

## Maturazione dell'uva e gestione della chioma in *Vitis vinifera*: processi e tecniche da riconsiderare in funzione del cambiamento del clima e delle nuove esigenze di mercato

Alberto Palliotti<sup>1\*</sup>, Oriana Silvestroni<sup>2</sup>, Fabrizio Leoni<sup>3</sup> e Stefano Poni<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali, Università di Perugia

<sup>2</sup> Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari ed Ambientali, Università Politecnica delle Marche

<sup>3</sup> Azienda Vitivinicola Castello di Magione, Perugia

<sup>4</sup> Istituto di Frutti-viticultura, Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza

Ricezione: 13 marzo 2012 ; Accettazione: 11 maggio 2012

### Canopy management and grape ripening in *Vitis vinifera* L.: cultural practices to be reconsidered owing to climate change and new market demand

**Abstract.** Up to few years ago, the consumers taste from both domestic and foreign markets has scored higher preferences for wines characterized by high structure/body and alcohol content and by strong terroir identity. Today, two new factors, termed as “global warming” and “drink-light phenomenon” lead to reconsider the current productive models. More specifically, the following emerging issues have to be taken into account: 1) the onset of all phenological stages occurs earlier; 2) grape ripening is generally accelerated as per increment of sugar accumulation into the berries which, in turn, leads to higher alcohol content in the wine; 3) faster depletion of organic acids in the juice and more rapid increase of pH values which, as a consequence, triggers high microbiological instability of the must during pre-fermentation; 4) uncoupling of technological (more accelerated) and phenolic (more delayed) ripening with negative effects on grape and wine aroma and flavor, especially in red grape varieties; 5) increase of berries withering up to sun burn damage. In the medium-to-long term these changes would lead to a geographical redistribution of viticulture, whereas in the brief time span they would call for hands-on solutions by the reinterpretation of traditional and innovative management techniques. In this review, several tools ranging from varietal and clonal choice, possible diversification of wines produced, suitable training system and rootstocks, as well as traditional and innovative management techniques able to regulate a too much accelerated and/or unbalanced grape ripening process, will be presented and discussed.

**Key words:** grape composition, source-sink management, sugar accumulation rate, environmental stresses, anti-transpirant, plant growth regulators.

---

### Introduzione

Il comparto vitivinicolo italiano è stato caratterizzato negli ultimi anni da una diffusa preferenza verso livelli produttivi piuttosto contenuti, spesso definiti dai disciplinari di produzione che hanno subito costanti aggiornamenti volti ad imporre limitazioni nelle rese ad ettaro al fine di produrre uve con elevate concentrazioni zuccherine ed adatte alla produzione di vini alcolici e strutturati. Tuttavia il progressivo aumento della alcolicità dei vini, che solo in alcuni casi ha permesso di migliorare la qualità perché associato ad abbassamenti di eccessive acidità o al raggiungimento di una piena maturità fenolica, segnata dalla presenza di tannini morbidi ed equilibrati, ha frequentemente portato ad ottenere vini squilibrati. La tecnica enologica recente si è inoltre concentrata sulla ricerca di una marcata impronta fenolica, soprattutto nei vini rossi, spesso ottenuta attraverso un uso rilevante e talora eccessivo del legno, talvolta non riservato alla sola fase di affinamento ma esteso anche alla fermentazione.

Nei paesi dell'Unione Europea, buona parte della ristrutturazione vitivinicola, avvenuta seguendo le linee del Reg. CE n. 1493/99 e di successivi piani regionali di sviluppo rurale, si è indirizzata verso l'aumento dell'efficienza dei nuovi vigneti ed il contenimento dei costi di produzione attraverso un potenziamento dell'attitudine alla meccanizzazione. Nei nuovi vigneti la preferenza è stata accordata a modelli colturali ad elevata densità d'impianto (> 5.000 ceppi/ha), facili da gestire (controspalliere spesso potate a cordone speronato) e con vitigni sovente poco produttivi

---

\* palliot@unipg.it

(Manzoni bianco, Grechetto, Traminer, Chardonnay, Sauvignon, Pinots, Riesling, Sagrantino, Viogner, ecc.). A ciò si aggiunge che i vigneti di recente costituzione associano di frequente una produttività limitata ad un'elevata efficienza fisiologica legata sia all'uso di tecniche colturali aggiornate sia alla presenza di ceppi giovani e pienamente funzionali; tali caratteristiche favoriscono un'accelerazione della maturazione dell'uva con aumenti rilevanti a carico dell'accumulo degli zuccheri e talvolta anche dei tannini, ma con ripercussioni negative su acidità, aromi e stabilità microbiologica (elevati valori di pH dei mosti).

Fino a pochi anni fa, la preferenza dei consumatori, in Italia come all'estero, era indirizzata verso vini decisamente strutturati e di forte carattere territoriale, gli unici premiati dalle guide di settore, caratterizzati da stadi di maturazione dell'uva piuttosto avanzati e, di riflesso, da concentrazioni zuccherine dell'uva e tenore alcolico potenziale dei vini molto elevati. Oggi due nuovi fattori, noti come *global warming*, ovvero il progressivo riscaldamento della superficie del pianeta (Schultz, 2000; Jones *et al.*, 2005) e "bere light e/o consapevolmente", cioè la crescente richiesta da parte dei mercati sia nazionali che esteri di vini a moderato contenuto alcolico (Borrelli e Raia, 2008; Seccia e Maggi, 2011), tanto da consentire già dal 2009 con il reg. Ce n. 606 la dealcolizzazione parziale dei vini fino ad un massimo di 2% vol., stanno obbligando a riconsiderare in toto l'attuale modello produttivo, vanificando, almeno in parte, i benefici acquisiti con il sopra menzionato piano di ristrutturazione vitivinicola.

Inoltre, l'aumento della concentrazione di CO<sub>2</sub> nell'aria, passata dai 260 ppm del periodo pre-industriale agli attuali 380 ppm di media, ha determinato un consistente innalzamento dell'attività fotosintetica delle piante, anche se la risposta varia in funzione della specie (Long *et al.*, 2004). Nella vite, l'aumento della concentrazione di CO<sub>2</sub> nell'aria porta ad una accelerazione della maturazione dell'uva, evidenziato da un aumento della concentrazione degli zuccheri nel mosto e da un decremento del quadro acidico (Bindi *et al.*, 2001).

L'individuazione di nuovi modelli produttivi e l'aggiustamento delle tecniche colturali, compito della ricerca di settore, devono tener conto sia delle nuove esigenze del mercato che delle emergenze derivanti dall'effetto combinato del riscaldamento del pianeta e dell'elevata efficienza fisiologica dei vigneti, tra le quali occorre in particolare citare:

- l'anticipo delle fasi fenologiche;
- l'accelerazione del processo di maturazione delle uve ed il conseguente incremento della concentra-

zione zuccherina dei mosti e del tenore alcolico dei vini;

- l'accelerato depauperamento del quadro acidico dei mosti e i rapidi aumenti dei valori di pH, che possono toccare alla vendemmia valori superiori a 3,5-3,6 con ripercussioni negative sia sul colore che sulla stabilità microbiologica delle masse in fase di pre-fermentazione;
- il disaccoppiamento tra la maturazione tecnologica dell'uva, sempre più accelerata, e la maturità fenolica, maggiormente ritardata all'interno di un quadro particolarmente infelice per i vitigni a bacca nera;
- aumento dei fenomeni di disidratazione veloce ed irreversibile degli acini sempre più frequentemente soggetti a gravi danni da scottature, che hanno di recente portato alcune aziende a stipulare polizze assicurative anche contro questa nuova e pericolosa tipologia di danno.

Sotto questo punto di vista, la stagione 2011, caratterizzata in gran parte d'Italia da un inizio dell'estate (giugno-luglio) piuttosto fresco e piovoso seguito da un periodo agosto-settembre caldo e siccitoso, ha fatto registrare numerosi casi di scottature degli acini, mosti con concentrazioni zuccherine particolarmente elevate (> 25-26 °Brix) ed acidità troppo spesso modeste (< 4,5-5 g/l), accompagnate da livelli produttivi decisamente ridotti rispetto all'anno precedente (le prime stime dell'OIV ed Europa Vini riportano infatti una flessione media del 10% per la quantità di vini prodotta in Italia nel 2011 rispetto al 2010, ovvero 42,2 contro 46,8 milioni di hl).

In realtà, aumenti progressivi della capacità di accumulo degli zuccheri nel mosto e della alcolicità dei vini sono stati evidenziati da tempo anche in aree viticole di altri paesi; in Napa Valley (California), ad esempio, Dokoozlian (2009) riporta che il livello medio degli zuccheri dei mosti di Cabernet Sauvignon è passato dai 21-22 °Brix del 1990 ai 24-25 °Brix nel 2008. Sempre nella Napa Valley il tasso alcolico medio dei vini prodotti è cresciuto dal 12,5% al 14,8% nel periodo 1971-2001 (Vierra, 2004). In Australia, nel periodo 1984-2004, si è passati da 12,3% a 13,9% di alcool nei vini rossi e da 12,2% a 13,2% nei bianchi (Godden e Gishen, 2005). Infine, Duchene e Schneider (2005) riportano che il grado alcolico potenziale delle uve di Riesling prodotte in Alsazia è aumentato del 2,5% negli ultimi 30 anni a causa di temperature più elevate nel corso della maturazione.

