, sia in relazione alle dimensioni della pianta, sia al tipo di potatura.

Le forme con la chioma divisa, come *GDC* e *Scott Henry*, hanno logicamente una resa maggiore rispetto alle forme che hanno una chioma unica, grazie al numero maggiore di germogli per vite, ma anche alla maggior intercettazione luminosa che penetra nella chioma.

Tra le forme a chioma non suddivisa, quelle che registrano una resa maggiore per pianta sono *cordone speronato*, *Sylvoz*, *Guyot*, *high cordon*, *Bellussi* e *Pendelbogen* rispetto a *Lenz Moser*, *cordone speronato verticale* e *alberello*.

Esiste anche una relazione tra le dimensioni delle forme di allevamento e la produttività: le forme con le altezze del tronco maggiori, come il *Bellussi*, il *GDC*, lo *Scott Henry*, il *Sylvoz*, il *cordone speronato classico*, l'*high cordon* e il *Doppio Capovolto*, sono gli stessi sistemi che riportano anche le rese più alte a differenza dell'*alberello* che risulta essere il sistema con l'altezza più bassa del tronco, inferiore al metro, e quello che registra le rese inferiori.

La produttività delle viti risulta essere significativamente influenzata non solo dal tipo di sistema di allevamento ma anche dalla distanza tra i ceppi, ovvero dalla densità di impianto: infatti, qualora la densità non sia adeguata alla forma di allevamento si possono riscontrare effetti non trascurabili che vanno a modificare parametri come la competizione tra le viti, l'ombreggiamento, la resa.

Una densità di impianto maggiore, infatti, permette di avere una distanza maggiore tra i ceppi, che a sua volta si traduce nella possibilità di lasciare un cordone o un capo a frutto più lunghi, con quindi

un numero maggiore di gemme per pianta. Viceversa, però, una distanza tra i ceppi eccessiva può essere a sua volta dannosa, soprattutto per quei vitigni che hanno un vigore basso, conclusione a cui sono giunti Reynolds *et al.* (2004).

Analizzando quindi le densità di impianto che vengono generalmente indicate per le varie forme di allevamento si può notare che le forme con le densità minori, come *Bellussi*, *Sylvoz*, *Cappuccina*, *high cordon*, *cordone speronato* e *Pendelbogen*, sono in genere anche le stesse forme che registrano i valori più alti di resa per pianta, a differenza delle forme con densità di impianto maggiori, come *alberello* e *cordone speronato verticale*, che invece hanno una resa per pianta inferiore. Inoltre, si può notare che le forme a potatura corta hanno generalmente una densità d'impianto maggiore rispetto a quelle a potatura lunga.

Anche il numero medio di gemme o nodi è un parametro che influenza significativamente la produttività: infatti, tra le forme con un numero maggiore di gemme per pianta si trovano il *Bellussi*, il *Pendelbogen*, lo *Scott Henry*, il *GDC*, il *Sylvoz*, l'*high cordon*, la *Cappuccina* e il *cordone speronato*, che sono anche i sistemi che registrano le rese più elevate, mentre i sistemi caratterizzati da un numero di gemme inferiori sono l'*alberello* e il *cordone speronato verticale*, con 20 come numero medio di gemme per pianta, che sono nuovamente le forme con la resa più bassa. Interessante è notare che l'aumento della densità dei germogli sembra che ritardi la maturazione delle bacche (Reynolds *et al.*, 1994).

Le forme *GDC* e *Scott Henry* presentano un numero maggiore di grappoli per pianta grazie alla chioma divisa e quindi al numero maggiore di germogli, però, hanno un numero inferiore di acini per grappolo rispetto alle forme *VSP*, *Cappuccina* e *high cordon*, causato dal fatto che l'aumento del numero di nodi diminuisce la fecondità dei nodi stessi.

### **7.3 Impatti sulla composizione degli acini**

Nel pensiero comune, generalmente, se si vuole ottenere una resa più alta, questo avviene a discapito della qualità, ma dagli articoli analizzati si può vedere che ciò non è sempre così.