Anche le variazioni inerenti le fasi fenologiche sono state ben documentate e il dato forse più eclatante è l'anticipo dell'epoca di vendemmia di oltre un mese evidenziato nello Chateaufeuf du Pape

(Francia) da Ganichot (2002) in un arco di 60 anni, cioè dal 1945 al 2005. Per il Montepulciano allevato in Abruzzo, invece, l'anticipo dell'epoca di vendemmia è stato calcolato in circa 14-15 giorni nella parte centrale della regione e della costa, mentre scende a circa 10 giorni nella parte costiera situata a sud (Di Lena et al., 2010). Nella regione vitivinicola tedesca Rheingau, Stoll *et al.* (2009) riportano che, negli ultimi 30 anni, le fasi di germogliamento ed allegagione del Riesling hanno mostrato anticipi di 10-17 giorni e l'invaiaitura di ben 14-21 giorni. In Italia, una delle ultime simulazioni eseguite con il modello HadCM3 al fine di prevedere l'impatto che il cambiamento climatico potrebbe indurre sulle fasi fenologiche del vitigno Chardonnay in Trentino, indica che, accanto ad un anticipo significativo delle fenofasi primaverili, ovvero germogliamento e fioritura e soprattutto dell'invaiaitura, alcune zone montane site a circa 1.000 m di altitudine potrebbero divenire aree climaticamente adatte per la viticoltura prima della fine di questo secolo (Caffarra e Eccel, 2011).

Dal punto di vista tecnico occorre inoltre sottolineare che questi fenomeni negativi risultano accentuati in tutte quelle condizioni, ambientali e tecniche, nelle quali la carenza idrica, soprattutto precoce, si verifica con maggiore facilità e frequenza e, più in dettaglio:

- vigneti collinari non irrigui;
- vigneti impiantati su terreni sciolti e sabbiosi o caratterizzati da una scarsa dotazione in sostanza organica o da un limitato franco di coltivazione;
- vigneti con elevate densità d'impianto, caratterizzati da consumi idrici estivi decisamente elevati (Williams, 2001).

In questo contesto è necessario puntare l'attenzione sugli scenari futuri e definire interventi sia di natura programmatica, ossia pianificare i nuovi assetti della viticoltura del millennio appena iniziato, sia di messa a punto di tecniche colturali idonee a superare o quantomeno tamponare, nel breve-medio periodo, gli effetti negativi derivanti da queste nuove e forse inattese problematiche.

### **Futura pianificazione del settore vitivinicolo**

La futura pianificazione del settore vitivinicolo dovrà tenere in attenta considerazione le possibili ripercussioni che i cambiamenti climatici in atto potranno avere sulle aree vocate alla coltivazione della vite. Nello specifico, occorre infatti evidenziare due nuove realtà che si stanno via via consolidando:

a) zone vitate tradizionalmente considerate marginali per carenza di disponibilità termiche stanno ora

divenendo sempre più adatte a portare a compimento la maturazione delle uve delle varietà precoci che da tempo vi erano state selezionate e iniziano a poter ospitare vitigni meno precoci. Ad esempio alcune aree viticole tedesche, come quella della Valle del Reno, fino a qualche anno fa esclusivamente destinate alla coltura di vitigni bianchi precoci, Riesling in particolare, stanno attualmente inserendo in coltura varietà a bacca nera a media maturazione. Anche nel sud dell'Inghilterra la coltivazione della vite, dopo la sua scomparsa durante la piccola età glaciale iniziata nel XV secolo, sta divenendo un'attività economica interessante, non solo per la produzione di vini frizzanti;

b) zone vitate ad elevata vocazionalità viticola possono ormai presentare disponibilità termometriche in esubero rispetto ai fabbisogni delle varietà tradizionalmente coltivate (Moriondo *et al.*, 2011). Si può pertanto prospettare la necessità di modificare le piattaforme ampelografiche e di intervenire per limitare i danni da stress estivi. A questo riguardo occorre sottolineare che numerosi ambienti viticoli, tra i quali assumono particolare notorietà alcune aree della California e dell'Australia, devono attualmente affrontare problemi connessi alla necessità di intervenire con l'irrigazione e di garantire un uso efficiente delle risorse idriche, non sempre adeguatamente disponibili. In questi ambienti viticoli divengono sempre più frequenti decorsi della maturazione troppo accelerati, fenomeni di scottature dell'uva e sintesi di aromi fortemente sbilanciati verso sentori tipici della sovra maturazione. A questo proposito, Kenny e Harrison (1993) quasi 20 anni fa hanno stimato che a causa del riscaldamento del pianeta il limite di coltivazione della vite in Europa si sarebbe spostato verso nord con una velocità compresa tra 10 e 30 km ogni decade e che questa velocità sarebbe raddoppiata nel periodo compreso tra il 2020 ed il 2050.

Il problema della corretta collocazione dei vitigni sul territorio si presenta pertanto sotto una nuova luce, connessa non solo alla necessità di soddisfare i fabbisogni termici, ma anche al bisogno di razionalizzare l'uso delle risorse naturali, prime fra tutte l'acqua. Assume pertanto particolare rilievo lo studio delle capacità di adattamento dei vitigni agli stress multipli estivi e l'individuazione di genotipi resistenti, che presentino cioè un'elevata efficienza dell'uso dell'acqua, da utilizzare in ambienti caratterizzati da elevati regimi termici e radiativi e da scarse disponibilità idriche. In questi ultimi anni è emerso che i meccanismi che consentono ai vari vitigni di adattarsi agli stress estivi sono mediati dalla sensibilità stomatica e si fondano su una base principalmente genetica. Ricerche di tipo comparativo hanno infatti messo in evidenza che i

vitigni Sangiovese, Grechetto Grenache, Manto Negro e Moscatel, sono da considerare meglio adattati alla siccità (genotipi sfuggenti) rispetto a Montepulciano, Pignoletto, Syrah, Tempranillo e Castelão, poiché capaci di esprimere elevati valori di conducibilità stomatica e di efficienza dell'uso dell'acqua indipendentemente dal potenziale idrico fogliare (Bota *et al.*, 2001; Medrano *et al.*, 2003, Schultz, 2003; De Sousa *et al.*, 2005; Palliotti *et al.*, 2008a e 2009).

Il mutato scenario climatico pone nuovi problemi, ma fornisce anche nuove opportunità che possono derivare ad esempio dallo sfruttamento della complessa orografia del territorio italiano che presenta spesso ampie variazioni di altitudine anche all'interno di zone poco estese. Nelle aree montane e pede-montane potrebbero essere quindi riconsiderate le scelte relative sia all'esposizione dei terreni che alla loro quota altimetrica: se 30-40 anni fa era preferibile scegliere esposizioni a sud e quote non troppo elevate per garantire il soddisfacimento del fabbisogno termico di una varietà e consentire la piena maturazione delle uve, oggi potrebbe essere opportuno scegliere esposizioni che portino ad una minore intercettazione della radiazione solare e/o posizionare i vigneti a quote leggermente più elevate. In altri termini, il mantenimento di alcune eccellenze qualitative della nostra tradizione vitivinicola potrebbe richiedere un leggero riposizionamento dei vigneti. L'ampia gamma di vitigni oggi disponibili potrebbe infine permettere l'individuazione di nuove eccellenze qualitative che possono emergere dallo sfruttamento razionale delle nuove interazioni "genotipo-ambiente".

La ricollocazione dei vitigni sul territorio dovrebbe tenere in considerazione anche una potenziale diversificazione produttiva; differenti tipologie di vino possono infatti essere ottenute anche a partire da una stessa varietà ed attualmente i vini rosati, gli spumanti ed i novelli stanno riscuotendo un successo commerciale interessante. Questi vini di pronta beva presentano una matrice tannica non particolarmente importante rispetto a quella colorante ed aromatica e richiedono uve con un quadro fenolico non troppo marcato. In questi casi si potrebbe riconsiderare anche la scelta clonale, orientata ad esempio verso cloni con grappoli di dimensioni maggiori, ad acino grosso e/o con un minor rapporto buccia/polpa. Verrebbe in tal modo contenuta l'attitudine ad accumulare gli zuccheri negli acini senza penalizzare eccessivamente la concentrazione di antociani e di polifenoli e si potrebbero produrre vini ad impronta territoriale, ma di moderato tenore alcolico. Appare altresì opportuno riconsiderare anche la scelta del portinnesto nei nuovi impianti, che potrebbe cadere anche su quelli dotati di una

vigoria medio-alta, capaci di indurre un aumento delle produzioni a ceppo e rallentare la maturazione dell'uva attraverso un contenimento dell'accumulo degli zuccheri nel mosto, quali: 110 Richter, 779 e 1103 Paulsen e Kober 5BB (Morando, 2001). L'adozione di cloni più produttivi e di portinnesti più vigorosi dovrebbe ovviamente essere associata ad una revisione delle distanze di impianto sulla fila, che potrebbero essere leggermente ampliate rispetto a quelle oggi consigliate per i vigneti volti alla produzione di uve destinate all'ottenimento di vini più strutturati.

La necessità di adattare la tecnica colturale alle nuove condizioni climatiche porta ad una serie di considerazioni sulla scelta del sistema di allevamento che fa emergere alcuni problemi a carico dei sistemi in parete verticale, ossia le contropalliere, che hanno di recente dominato il panorama viticolo italiano. Indagini condotte in aree viticole di tutto il mondo in cui il problema degli stress termici e luminosi si sta ponendo con imperiosità, hanno dimostrato che il microclima dei grappoli ideale per uve sia nere sia bianche è costituito da un regime di prevalente luce diffusa interrotto da lampi di luce che si infiltrano nella chioma da diverse direzioni. Questo assetto è facilmente perseguibile impostando una chioma libera con portamento assurgente della vegetazione, esempio un alberello rivisitato o, in una versione più moderna, il sistema a cordone libero. Sotto questo profilo la contropalliera classica, indipendentemente dal tipo di potatura adottato, crea una separazione netta tra la fascia di vegetazione e quella di collocazione dei grappoli; quest'ultima, sia pure con variabilità legata alla distanza tra le file ed all'orientamento dei filari, espone sempre al problema della sovraesposizione e del surriscaldamento dell'uva nelle ore più calde della giornata.

Non vi è dubbio che, indipendentemente dalle condizioni di illuminazione, la temperatura dell'aria e, di riflesso del grappolo, giochino un ruolo assai più incisivo e definito sulla sintesi del colore. Sotto questo aspetto, uno studio condotto su Merlot ha dimostrato che i grappoli sottoposti a raffreddamento artificiale durante il giorno, senza alterazione dell'esposizione alla luce (che è rimasta disponibile ad elevata intensità e, quindi, non limitante) hanno poi presentato, alla vendemmia, maggiore intensità colorante rispetto ai grappoli di controllo (Spayd *et al.*, 2002). Inoltre, è altresì noto da tempo che un aumento dell'escursione termica giorno-notte favorisce la sintesi del colore, mentre temperature diurne del grappolo che, in climi temperato-caldi, assai facilmente superano in estate 40 °C, sono fortemente limitanti per l'azione degli enzimi che svolgono un ruolo primario nella via bio-

sintetica degli antociani. Infine, più di recente, è stato appurato che temperature che eccedono i 35 °C possono non solo rallentare i fenomeni di sintesi, imputabili all'inibizione della trascrizione del mRNA dei geni responsabili della biosintesi degli antociani, ma anche causare la degradazione più rapida dei pigmenti già prodotti ed accumulati nella buccia delle uve (Mori *et al.*, 2007).

Con tali premesse, l'adozione di sistemi di allevamento capaci di mantenere i grappoli in condizioni di luce diffusa, soprattutto durante le ore più calde della giornata, può rappresentare una scelta agronomicamente vincente, oltre che semplice, soprattutto nelle aree nelle quali la vite manifesta fenomeni ricorrenti di carenza idrica estiva accompagnati da elevate temperature, bassa umidità relativa dell'aria e conseguenti alti valori di deficit di pressione di vapore (> 3,5-4 kPa). Tra i sistemi di allevamento più o meno idonei a raggiungere questo obiettivo e che, in virtù dell'ombreggiamento dei grappoli, sono in grado anche di limitare i pericolosissimi danni da scottature e/o bruciature degli acini, possiamo annoverare:

- tendone;
- pergole;
- cordone libero;
- alberello;
- GDC;
- SAYM (Palliotti, 2011a).

In questo quadro non vi è dubbio che un tema di scottante attualità sia quello relativo alle modalità colturali capaci di ritardare la maturazione dell'uva evitando di raggiungere, spesso già entro la seconda decade di agosto, concentrazioni zuccherine talmente elevate e/o di tenori acidici così bassi da imporre una vendemmia immediata. Sotto questo profilo, peraltro, il problema è più complesso di quanto possa apparire:

se, infatti, da un lato si desidera avere un rallentamento dell'accumulo zuccherino ed un contenimento del valore di pH, dall'altro, soprattutto nei vitigni a bacca nera, si vorrebbe che la formazione di antociani e di tannini nobili, nonché della componente aromatica, non fosse altresì eccessivamente penalizzata. Fenomeni negativi, questi ultimi, che di solito avvengono nei casi di vendemmie anticipate con produzioni di vini immaturi e meno espressi.

### **Tecniche colturali, tradizionali ed innovative, applicabili per rallentare la maturazione tecnologica dell'uva**

Alla luce di quanto sopra, è utile riconsiderare le potenzialità applicative di alcune tecniche colturali tradizionali ed innovative capaci di regolarizzare o perfino ritardare una maturazione troppo accelerata e/o sbilanciata. In accordo alla loro modalità di azione, tali tecniche colturali possono essere classificate in quattro gruppi (tab. 1).

#### **Tecniche colturali basate sull'induzione di meccanismi di competizione nutrizionale tra i vari organi della vite**

*Aumento calibrato della produttività unitaria ottenuto incrementando il carico di gemme*

Condizioni di elevata produttività unitaria sono generalmente accompagnate da un basso rapporto tra la "superficie fogliare" e la "produzione pendente" (inferiore a 0,8 e 0,5 m<sup>2</sup>/kg d'uva rispettivamente per i sistemi di allevamento a controspalliera e per quelli orizzontali e/o a chioma divisa), e comportano una limitazione nella capacità di accumulo degli zuccheri nell'acino (Kliewer e Dokoozlian, 2005). In tali situa-

Tab. 1 - Tecniche colturali utilizzabili per regolarizzare e/o ritardare la maturazione dell'uva.  
*Tab. 1 - Management techniques used to stabilize and/or delay the ripening of the grapes.*

Tecniche colturali basate sull'induzione di meccanismi di competizione nutrizionale tra i vari organi della vite	aumento calibrato di produttività unitaria ottenuto incrementando il carico di gemme cimatura tardiva dei germogli irrigazioni tardive potatura invernale tardiva
Tecniche colturali basate sull'induzione di stress fotosintetici calibrati	defogliazioni tardive ombreggiamento delle chiome con appositi teli schermanti impiego di sostanze con attività antitraspirante
Tecniche colturali basate sull'uso di prodotti che agiscono sui processi di maturazione dell'uva	auxine di sintesi brassinazolo acido salicilico citochinine di sintesi
Tecniche colturali alternative	vendemmia anticipata di parte della produzione pendente per la costituzione di specifici prodotti enologici

zioni è possibile accelerare e migliorare il decorso della maturazione aumentando il rapporto “superficie fogliare/uva” attraverso un contenimento del carico produttivo, che può essere agevolmente ottenuto mediante il diradamento dei grappoli (fig. 1) (Palliotti e Cartechini, 2000; Palliotti *et al.*, 2008c) o per mezzo di una precoce scacchiatura dei germogli (Bernizzoni *et al.*, 2011). Viceversa, non si può affermare con altrettanta certezza che si riesca a diminuire la capacità di accumulo degli zuccheri nell’uva solo attraverso un incremento della carica di gemme in potatura invernale, soprattutto in vigneti equilibrati e ben gestiti. In tali casi, infatti, oltre all’effetto annata, anche le riserve nutrizionali accumulate nel legno e nelle radici possono giocare un ruolo significativo (effetto tampone). Ad esempio, nel 2011, un aumento della carica di gemme da 43.400 ad 78.700 ad ettaro (precisamente 9 vs 16,3 gemme/ceppo) in un vigneto di Sagrantino allevato a cordone speronato non ha indotto modifiche sostanziali sull’accumulo degli zuccheri e sulla degradazione degli acidi organici nel mosto (fig. 2), nonostante un aumento della produttività delle piante del 64% ed una concomitante diminuzione della componente fenolica delle uve, precisamente -17% per gli antociani e -35% per i polifenoli totali (tab. 2) (Palliotti, dati non pubblicati). È da rimarcare come, anche in questo caso, il rapporto “superficie fogliare/uva” non era limitante nemmeno nella tesi con alta carica di gemme (tab. 2).

#### Cimatura dei germogli ed irrigazione tardiva

Un’altra leva, per certi aspetti naturale, sulla quale basare una strategia di rallentamento della maturazione è quella che sfrutta i normali rapporti di competi-

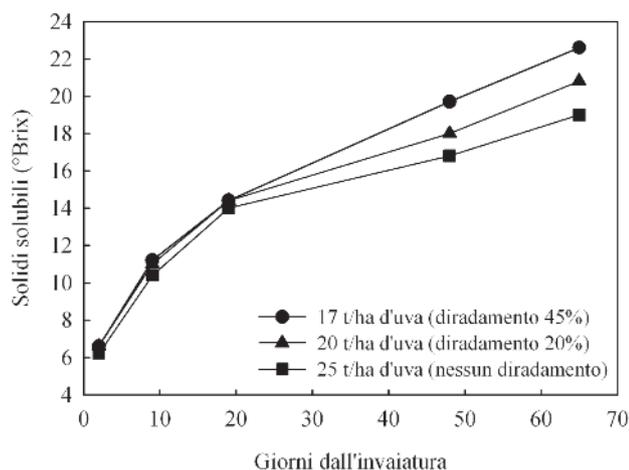


Fig. 1 - Evoluzione dell’accumulo degli zuccheri nell’uva durante la maturazione in vigneti di Montepulciano allevati a tendone in Abruzzo con differenti carichi produttivi ad ettaro.

Fig. 1 - Seasonal evolution of soluble solids accumulation in vineyards of Montepulciano trained to tendone system with different crop load in Abruzzo region.

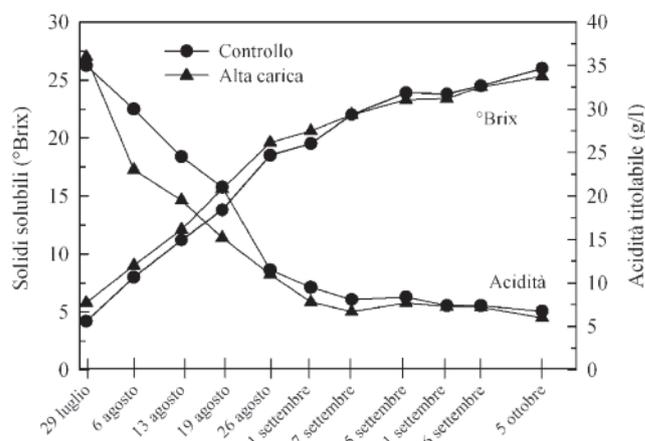


Fig. 2 - Evoluzione dell’accumulo di zuccheri e della degradazione dell’acidità titolabile nel mosto durante la maturazione in ceppi di Sagrantino allevati a cordone speronato e potati con media ed alta carica di gemme (rispettivamente 9 e 16,3 gemme/ceppo).