In molti lavori, è vero che gli autori sono giunti alle conclusioni che con l'aumento dell'altezza del tronco, diminuisce la concentrazione zuccherina delle bacche, ma, nonostante ciò, ci sono alcuni studi che hanno ottenuto risultati opposti. Inoltre, le forme che hanno prodotto, complessivamente, acini con le gradazioni zuccherine più elevate sono, ad esempio, il *Guyot singolo*, il *GDC*, il *cordone speronato*, il *Doppio Capovolto* e l'*Hudson River Umbrella*, che sono alcune delle forme che invece registrano le produttività più elevate, come anche per l'*alberello*, dal quale ci si aspetterebbero acini con una concentrazione di zuccheri elevata, considerando le basse rese, ma che non sempre rispetta questa previsione. Oltre a ciò, anche le forme *Sylvoz* e *Pendelbogen* hanno



ottenuto in alcuni studi alte concentrazione zuccherine. Queste situazioni sono probabilmente da imputare alle condizioni ambientali e all'andamento della stagione, che possono alterare alcuni parametri.

Le forme *cordone speronato*, *Guyot singolo*, *high cordon* e *Cappuccina* hanno registrato, assieme alla concentrazione zuccherina maggiore, anche valori di pH più alti.

Analizzando la concentrazione zuccherina degli acini in relazione ai valori dell'acidità titolabile, gli autori riportano che generalmente, l'aumento dell'altezza del tronco porta a una diminuzione della concentrazione zuccherina e dell'acidità titolabile, si può notare che il *Guyot* e l'*Hudson River Umbrella* producono acini con valori alti di concentrazione zuccherina e bassi di acidità titolabile, mentre il *cordone speronato* riporta in vari studi valori di acidità titolabile elevati assieme a livelli alti di concentrazione di zuccheri negli acini.

Infine, nonostante le forme a chioma divisa dovrebbero assicurare valori di concentrazione degli zuccheri elevati, grazie alla miglior penetrazione degli zuccheri, spesso il *GDC* ha fatto registrare bassi valori di acidità titolabile e di concentrazione zuccherina, probabilmente a causa della produzione troppo elevata, ma ha prodotto bacche di colore intenso, grazie alla maggior concentrazione di antociani.

#### **7.4 Impatti sulla qualità dei vini**

Analizzando i valori di pH e di acidità titolabile tra le varie forme, non risultano esserci differenze altamente significative, mentre si notano situazioni variabili per quanto riguarda la gradazione alcolica.

Le forme di allevamento che producono i vini maggiormente alcolici sono il *Pendelbogen*, l'*high cordon*, l'*alberello* e la *Cappuccina*, mentre il *cordone speronato* produce vini con un grado alcolico abbastanza elevato, ma che non rientra tra i valori più alti.

Infine, i vini che sono stati preferiti maggiormente per aroma, gusto e qualità complessiva derivano dalle forme *cordone speronato verticale*, *Cappuccina*, *cordone speronato*, *GDC*, *Sylvoz*, *alberello* e *Guyot*.

## 8 CONCLUSIONI

Non è così immediato e semplice giungere a conclusioni definitive e nette sui sistemi di allevamento, perché gli studi che sono stati analizzati si sono svolti in periodi di tempo anche molto diversi l'uno dall'altro, le condizioni ambientali e climatiche sono differenti, così come lo sono anche i vitigni e i tipi di terreno. Nonostante ciò, in ambito viticolo si è visto che in tutti i confronti analizzati, lo *Scott Henry* ha dimostrato di avere una chioma più aperta, con un percentuale maggiore di vuoti che comporta quindi una maggior penetrazione della luce in essa, così come il *cordone speronato verticale*, l'*alberello* e il *GDC*. Al contrario, l'*Hudson River Umbrella*, viene descritto come un sistema con una chioma più densa, con una percentuale inferiore di vuoti, con un alto LLN e un basso numero di grappoli esposti alla luce.

Il *cordone speronato* ha mostrato situazioni diversificate, dove in alcuni casi risultava avere una chioma più densa e in altri meno densa, ma nel complesso è risultato essere un sistema che nella maggior parte dei casi presenta una chioma densa, con alti LLN, un numero elevato di foglie in ombra e scarsa penetrazione della luce. Allo stesso modo, il *Pendelbogen*, confrontato con la stessa forma, ovvero il *cordone speronato*, in un caso risulta avere una chioma più aperta, mentre nell'altro caso presenta caratteristiche simili alla forma a potatura corta, quindi un alto LLN, alta densità della chioma, scarsa penetrazione della luce.