Fig. 2 - Seasonal evolution of soluble solids and titratable acidity in grapes from vineyards of Sagrantino trained to spur pruned cordon and pruned to retain normal and high bud load (9 and 16.3 buds per vine, respectively).

zione di crescita tra germogli e grappoli. La figura 3 riporta gli andamenti ideali dei due processi; la curva di velocità di crescita dei germogli rallenta dopo la fioritura e si arresta in prossimità dell’invasatura, quando prende avvio l’accrescimento dell’acino che poi procede regolarmente secondo il ben noto andamento a doppia sigmoide. Il termine ideale, con il quale abbiamo appena definito questi andamenti, è giustificato dal fatto che la dinamica delle due curve

Tab. 2 - Effetti dell’aumento della carica di gemme sulla produttività delle piante di Sagrantino e sulle caratteristiche compositive dell’uva alla vendemmia.

Tab. 2 - Effect of bud load increase on vine yield and grape composition at harvest in Sagrantino vineyard.

Parametri	Controll (9 gemme/ceppo)	Alta carica (16,3 gemme/ceppo)
Grappoli/ceppo (n°)	10,1 b	23,7 a
Produzione uva (kg/ceppo)	1,94 b	3,19 a
Produzione uva (t/ha)	9	15
Peso medio grappolo (g)	184 a	137 b
Peso medio acino (g)	1,53 a	1,64 a
Acini/grappolo (n°)	120 a	84 b
Solidi solubili (°Brix)	25,3 a	26,0 a
Acidità titolabile (g/l)	6,75 a	6,00 a
pH	3,47 a	3,51 a
Antociani (mg/cm <sup>2</sup> di buccia)	0,35 a	0,29 b
Polifenoli tot (mg/cm <sup>2</sup> di buccia)	0,86 a	0,56 b
Superficie fogliare/uva (m <sup>2</sup> /kg)	2,25 a	1,83 a

Le medie accompagnate da lettere diverse sono significativamente differenti per  $P \leq 0,05$  (t-test di Student).

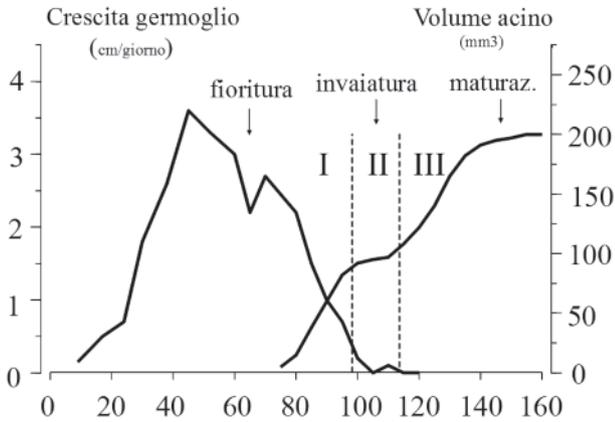


Fig. 3 - Evoluzione stagionale della crescita di germogli e acini.  
Fig. 3 - Seasonal evolution of shoot and berry growth.

soddisfa un criterio fisiologico specifico della viticoltura ovvero che, proprio per privilegiare i processi della maturazione, non debbano sussistere rapporti competitivi tra i due fenomeni che, di fatto, temporalmente non si sovrappongono. È evidente che il mutare delle condizioni climatiche e quindi delle potenzialità di maturazione induce a re-interpretare queste relazioni ipotizzando che uno spostamento verso destra della curva di crescita dei germogli possa innescare un meccanismo di competizione vegetativa che, nella fattispecie, si rivelerebbe utile per rallentare la maturazione. Sotto questo profilo, il problema pratico è di come indurre, ad esempio, una ricrescita di femminelle calibrata e giustamente competitiva. Nel merito, due ci sembrano le tecniche più affidabili: la prima è quella che utilizza l'epoca e la severità di cimatura dei germogli per stimolare la produzione di femminelle, nel caso specifico l'interesse sarebbe nei confronti di cimature ad esempio più tardive e/o severe e quindi in grado di dare poi origine a femminelle capaci di svolgere una funzione competitiva. La seconda, qualora applicabile, fa riferimento ad un uso mirato della risorsa idrica, poiché un'irrigazione volutamente tardiva potrebbe infatti essere utilizzata per ravvivare la crescita vegetativa nella parte finale della stagione lasciando a qualche apice di giovane femminella il compito di graduare o rallentare il processo di accumulo dei soluti negli acini. Parimenti, un'irrigazione tardiva potrebbe indurre una diluizione del mosto e diminuire in tal modo la concentrazione sia degli zuccheri sia degli acidi organici.

Per quanto riguarda la tecnica di cimatura dei germogli, Stoll *et al.* (2009) con interventi effettuati all'allegagione hanno ottenuto su Riesling un ritardo di maturazione di circa 20 giorni ed una riduzione significativa della capacità di accumulo degli zuccheri nel mosto di oltre 4 °Brix, mentre Filippetti *et al.*

(2011), a seguito di una cimatura tardiva eseguita una settimana dopo l'invasatura, hanno indotto su Sangiovese una significativa riduzione nell'accumulo degli zuccheri nel mosto senza modificare il pH ed il contenuto in acidi organici, antociani e tannini sia nei vinaccioli che nelle bucce. Anche in Spagna, su Grenache e Tempranillo, cimature dei germogli particolarmente "aggressive" (taglio eseguito, dopo l'allegagione, subito al di sopra del grappolo distale), hanno ridotto il rapporto "superficie fogliare/uva" e, nel contempo, rallentato il processo di maturazione con cali significativi a carico del contenuto in zuccheri, antociani e polifenoli totali e del pH nel mosto, nonché del peso del grappolo e dell'acino (Balda e Martinez de Toda, 2011).

Indagini meno recenti eseguite in Umbria su differenti vitigni sia a bacca nera che bianca hanno evidenziato come le cimature dei germogli eseguite tardivamente, cioè 5 settimane dopo la piena fioritura, contrariamente a quelle precoci, applicate una settimana dopo la fioritura o ai controlli non cimati, determinano rallentamenti nell'accumulo degli zuccheri e nella degradazione degli acidi organici posticipando pertanto l'epoca ottimale di vendemmia (fig. 4) (Palliotti, 1992; Cartechini *et al.*, 1998). Indipendentemente dal

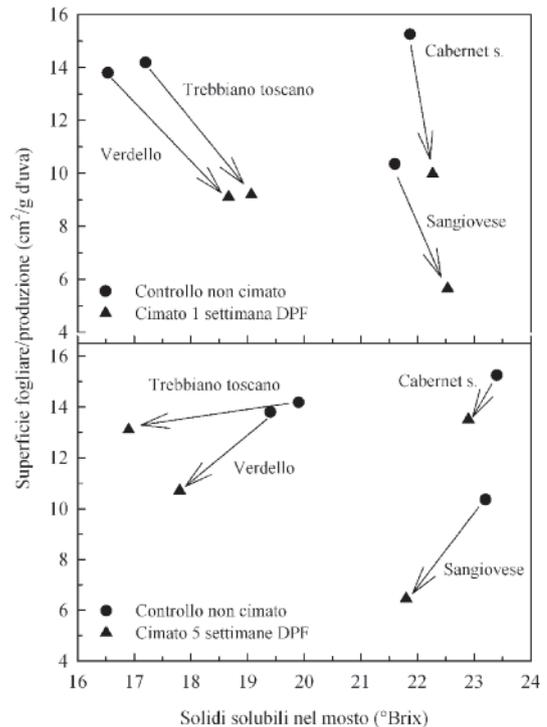


Fig. 4 - Relazione tra l'accumulo dei solidi solubili nel mosto ed il rapporto "superficie fogliare/uva" in differenti vitigni a bacca bianca e nera non cimati e sottoposti a cimatura dei germogli 1 e 5 settimane dopo la piena fioritura.

Fig. 4 - Relationship between must total soluble solids and leaf/fruit ratio at harvest in vines of different red and white grape varieties either untrimmed or trimmed one (above picture) and five (lower picture) weeks after full bloom.

vitigno e dall'annata, questi risultati sono principalmente imputabili a due effetti: riduzione del rapporto "superficie fogliare/uva", da una parte, e competizione nutrizionale tra lo sviluppo delle femminelle di neo formazione e la fase di accumulo nell'uva, dall'altra. È ovvio che i risultati attesi dalle operazioni di cimatura tardiva dei germogli sono strettamente vincolati, oltre che all'epoca ed intensità dell'intervento, anche alla vigoria del sito di coltivazione e ai fattori ambientali, piogge *in primis*, che possono favorire lo sviluppo tardivo delle femminelle e/o un procrastinamento dell'accrescimento degli acini indispensabile per ottenere quella competizione nutrizionale necessaria ad indurre un rallentamento dei processi di maturazione dell'uva, incluso l'accumulo degli zuccheri nel mosto.

#### *Potatura invernale tardiva*

Recentemente è stato riscontrato che anche l'epoca di potatura può rallentare il decorso della maturazione dell'uva; Friend e Trought (2007) infatti su Merlot allevato in Nuova Zelanda hanno evidenziato che la potatura invernale eseguita tardivamente o molto tardivamente, ovvero 1, 2 o 3 mesi dopo la data usuale di applicazione di tale pratica colturale, può diminuire la concentrazione in solidi solubili dell'uva (fino a -3,6 °Brix), rallentare la degradazione degli acidi organici e mantenere un valore ottimale di pH del mosto.