Il *Lenz Moser* o *Casarsa*, se confrontato con altri sistemi a potatura lunga, risulta avere una chioma più densa, con un numero maggiore di strati fogliari e percentuali più alte di foglie interne. Un altro sistema a potatura lunga, ovvero il *Sylvoz*, quando viene confrontato con un sistema a potatura corta, come il *cordone speronato*, riporta un numero maggiore di strati fogliari, mentre quando viene messo a confronto con un altro sistema a potatura lunga, come il *Casarsa*, risulta avere una chioma più aperta. Infine, il *Guyot*, confrontato con una forma a potatura corta, presenta un numero maggiore di foglie in ombra.

In tutti i confronti analizzati, il *cordone speronato* ha riportato bassi valori per quanto riguarda l'indice di Ravaz e ciò significa che la pianta presenta un alto vigore. Le forme invece a potatura lunga, come *Sylvoz*, *Casarsa*, *Scott Henry* e *Pendelbogen*, hanno riportato valori più alti o maggiormente equilibrati, mentre il *GDC* è risultato troppo produttivo, avendo infatti un indice di Ravaz troppo elevato. In termini di resa per pianta, i risultati più elevati sono stati registrati con le forme *Bellussi*, *cordone speronato*, *Pendelbogen*, *Guyot bilaterale*, *Sylvoz* e ovviamente *GDC* e *Scott Henry* rispetto alle rese minori calcolate ad esempio nell'*alberello*, nella *cortina semplice* e nell'*high cordon*.

Il vigore e la struttura della chioma influenzano poi la temperatura di grappoli e foglie e la circolazione dell'aria all'interno della chioma: per questi parametri infatti le forme peggiori sono le forme *VSP* e l'*high cordon*, l'*alberello* ha una temperatura elevata della chioma ma una migliore circolazione dell'aria mentre il *Bellussi*, grazie alla sua alta vigoria e alla sua struttura, ha maggiori zone d'ombra che comportano una temperatura inferiore dei grappoli e delle foglie rispetto ad altri sistemi.

Altra importante tematica che permette di compiere una distinzione tra le forme di allevamento è la suscettibilità alle malattie: quelle che ad esempio risultano maggiormente colpite dalla *Botrytis cinerea* sono l'*alberello*, l'*high cordon*, forma che inoltre presenta una maggior incidenza nel manifestarsi anche del marciume acido e il *Guyot*, a causa della scarsa circolazione dell'aria registrata nella sua chioma. Forme invece che presentano tronchi più alti o sistemi come il *cordone speronato*, il *Casarsa* e il *Sylvoz*, risultano meno inclini ad essere colpiti dalla botrite. Per quanto riguarda invece il manifestarsi dell'oidio, questo colpisce maggiormente la forma a *Cappuccina* o le forme *VSP* che risultano essere illuminate in modo minore dalla luce del sole.

Il sistema di allevamento è il terzo più importante fattore per il costo del lavoro dopo le pratiche di viticoltura generali e il tipo di vendemmia (Strub et al. 2021). Infatti, i sistemi più estesi in altezza o che presentano una chioma divisa hanno esigenze lavorative maggiori, come manodopera e tempo orario di lavoro. Anche il grado di meccanizzazione influisce pesantemente nella scelta della forma di allevamento: le forme più meccanizzate infatti sono quelle del gruppo *VSP*, le forme *Umbrella* e il *GDC* mentre quelle che lo sono meno sono il *Bellussi* e l'*alberello*.

Nella maggior parte degli studi analizzati, il *cordone speronato* ha riportato pesi elevati delle bacche, così come il *Lenz Moser* mentre le altre forme presentano situazioni differenti e a volte contrastanti. Come confermato da vari studi analizzati, gli effetti delle forme di allevamento sulla qualità delle uve e dei vini sono minori rispetto alle influenze di queste nell'ambito viticolo. Nonostante ciò, è possibile affermare che nella maggior parte dei lavori analizzati, il *cordone speronato* riporta la concentrazione zuccherina maggiore negli acini, assieme all'*high cordon* e in genere al *Sylvoz* e al *GDC*. Inoltre, il *cordone speronato* mostra nella maggior parte dei casi i valori di pH più alti, che vengono giudicati ottimali, a cui si aggiungono anche i valori più alti di acidità titolabile, a differenza del *GDC* che ha valori del pH più bassi.