#### **Tecniche colturali basate sull'induzione di stress fotosintetici calibrati**

*Defogliazioni tardive, ombreggiamento delle chiome con appositi teli schermanti ed impiego di sostanze con attività antitrasspirante*

Il grado di innovazione delle tecniche di cui tratteremo in questa parte del lavoro è relativo ad applicazioni, apparentemente contro-logica, di principi fisiologici ampiamente assodati. Tra questi, primeggia il rapporto che intercorre tra l'età delle foglie e la loro efficienza fotosintetica. È noto che sono le foglie di circa 40-50 giorni quelle più efficienti e che, oltre tale soglia, inizia un declino continuo e graduale di funzionalità (Palliotti e Silvestroni, 2004; Poni *et al.*, 2007). Su tale base, è evidente che, dall'invasatura in poi, le foglie più importanti per la maturazione dell'uva sono quelle collocate nella porzione mediana ed apicale del germoglio (fig. 5). Pertanto, se la finalità è quella di rallentare la maturazione dell'uva, una possibilità potrebbe essere quella di indurre uno stress fotosintetico calibrato, eseguendo una defogliazione meccanica piuttosto tardiva, cioè in post-invasatura, concentrata sulla parte alta della chioma (fig. 6). Questa tecnica applicata il 23 agosto 2011 ad un vigneto di

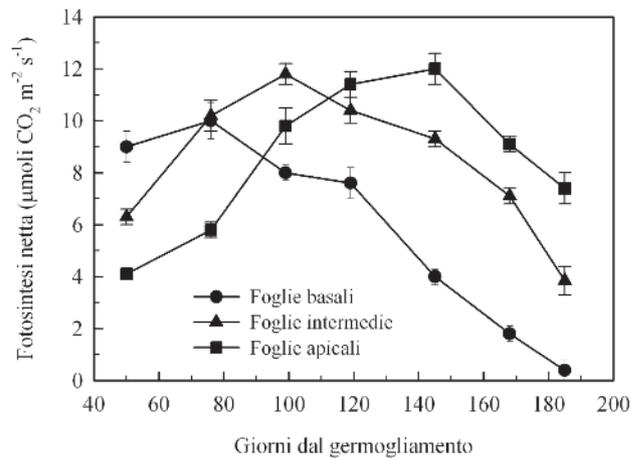


Fig. 5 - Andamento stagionale della fotosintesi netta in foglie basali, mediane ed apicali di germogli fruttiferi di Trebbiano toscano.  
Fig. 5 - Seasonal evolution of net photosynthesis in basal, medial and apical leaves of Trebbiano toscano bearing shoots.



Fig. 6 - Defogliatrice meccanica in azione su Sangiovese e particolare della chioma dopo il passaggio della macchina operante nella parte alta della chioma circa quattro settimane prima della vendemmia.

*Fig. 6 - Detail of vine canopy just after mechanical defoliation four weeks before grape harvest.*

Sangiovese allevato a cordone speronato con distanze di impianto di 2,5 × 0,8 m (5.000 ceppi/ha) utilizzando una defogliatrice meccanica Binger (Seilzug GmbH & Co., Germania) nella porzione alta della

chioma, con due passaggi per ciascun filare, ha determinato un rallentamento nella capacità di accumulo degli zuccheri nel mosto (fig. 7) (Palliotti *et al.*, 2012). All'eliminazione del 36% della superficie fogliare unitaria (pari a 2,6 m<sup>2</sup>/ceppo) è corrisposto una riduzione del rapporto "superficie fogliare/uva" del 52% (pari a 0,99 m<sup>2</sup>/kg), e degli zuccheri nel mosto di ben 1,1 °Brix, senza penalizzare gli altri parametri compositivi sia dell'uva che dei vini (tab. 3). Nell'intervallo defogliazione-vendemmia, nella

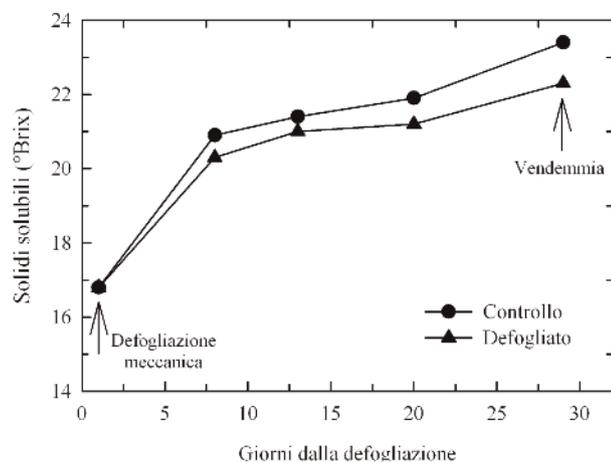


Fig. 7 - Accumulo degli zuccheri nel mosto durante la maturazione in ceppi di Sangiovese defogliati meccanicamente quattro settimane prima della vendemmia e non defogliati.

Fig. 7 - Evolution of total soluble solids accumulation in grapes of Sangiovese vines subjected to mechanized leaf removal four weeks before harvest and undefoliated.

Tab. 3 - Effetti del trattamento di defogliazione meccanica eseguita in post-invaiaitura sulla produttività delle piante di Sangiovese e sulle caratteristiche compositive dell'uva alla vendemmia e dei vini dopo 3 mesi di affinamento.

Tab. 3 - Effect of late mechanized leaf removal applied in post veraison on vine yield and grape and wine composition in Sangiovese vines.

Parametri	Controllo	Defogliato
Grappoli/ceppo (n°)	10,1 a	11,0 a
Produzione uva (kg/ceppo)	3,11 a	3,40 a
Peso medio grappolo (g)	315 a	305 a
Solidi solubili (°Brix)	23,4 a	22,3 b
Acidità titolabile (g/l)	6,2 a	6,0 a
pH del mosto	3,41 a	3,39 a
Antociani (mg/cm <sup>2</sup> di buccia)	0,339 a	0,349 a
Polifenoli tot. (mg/cm <sup>2</sup> di buccia)	0,577 a	0,550 a
Sup. fogliare/produzione (m <sup>2</sup> /kg)	1,89	0,90
Vini		
Alcool (% vol.)	14,0	13,5
Acidità totale (g/l)	6,02	5,67
pH	3,39	3,37
Antociani totali (mg/l)	151	160
Polifenoli totali (mg/l)	1.762	1.749

Le medie accompagnate da lettere diverse sono significativamente differenti per  $P \leq 0,05$  (t-test di Student).

tesi defogliata è stato riscontrato un tasso di accumulo degli zuccheri nel mosto pari a 0,19 °Brix/giorno rispetto a 0,23 °Brix/giorno della tesi controllo.

In un recente lavoro, Stoll *et al.* (2009) hanno ottenuto, su Riesling, un ritardo della maturazione di circa due settimane a seguito di una defogliazione meccanica eseguita però durante l'allegagione nella parte sopra i grappoli con l'asportazione del 43% circa della superficie fogliare totale.

Tuttavia, non necessariamente l'imposizione di uno stress fotosintetico deve passare attraverso la rimozione delle foglie; possono infatti essere utilizzate tecniche di ombreggiamento totale o parziale della chioma per mezzo, ad esempio, di reti schermanti neutre (fig. 8) utili anche in caso di prodotti enologici particolari. Nello specifico, un ombreggiamento limitato alla fascia dei grappoli aiuta certamente nel contenere il surriscaldamento dei grappoli e quindi nel preservare una frazione più elevata di acido malico, componente essenziale in un'ottica di vinificazione per vini bianchi, anche frizzanti e/o base spumante. A



Fig. 8 - Ombreggiamento totale e parziale, limitato cioè alla sola fascia produttiva, della chioma con teli schermanti neutri.

Fig. 8 - Total and partial shading of vine canopies with neutral shade.

questo riguardo, studi eseguiti sullo stress da carenza luminosa (Cartechini e Palliotti, 1995) hanno messo in evidenza come l'ombreggiamento artificiale delle chiome di Sangiovese realizzato ponendo in opera, prima del germogliamento, reti schermanti neutre capaci di attenuare del 40% e del 70% la piena luce solare, hanno ridotto in modo rilevante l'attività fotosintetica delle foglie durante l'intera giornata (fig. 9) con una ripercussione negativa sulla produttività unitaria (-11% e -14% rispettivamente nella tesi schermata 40% e 70% rispetto al controllo sviluppato alla piena luce solare), nell'accumulo degli zuccheri nel mosto (rispettivamente -4,3 e -5,1 °Brix) e nella degradazione degli acidi organici, con uve maggiormente acide nelle chiome ombreggiate (fig. 9). Peraltro, un rallentamento nella maturazione dell'uva è stato riscontrato a seguito di ombreggiamenti artificiali in numerosi vitigni ed ambienti (Bureau *et al.*, 2000; Downey *et al.*, 2004; Scafidi *et al.*, 2011).

Di certo, l'ultima frontiera per quanto attiene alla modalità con cui poter indurre un calibrato calo di fotosintesi è l'applicazione, alla chioma intera o a settori più contenuti della stessa, di prodotti antitranspiranti di origine naturale ottenuti per distillazione dalle resine delle conifere (es. Vapor Gard® a base di pinolene, p.a. di-1-*p*-menthene, C<sub>20</sub>H<sub>34</sub>). Il prodotto, una volta irrorato, evapora nel giro di poche ore lasciando sulle foglie un sottile film trasparente che limita in maniera parziale gli scambi gassosi (-30÷70% rispetto ai controlli non trattati) per un periodo di circa 40-50 giorni e, una volta degradato, consente alla foglia

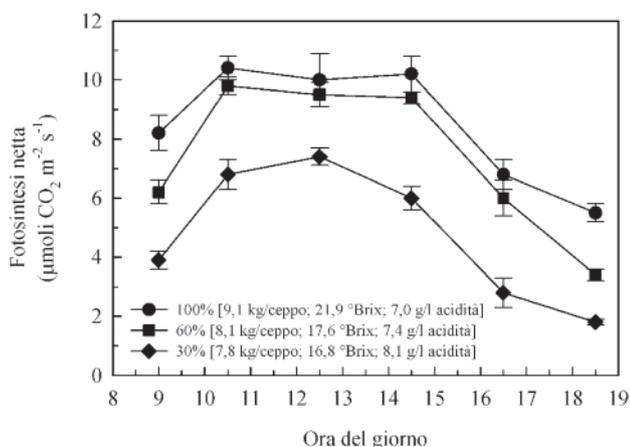


Fig. 9 - Andamento giornaliero della fotosintesi netta rilevato durante la fioritura nelle foglie mediane di viti di Sangiovese sviluppate al 100%, 60% e 30% della piena luce (nel grafico sono riportati anche la produzione a ceppo e la concentrazione di zuccheri ed acidi organici nel mosto alla vendemmia).