Per quanto riguarda il vino, invece, si è presentata una situazione particolare: in circa la metà dei lavori presi in esame non sono state notate differenze nei parametri principali, quali pH o acidità titolabile, oppure queste differenze sono minime e quindi non statisticamente significative o ancora, se sono state notate delle differenze sono state attribuite alla fermentazione e non a una qualche influenza da parte della forma di allevamento. Nei lavori invece che mostrano differenze che

possono essere attribuite alle forme di allevamento, è la forma *Pendelbogen* a riportare le gradazioni alcoliche maggiori a cui seguono il *Lenz Moser* e il *cordone speronato*. Infine, per quanto riguarda le analisi sensoriali, i vini dotati di una maggior qualità, tenendo conto anche del sapore e dell'aroma, risultano essere quelli derivanti dal *cordone speronato*, dal *Sylvoz*, dal *GDC*, dal *doppio capovolto*, e dall'*alberello*.

In conclusione, dunque, le forme di allevamento hanno impatti maggiori e rilevanti in ambito viticolo, influenzando la struttura della chioma, la sua ricezione della luce, la vigoria, la produttività e il grado di meccanizzazione, mentre in ambito enologico gli impatti sono più lievi e in alcuni casi trascurabili. Tenendo conto però che questi effetti, seppur minimi, sono presenti, è augurabile scegliere la forma di allevamento da adoperare non solo tenendo in considerazione il tipo di terreno, il clima e il vitigno da allevare, ma anche gli obiettivi enologici che si vogliono raggiungere.

## BIBLIOGRAFIA

- Austin C.N. e Wilcox W.F. 2011. Effects of fruit-zone leaf removal, training systems and irrigation on the development of grapevine Powdery Mildew. *American journal of enology and viticulture* 62 (2): 193-198.
- Austin C.N., Grove G.G., Meyers J.M. e Wilcox W.F. 2011. Powdery Mildew severity as a function of canopy density: associated impacts on sunlight penetration and spray coverage. *American journal of enology and viticulture* 62 (1): 23-31.
- Baeza P., Ruiz C., Cuevas E., Sotés V. e Lissarrague J-R. 2005. Ecophysiological and Agronomic response of Tempranillo grapevines to four training systems. *American journal of enology and viticulture* 56 (2): 129-138.
- Baigorri H., Antolin C., De Luis I., Geny L., Broquedis M., Aguirrezábal F. e Sánchez-Díaz M. 2001. Influence of training system on the reproductive development and hormonal levels of *Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo. *American journal of enology and viticulture* 52 (4): 357-363.
- Bates T. 2008. Pruning level affects growth and yield of New York Concord on two training systems. *American journal of enology and viticulture* 59 (3): 276-286.
- Bernizzoni F., Gatti M., Civardi S. e Poni S. 2009. Long-term performance of Barbera grown under different training systems and within-row vine spacing. *American journal of enology and viticulture* 60 (3): 339-348.
- Bordelon B.P., Skinkis P.A. e Howard P.H. 2008. Impact of training system on vine performance and fruit composition of Traminette. *American journal of enology and viticulture* 59 (1): 39-46.
- Bravdo B., Hepner Y., Loinger C., Cohen S. e Tabacman H. 1985. Effect of crop level and crop load on growth, yield, must and wine composition and quality of Cabernet Sauvignon. *American journal of enology and viticulture* 36.
- Buttrose M.S. 1974. Climate factors and fruitfulness in grapevines. *Horticultural Abstracts* 44 (6).
- Cawthon D.L. e Morris J.R. 1977. Yield and quality of 'Concord' grapes as affected by pruning severity, nodes per bearing unit, training system, shoot positioning and sampling date in Arkansas. *Journal of the American society for horticultural Science* 102 (6): 760-767.
- Delp C. 1954. Effect of temperature and humidity on the grape powdery mildew fungus. *Phytopathology* 44.

- Downey M.O., Dokoozlian N.K. e Krstic M.P. 2006. Cultural practice and environmental impacts on the flavanoid composition of grapes and wine: A review of recent research. *American journal of enology and viticulture* 57.
- Fabio Nelli. 2022. <https://www.viviilvino.it/>.
- Ferree D., Steiner T., Gallander J., Scurlock D., Johns G. e Riesen R. 2002. Performance of ‘Seyval Blanc’ grape in four training systems over five years. *HortScience* 37 (7): 1023-1027.
- Fragasso M., Antonacci D., Pati S., Tufariello M., Baiano A., Forleo L. R., Caputo A. R. e La Notte E. 2012. Influence of training system on volatile and sensory profiles of Primitivo grapes and wine. *American journal of enology and viticulture* 63 (4): 477-486.
- Fregoni M. 2013. *Viticultura di qualità*. Milano: Tecniche Nuove Spa.
- Gregan S.M., Wargent J.J., Liu L., Shinkle J., Hofmann R., Winefield C., Trought M. e Jordan B. 2012. Effects of solar ultraviolet radiation and canopy manipulation on the biochemical composition of Sauvignon Blanc grapes. *Australian journal of grape and wine research* 18.
- Hall M.E., Loeb G.M. e Wilcox W.F. 2018. Control of Sour Rot using chemical and canopy management techniques. *American journal of enology and viticulture* 69 (4): 342-350.
- Howell G.S., Miller D.P., Edson C.E. e Striegler K. 1991. Influence of training system and pruning severity on yield, vine size, fruit composition of Vignoles grapevines. *American journal of enology and viticulture* 42 (3): 191-198.
- Intrieri C. e Poni S. 1995. Integrated evolution of trellis training systems and machines to improve grape quality and vintage quality of mechanized Italian vineyards. *American journal of enology and viticulture* 46 (1): 116-127.
- Jackson D.I e Lombard P.B. 1993. Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality – A review. *American journal of enology and viticulture* 44.
- Kasimatis A.N., Bowers K.W. e Vilas E.P. 1985. Conversion of cane-pruned Cabernet Sauvignon vines to bilateral cordon training and a comparison of cane and spur pruning. *American journal of enology and viticulture* 36 (3): 240-244.
- Kliewer W.M, Bowen P. e Benz M. 1989. Influence of shoot orientation on growth and yield development in Cabernet Sauvignon. *American journal of enology and viticulture* 40 (4): 259-264.
- Kliewer W.M. e Dokoozlian N.K. 2005. Leaf area/crop weight ratios of grapevines: influence on fruit composition and wine quality. *American journal of enology and viticulture* 56 (2): 170-181.

- Louarn G., Dauzat J., Lecoeur J. e Lebon E. 2008. Influence of trellis system and shoot positioning on light interception and distribution in two grapevine cultivars with different architectures: an original approach based on 3D canopy modelling. *Australian journal of grape and wine research* 14: 143-152.
- Mabrouk H., Carbonneau A. e Sinoquet H. 1997. Canopy structure and radiation regime in grapevine. I. Spatial and angular distribution of leaf area in two canopy systems. *Vitis* 36 (3): 119-123.
- Marcello Leder. 2011-2022. <https://www.quattrocalici.it/>.
- Mirás-Avalos J.M, Buesa I., Llacer E., Jiménez-Bello M.A., Risco D., Castel J.R. e Intrigliolo D.S. 2017. Water versus source-sink relationship in a semiarid Tempranillo vineyard: vine performance and fruit composition. *American journal of enology and viticulture* 68 (1): 11-22.
- Morris J.R. e Main G.L. 2010. An investigation of training system, pruning severity, spur length and shoot positioning on Cynthiana/Norton grapes. *American journal of enology and viticulture* 61 (4): 445-450.
- Morris J.R. e Main G.L. 2010. Response of Concord grapevine to varied shoot positioning and pruning methods in a warm, long-season growing region. *American journal of enology and viticulture* 61 (2): 201-213.
- Palliotti A., Poni S. e Silvestroni O. 2018. *Manuale di viticoltura*. Milano: Edagricole.
- Peterlunger E., Celotti E., Da Dalt G., Stefanelli S., Gollino G. e Zironi R. 2002. Effect of training system on Pinot noir grape and wine composition. *American journal of enology and viticulture* 53 (1): 14-18.
- Reynolds A.G. 1988. Response of Okanagan Riesling vines to training system and simulated mechanical pruning. *American journal of enology and viticulture* 39 (3): 205-212.
- Reynolds A.G. e Vanden Heuvel J.E. 2009. Influence of grapevine training systems on vine growth and fruit composition: a review. *American journal of enology and viticulture* 60 (3): 251-268.
- Reynolds A.G., Pool R.M. e Mattick L.R. 1985. Effect of training system on growth, yield, fruit composition and wine quality of Seyval Blanc. *American journal of enology and viticulture* 36 (2): 156-164.
- Reynolds A.G., Price S.F., Wardle D.A. e Watson B.T. 1994. Fruit environment and crop level effects on Pinot noir. I. Vine performance and fruit composition in British Columbia. *American journal of enology and viticulture* 45 (4): 452-459.