Fig. 9 - Daily variation of net photosynthesis at flowering stage in external leaves of bearing shoots of Sangiovese vines developed at 100, 60 and 30% sunlight (vine yield, total soluble solids and titratable acidity assessed at harvest time are also reported).

stessa un recupero di funzionalità pressoché totale (Palliotti *et al.*, 2008b e 2010). Indagini eseguite fin dal 2008 con applicazioni tardive in post-invaiaura di Vapor Gard® al 2% hanno evidenziato una riduzione costante e significativa dell'accumulo degli zuccheri nel mosto e quindi dell'alcolicità dei vini ed un rallentamento della maturazione dell'uva indipendentemente dall'annata (dal 2008 al 2001) dal vitigno (Sangiovese, Tocai rosso, Trebbiano toscano e Grechetto) e dalla carica produttiva (da 7 a 32 t/ha di uva) (fig. 10) (Palliotti *et al.*, 2011b). Inoltre, nelle uve delle tesi trattate con l'antitranspirante, si è riscontrata una contrazione dei livelli di antociani nell'uva variabile in funzione del vitigno, dell'annata e del carico produttivo, fino ad un massimo di -28% rilevato nel Sangiovese allevato con una carica produttiva molto elevata, cioè oltre 30 t/ha d'uva. La frazione dei polifenoli totali risulta meno influenzata a seguito del trattamento con l'antitranspirante rispetto agli antociani, soprattutto nei vitigni a bacca nera. La riduzione nella componente fenolica riscontrata a seguito del trattamento con l'antitranspirante, sicuramente poco auspicabile nei vini rossi soprattutto se destinati all'invecchiamento, potrebbe essere invece accettabile per vini di pronta beva, per vini rosati o novelli oppure per vini base da tagliare con altri maggiormente ricchi di colore e polifenoli. Nei vitigni a bacca bianca, invece, il Vapor Gard® applicato tardivamente, oltre a garantire una riduzione del contenuto in zuccheri del mosto e quindi l'alcolicità dei relativi vini,

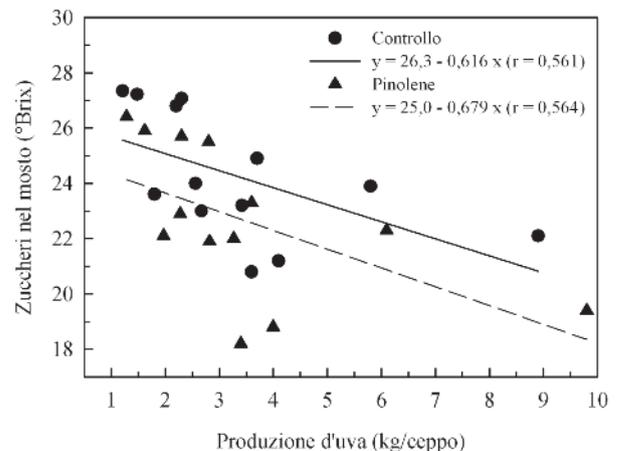


Fig. 10 - Correlazione tra produzione d'uva a ceppo e capacità di accumulo di zuccheri nel mosto in vitigni sottoposti a trattamento tardivo con Vapor Gard® (2%) e non trattati. I dati si riferiscono al quadriennio 2008-2011 e riguardano Sangiovese in Umbria e Marche con diversa carica produttiva (2010 e 2011), Tocai rosso (2008), Trebbiano toscano (2009 e 2011) e Grechetto (2011).

Fig. 10 - Relationship between vine yield and leaf/fruit ratio in different grapevine varieties developed with different crop load and subjected to late treatment with antitranspirant Vapor Gard® (2% a.i.) and untreated.

ha anche conseguito una riduzione della componente fenolica (tab. 4), con indubbi vantaggi in termini di minore instabilità, anche cromatica, nonché di trasmissione di note percettibili di amaro, difficilmente bilanciate dalle altre componenti del vino.

Un altro aspetto interessante di questo approccio con i composti antitraspiranti, oltre alla totale non invasività e suscettibilità alla meccanizzazione, è che, solitamente, la traspirazione e la conduttanza stomatica sono limitate più che proporzionalmente rispetto alla fotosintesi netta rendendo pertanto le foglie più efficienti. Infatti, al pari di quanto riscontrato in precedenti ricerche eseguite con il Vapor Gard® applicato in pre-fioritura (Palliotti *et al.*, 2010), anche le applicazioni tardive, indipendentemente dalla carica produttiva, hanno fatto riscontrare valori di efficienza dell'uso dell'acqua significativamente superiori nelle foglie delle tesi trattate (fig. 11). In queste ultime, infatti, la diminuzione della fotosintesi netta, variabile da -25% a -33%, è risultata meno che proporzionale rispetto al calo della conducibilità stomatica, che è variata invece da un minimo del 33% ad un massimo del 43%.

### Tecniche colturali basate sull'uso di prodotti che agiscono sui processi di maturazione dell'uva

#### *Trattamenti con auxine di sintesi, brassinazolo, acido salicilico e citochinine di sintesi*

Tra le tecniche innovative, proposte in contributi di recente pubblicazione e finalizzate sempre a ritardare la maturazione, o comunque ad ottenere un prodotto meno surmaturo, figura l'uso di differenti fitoregolatori. L'impiego in pre-invaiaura di acido naftaleneacetico (NAA) alla concentrazione di 50 mg/l su grappoli di Shiraz (due trattamenti consecutivi a distanza di 5 giorni) ha dimostrato che la maturazione dell'uva, oltre a risultare più sincrona all'interno del medesimo grappolo, è stata ritardata di circa 10 giorni senza alterare il grado zuccherino ed il contenuto in antociani (Böttcher *et al.*, 2010). In realtà già nel

1997, sempre su Shiraz, Davies *et al.* ottennero un ritardo della maturazione dell'uva di ben due settimane a seguito di immersione dei grappoli per 30 secondi in acido benzoilazolo-2-ossacetico (BTOA) a 6 e 8 settimane dopo la fioritura. I grappoli trattati mostravano un ritardo nell'aumento del peso dell'acino, nell'accumulo di antociani, nella deformabilità oltre che nella concentrazione di esosi e nel livello di acido abscissico. Gli stessi autori affermarono che le auxine, in associazione con l'acido abscissico, possono agire direttamente sull'espressione di geni coinvolti nel processo di maturazione dell'uva.

Tra gli ormoni capaci di stimolare la maturazione della bacca vengono annoverati anche i brassinosteroidi. Ultimamente, applicazioni di epi-brassinolide su Cabernet Sauvignon, uno dei brassinosteroidi maggiormente attivi, hanno accelerato i processi di maturazione dell'uva, mentre il brassinazolo, un inibitore della biosintesi di questi ormoni, ha mostrato, al contrario, un'azione decisamente ritardante (Symons *et al.*, 2006).

Tra i regolatori di crescita, anche l'acido salicilico, applicato 2-3 settimane prima dell'invaiaura su Shiraz, è stato capace di ritardare lo sviluppo del colore delle bacche (Kraeva *et al.*, 1998), così come alcune citochinine sintetiche, quali ad esempio il CPPU (N-2-cloro-4-piridinil-N'-fenilurea), applicato in pre-invaiaura è stato in grado di ridurre la concentrazione dei solidi solubili e la colorazione della bacca, nonché di aumentare il peso degli acini e l'acidità totale (Han e Lee, 2004).

### Tecniche colturali alternative

#### *Vendemmia anticipata di parte della produzione pendente per la costituzione di specifici prodotti enologici*

La tecnica forse più provocatoria è quella proposta da Kontoudakis *et al.* (2011) che, nel tentativo di produrre vini rossi con minore gradazione alcolica e pH, ma comunque dotati di piena maturità fenolica e tipi-

Tab. 4 - Caratteristiche analitiche dei vini di Grechetto e Sangiovese prodotti nel 2011 da vigneti sottoposti a trattamento tardivo con l'antitraspirante Vapor Gard® e non trattati dopo 3 mesi di affinamento.

Tab. 4 - Analytical characteristics of Grechetto and Sangiovese wines produced in 2011 from vineyards treated with Vapor Gard® and untreated.

Parametri	Grechetto		Sangiovese	
	Controllo	Vapor Gard®	Controllo	Vapor Gard®
Alcool (% vol.)	13,8 a	13,3 b	13,9 a	13,0 b
Acidità totale (g/l)	5,7 a	5,9 a	4,1 a	4,2 a
pH	3,30 a	3,29 a	3,49 a	3,41 a
Antociani (mg/l)	---	---	149 a	101 b
Polifenoli totali (mg/l)	425 a	304 b	1.536 a	1.555 a

Per ciascun vitigno le medie accompagnate da lettere diverse sono significativamente differenti per  $P \leq 0,05$  (t-test di Student).