- Reynolds A.G., Wardle D.A. e Naylor A.P. 1995. Impact of training system and vine spacing on vine performance and berry composition of Chancellor. *American journal of enology and viticulture* 46 (1): 88-97.
- Reynolds A.G., Wardle D.A. e Naylor A.P. 1996. Impact of training system, vine spacing and basal leaf removal on Riesling. Vine performance, berry composition, canopy microclimate and vineyard labor requirements. *American journal of enology and viticulture* 47 (1): 63-76.
- Reynolds A.G., Wardle D.A., Cliff M.A. e King M. 2004. Impact of training system and vine spacing on vine performance, berry composition and wine sensory attributes of Seyval and Chancellor. *American journal of enology and viticulture* 55 (1): 84-95.
- Reynolds A.G., Wardle D.A., Cliff M.A. e King M. 2004. Impact of training system and vine spacing on vine performance, berry composition and wine sensory attributes of Riesling. *American journal of enology and viticulture* 55 (1): 96-103.
- Reynolds A.G., Yerle S., Watson B., Price S.F. e Wardle D.A. 1996. Fruit environment and crop level effects on Pinot noir. III. Composition and descriptive analysis of Oregon and British Columbia wines. *American journal of enology and viticulture* 47 (3): 329-339.
- Smart R.E e Robinson M. 1991. *Sunlight into Wine: A handbook for winegrape canopy management*. Winetitles, Underdale, Australia.
- Smart R.E. 1973. Sunlight interception by vineyards. *American journal of enology and viticulture* 24.
- Smart R.E. e Sinclair T.R. 1976. Solar heating of grape berries and other spherical fruits. *Agricultural meteorology* 17.
- Squeri C., Diti I., Rodschinka I.P., Poni S., Dosso P., Scotti C. e Gatti M. 2021. The high-yielding Lambrusco (*Vitis vinifera* L.) grapevine district can benefit from viticulture precision. *American journal of enology and viticulture* 72 (3): 267-278.
- Strub L., Kurth A. e Loose S.M. 2021. Effects of viticultural mechanization on working time requirements and production costs. *American journal of enology and viticulture* 72 (1): 46-55.
- Tomasi D., Moriani G. e Scienza A. 2017. *La bellussera*. Treviso: Antiga Edizioni.
- Trought M.C.T., Naylor A.P. e Frampton C. 2017. Effect of row orientation, trellis type, shoot and bunch position on the variability of Sauvignin Blanc (*Vitis vinifera* L.) juice composition. *Australian journal of grape and wine research* 23: 240-250.



- Van Zyl J.L. e Van Huyssteen L. 1980. Comparative studies on wine grapes on different trellising systems: I. Consumptive water use. *South African journal of enology and viticulture* 1 (1): 7-14.
- Van Zyl J.L. e Van Huyssteen L. 1980. Comparative studies on wine grapes on different trellising systems: II. Micro-climatic studies, grape composition and wine quality. *South African journal of enology and viticulture* 1 (1): 15-25.
- Vanden Heuvel J. E., Proctor J.T.A., Sullivan J.A. e Fisher K.H. 2004. Influence of training/trellising system and rootstock selection on productivity and fruit composition of Chardonnay and Cabernet franc grapevines in Ontario, Canada. *American journal of enology and viticulture* 55 (3): 253-264.
- Wessner L.F. e Kurtural S.K. 2013. Pruning systems and canopy management practice interact on the yield and fruit composition of Syrah. *American journal of enology and viticulture* 64 (1): 134-138.
- Wolf T.K., Dry P.R., Iland P.G., Botting D., Dick J., Kennedy U. e Ristic R. 2003. Response of Shiraz grapevines to five different training systems in the Barossa Valley, Australia. *Australian journal of grape and wine research* 9: 82-95.
- Zoecklein B.W., Wolf T.K., Duncan S.E., Marcy J.E. e Yasinski Y. 1998. Effect of fruit zone leaf removal on total glycoconjugates and conjugate fraction concentration of Riesling and Chardonnay (*Vitis vinifera* L.) grapes. *American journal of enology and viticulture* 49 (3): 259-265.
- Zoecklein B.W., Wolf T.K., Pélanne L., Miller M.K. e Birkenmaier S.S. 2008. Effect of vertical shoot-positioned, Smart-Dyson and Geneva Double-Curtain training systems on Viognier grape and wine composition. *American journal of enology and viticulture* 59 (1): 11-21.