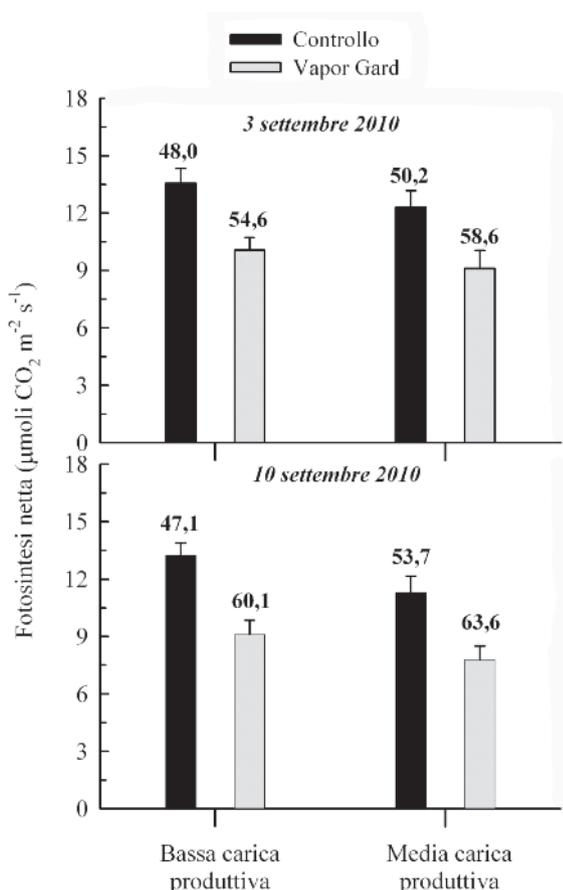


Fig. 11 - Fotosintesi netta delle foglie in ceppi di Sangiovese con bassa e media carica produttiva controllo e trattati il 27 agosto 2010 con l'antitranspirante Vapor Gard®. I valori riportati sopra ciascun istogramma indicano l'efficienza intrinseca dell'uso dell'acqua (WUE, come rapporto "fotosintesi netta/conducibilità stomatica").

*Fig. 11 - Net photosynthesis in medial leaves of bearing shoots of Sangiovese vines with low and normal crop load subjected to late treatment with antitranspirant Vapor Gard® (2% a.i.) and untreated.*

cità organolettica, hanno testato con successo su Grenache la possibilità di vinificare i grappoli solitamente eliminati con il diradamento delle uve ed ottenere un vino molto acido (17,8 g/l), a basso pH (2,64) e gradazione alcolica (appena 5% vol. di alcool), inodore e incolore grazie a trattamenti con carbone attivo e bentonite. Questo vino è stato poi usato per tagliare i vini ottenuti dalle uve di Cabernet Sauvignon, Merlot e Bobal raccolte a maturazione fenolica completa con il vantaggio pratico di ridurre l'alcolicità dei vini ed il pH senza modificare il profilo fenolico e le caratteristiche sensoriali.

Questa tecnica non è ovviamente nuova, vi rientrano infatti tutti i tentativi fatti nel passato che vanno sotto il nome di "doppia raccolta" con i quali si cercava di ottenere produzioni diverse o di migliorare aspetti rilevanti della qualità del vino sfruttando vendemmie differenziate e/o unendo i risultati delle singole vinificazioni. A tal riguardo, Martinez de Toda e

Balda (2011) hanno ottenuto vini meno alcolici e maggiormente acidi unendo il vino di Tempranillo ottenuto con i grappoli eliminati con il diradamento subito dopo l'invaiaura con il vino prodotto invece con le uve raccolte quando la maturità fenolica aveva raggiunto il punto più elevato.

Un recente tentativo di abbinare produzioni equilibrate per ettaro e limitazioni nell'accumulo degli zuccheri nelle uve è quello che si sta conducendo nell'azienda Titignano ubicata nei pressi del lago di Corbara in Orvieto (TR). Nel 2010, su Merlot e Cabernet Sauvignon potati con una normale carica produttiva sono stati eseguiti due interventi di diradamento dei grappoli: 1) diradamento classico, eseguito cioè poco prima dell'invaiaura lasciando un solo grappolo per germoglio; 2) diradamento eseguito in corrispondenza di una acidità titolabile del mosto pari a 12-13 g/l (approssimativamente verso fine agosto), lasciando anche in questo caso un solo grappolo per germoglio ed utilizzando però l'uva diradata come base spumante con il metodo classico, ovvero rifermentazione in bottiglia. Dati preliminari, relativi al 2010, evidenziano come al contrario del diradamento classico in pre-invaiaura, in entrambi i vitigni le uve della tesi diradata tardivamente non mostrano variazioni sostanziali a carico di zuccheri, acidità titolabile e pH mentre evidenziano aumenti a carico sia degli antociani che dei polifenoli totali (tab. 5). Ovviamente anche in questo caso, interessante perché consente di ottenere due differenti tipologie di prodotto dallo stesso vigneto ogni anno, sono necessari approfondimenti per definirne meglio le strategie d'intervento in funzione sia del vitigno che delle condizioni ambientali e tecniche.

## Conclusioni

I trend di cambio climatico del pianeta sono ormai certezze consolidate ed il loro impatto sull'attività agricola è sempre più evidente. La viticoltura certamente non sfugge alle nuove esigenze colturali che il clima, soprattutto in funzione dell'aumento della frequenza di eventi estremi, impone. Una strategia di medio-lungo periodo dovrà certamente prevedere un aggiornamento della piattaforma ampelografia, soprattutto per ciò che riguarda la disponibilità di vitigni, cloni e nuovi portinnesti resistenti a stress abiotici, carenza idrica ed eccessi termici e radiativi in particolare. Allo stesso tempo, occorrerà certamente aumentare le conoscenze, soprattutto per i vitigni di territorio, relative ai meccanismi con cui si adattano a condizioni variabili di radiazione, temperatura, deficit di pressione di vapore e disponibilità idrica.

La sfida che ci attende nel prossimo futuro, spinta

Tab. 5 - Produttività delle piante e caratteristiche compositive dell'uva alla vendemmia in piante di Merlot e Cabernet Sauvignon diradate 8 settimane prima della vendemmia (pre-invaiaitura), diradate 2 settimane prima della vendemmia e non diradate  
 Tab. 5 - Grape and wine composition in Merlot e Cabernet Sauvignon vines subjected to cluster thinning 8 weeks before harvest (pre-veraison stage), 2 weeks before harvest and unthinned.

Parametri	Cabernet Sauvignon			Merlot		
	Controllo	Diradato 8 sett.*	Diradato 2 sett.*	Controllo	Diradato 8 sett.*	Diradato 2 sett.*
<i>UVE</i>						
Solidi solubili (°Brix)	20,3 b	22,0 a	21,1 ab	22,4 b	24,3 a	23,0 b
Acidità titolabile (g/l)	7,1 a	6,6 a	7,1 a	6,5 a	5,9 a	6,4 a
pH	3,32 a	3,34 a	3,25 a	3,33 a	3,37 a	3,28 a
<i>VINI</i>						
Alcool (% vol.)	12	13	12	14	15	14
Acidità tit. (g/l)	6	6	6	6	6	6
Antociani (mg/l)	965	1.020	1.032	890	952	920
Polifenoli tot. (mg/l)	1.669	1.877	1.798	1.657	1.798	1.727

Nell'ambito di ciascun vitigno, le medie accompagnate da lettere diverse sono significativamente differenti per  $P \leq 0,05$  (SNK-test).

\* In tutte le tesi sono stati lasciati 1 grappolo per ciascun germoglio. Nella tesi diradata 2 settimane prima della vendemmia l'uva eliminata presentava una acidità titolabile di 12-13 g/l ed è stata utilizzata per la produzione di base spumante.

anche dalle nuove esigenze dei mercati, è quella di ottenere prodotti con un moderato grado alcolico senza però, nei vini rossi, modificare l'intensità di colore, la struttura e le proprietà sensoriali e, nei vini bianchi, preservare il quadro acidico ed aromatico. Un aiuto strutturale in tal senso potrebbe derivare da una rivisitazione attenta sui criteri di scelta del sistema di allevamento in fase di progettazione del vigneto che tenga maggiormente conto degli scenari, soprattutto climatici, che si stanno delineando per il futuro sia prossimo che lontano.

Certamente, nel breve periodo, la possibilità di calmierare gli effetti indotti dal cambio di clima, da una parte, e dalle nuove esigenze del mercato, dall'altra, sono legate ad aggiustamenti della tecnica colturale da applicare senza rivoluzionare protocolli colturali consolidati e spesso premiati da successi di mercato, ma senza opporre barriere a quelle che sono spesso applicazioni calibrate, anche se certamente non convenzionali, delle medesime tecniche. Infine, alcune tecniche di recente impiego quali l'uso di antitranspiranti e/o le defogliazioni tardive, applicate cioè quando il processo di crescita della bacca è praticamente completo, a nostra conoscenza mai sperimentate prima, potrebbero dare un reale aiuto alle aziende vitivinicole che manifestano la necessità di contenere l'accumulo degli zuccheri nell'uva in modo efficace oltre che semplice ed economico.

## Ringraziamenti

Si ringraziano la cantina "Signae - Cesarini Sartori" (Loc. Purgatorio, Gualdo Cattaneo, PG) e la cantina di Titignano (Loc. Titignano, Orvieto, TR)

per aver ospitato alcune prove sperimentali i cui dati sono stati utilizzati nel testo.

Alcune parti del lavoro sono state realizzate nell'ambito del progetto PRIN 2009 "Tecniche innovative di gestione della chioma, qualità delle uve e studio di determinanti genici correlati" (Coord. S. Poni) ed altre nell'ambito del progetto CUIA (Coord. A. Palliotti).

## Riassunto

Fino a pochi anni fa, la preferenza dei consumatori, in Italia come all'estero, era indirizzata verso vini decisamente strutturati, di forte carattere territoriale e caratterizzati da elevati tenori alcolici. Oggi due nuovi fattori, noti come *global warming*, ovvero il progressivo riscaldamento della superficie del pianeta e "bere light e/o consapevolmente", cioè la crescente richiesta da parte dei mercati, sia nazionali che esteri, di vini a moderato contenuto alcolico, stanno obbligando a riconsiderare gli attuali modelli produttivi. Alla base di questa necessità vi sono alcuni fenomeni emergenti quali: 1) anticipo di tutte le fasi fenologiche; 2) accelerazione del processo di maturazione delle uve con notevoli incrementi della concentrazione zuccherina dei mosti e quindi del tenore alcolico dei vini; 3) accelerato depauperamento del quadro acidico dei mosti ed aumenti rapidi dei valori di pH con conseguente possibile instabilità microbiologica delle masse in fase di pre-fermentazione; 4) disaccoppiamento tra la maturazione tecnologica dell'uva, sempre più accelerata, e la maturità fenolica, maggiormente ritardata all'interno di un quadro particolarmente infelice per i vitigni a bacca nera; 5) aumento dei fenome-

ni di disidratazione veloce ed irreversibile degli acini fino al verificarsi di gravi danni da scottature. In questo contesto è necessario puntare l'attenzione sugli scenari futuri e definire interventi sia di natura programmata, ossia pianificare i nuovi assetti della viticoltura del millennio appena iniziato, sia di messa a punto di tecniche colturali idonee a superare o quantomeno tamponare, almeno nel breve e medio periodo, gli effetti negativi derivanti da queste nuove problematiche. Nella review vengono analizzati i possibili interventi sia di natura strutturale, che riguardano quindi la scelta varietale e clonale, la possibile diversificazione produttiva, il sistema di allevamento ed i portinnesti, sia di tipo applicativo, ovvero le tecniche colturali, tradizionali ed innovative, capaci di regolarizzare o perfino ritardare una maturazione dell'uva troppo accelerata e/o sbilanciata.

**Parole chiave:** composizione dell'uva, gestione della chioma, maturazione dell'uva, stress ambientali, anti-traspiranti, fitoregolatori.

## Bibliografia

- BALDA P., MARTINEZ DE TODA F., 2011. *Delaying berry ripening process through leaf area to fruit ratio decrease*. Proc. 17<sup>th</sup> Int. Symp. Giesco, Aug. 29<sup>th</sup> - 2<sup>nd</sup> Sept., Asti - Alba: 579-582.
- BERNIZZONI F., CIVARDI M., VAN ZELLER M., GATTI M., PONI S., 2011. *Shoot thinning effects on seasonal whole-canopy photosynthesis and vine performance in Vitis vinifera L. cv. Barbera*. Aust. J. Grape Wine Res. 17: 351-357.
- BINDI M., FIBBI L., MIGLIETTA F., 2001. *Free air CO<sub>2</sub> enrichment (FACE) of grapevine (Vitis vinifera L.): II. Growth and quality of grape and wine in response to elevated CO<sub>2</sub> concentrations*. Eur. J. Agr. 14: 145-155.
- BORRELLI I.P., RAIA S., 2008. *Il quadro competitivo nel mercato del vino di domani*. L'Inf. Agr. 13 (supplemento del 28 marzo/3 aprile), pag. 13-18.
- BOTA J., FLEXAS L., MEDRANO H., 2001. *Genetic variability of photosynthesis and water use in Balearic grapevine cultivars*. Ann. App. Biol. 138: 353-361.
- BÖTCHER C., HARVEY K., FORDE C. G., BOSS P. K., DAVIES C., 2011. *Auxin treatment of pre-veraison grape (Vitis vinifera L.) berries both delays ripening and increases the synchronicity of sugar accumulation*. Austr. J. Grape Wine Res. 17: 1-8.
- BUREAU S.M., BAUMES R.L., RAZUNGLES A.J., 2000. *Effect of vine and bunch shading on the glycosylated flavor precursor in grapes of Vitis vinifera L. cv. Shiraz*. J. Agric. Food Chem. 48: 1290-1297.
- CAFFARRA A., ECCEL E., 2011. *Projecting the impacts of climate change of the phenology of grapevine in a mountain area*. Austr. J. Grape Wine Res. 17: 52-61.
- CARTECHINI A., PALLIOTTI A., 1995. *Effect of shading on vine morphology and productivity and leaf gas exchange characteristics in grapevines in the field*. Am. J. Enol. Vitic. 46 (2): 227-234.
- CARTECHINI A., PALLIOTTI A., LUNGAROTTI C., 1998. *Influence of timing of summer hedging on yield and grape quality in some red and white grapevine cultivars*. Acta Hort. 512: 101-110.
- DAVIES C., BOSS P.K., ROBINSON S.P., 1997. *Treatment of grape berries, a nonclimatic fruit with a synthetic auxin, retards ripening and alter the expression of developmentally regulated genes*. Plant Physiol. 115: 1155-1161.
- DE SOUZA C.R., MAROCO J.P., DOS SANTOS T.P., RODRIGUES M.L., LOPES C., PEREIRA J.P., CHAVES M.M., 2005. *Control of stomatal conductance and carbon uptake by deficit irrigation in two grapevine cultivars*. Agr. Ecosys. Env. 106: 261-264.
- DI LENA B., SILVESTRONI O., MARIANI L., PARISI S., ANTENUCCI F., 2010. *European climate variability effects on grapevine harvest date time series in the Abruzzi (Italy)*. Symposium Viti&Climate: Effect of climate change on production and quality of grapevine and their products. Lisbona, 22-27 agosto 2010 (in stampa su Acta Hort.).
- DOKOOZLIAN N.K., 2009. *Integrated canopy management: a twenty year evolution in California*. Proceedings of "Recent Advances in Grapevine Canopy Management", July 16, Davis, California, pag. 43-52.
- DOWNEY M.O., HARVEY J. S., ROBINSON S.P., 2004. *The effect of bunch shading on berry development and flavonoid accumulation in Shiraz grapes*. Austr. J. Grape Wine Res. 10: 55-73.
- DUCHENE E., SCHNEIDER C., 2005. *Grapevine and climatic changes: a glance at the situation in Alsace*. Agron. Sust. Dev. 25 (1): 93-99.
- GANICHOT B., 2002. *Évolution de la data des vendages dans les Côtes du Rhone méridionales*. Atti 6<sup>e</sup> Rencontres Rhodaniennes, Institut Rhodanien, Orange, pp. 38-41.
- GODDEN P., GISHEN M., 2005. *Trends in the composition of Australian wine*. The Australian and New Zealand Wine Industry Journal 20 (5): 21-46.
- FILIPPETTI I., ALLEGRO G., MOHAVED N., PASTORE C., VALENTINI G., INTRIERI C., 2011. *Effects of late-season source limitations induced by trimming and antitranspirants canopy spray on grape composition during ripening in Vitis vinifera cv. Sangiovese*. Proc. 17<sup>th</sup> Int. Symp. Giesco, Aug. 29<sup>th</sup> - 2<sup>nd</sup> Sept., Asti - Alba: 259-262.
- FRIEND A.P., TROUGHT M.C.T., 2007. *Delayed winter spur-pruning in New Zealand can alter yield components of Merlot grapevines*. Austr. J. Grape Wine Res. 13: 157-164.
- HAN D.H., LEE C.H., 2004. *The effects of GA<sub>3</sub>, CPPU and ABA applications on the quality of kyoho (Vitis vinifera L. × labrusca L.) grape*. Acta Hort., 653:193-197.
- JONES G.V., WHITE M.A., COOPER O.R., STORCHMANN K., 2005. *Climate change and global wine quality*. Climatic Change 73: 319-343.
- KENNY G.H. HARRISON P.A., 1993. *The effect of climate variability and change on grape suitability in Europe*. Journal of Wine Research 4: 163-183.
- KLIEVER W.M., DOKOOZLIAN N.K., 2005. *Lear area/crop weight ratios of grapevines: influence of fruit composition and wine quality*. Am. J. Enol. Vitic. 56: 170-181.
- KONTOUDAKIS N., ESTERUELAS M., FORT F., CANALS J., ZAMORA F., 2011. *Use of unripe grapes harvested during cluster thinning as a method for reducing alcohol content and pH of wine*. Austr. J. Grape Wine Res. 17: 230-238.
- KRAEVA E., ANDARY C., CARBONNEAU A., DELOIRE A., 1998. *Salicylic acid treatment of grape berries retards ripening*. Vitis 37: 143-144.
- LONG S.P., AINSWORTH E.A., ROGERS A., ORT D.R., 2004. *Rising atmospheric carbon dioxide: plant FACE the future*. Ann. Rev. Plant Biol. 55: 591-628.
- MARTINEZ DE TODA F., BALDA P., 2011. *Decreasing the alcohol level in quality red wines by the double harvest techniques*. Proc. 17<sup>th</sup> Int. Symp. Giesco, Aug. 29<sup>th</sup> - 2<sup>nd</sup> Sept., Asti - Alba: 463-466.
- MEDRANO H., ESCALONA J.M., CIFRE J., BOTA J., FLEXAS J., 2003. *A ten-year study on the physiology of two Spanish grapevine cultivars under field conditions: effects of water availability from leaf photosynthesis to grape yield and quality*. Func. Plant Biol. 30: 607-619.

- MORANDO A., 2001. *Vigna nuova: materiali e tecniche per l'impianto del vigneto*. Edizioni Vit.En., Colosso - Asti: 50-53.
- MORI K., YAMAMOTO N.G., KITAYAMA M., HASHIZUME K., 2007. *Loss of anthocyanins in red-wine grape under high temperature*. J. Exp. Bot. 58: 1935-1945.
- MORIONDO M., BINDI M., JONES G.V., BOIS B., FERRISE R., TROMBI C., 2001. *The impact of climate change on grapevines cultivated area*. Proc. 17<sup>th</sup> Int. Symp. Giesco, Aug. 29<sup>th</sup> - 2<sup>nd</sup> Sept., Asti - Alba: 287-290.
- PALLIOTTI A., 1992. *Energia radiante, produttività delle foglie e fotosintesi in Vitis vinifera L.* Tesi di Dottorato di Ricerca, Istituto di Coltivazioni Arboree, Università di Perugia.
- PALLIOTTI A., CARTECHINI A., 2000. *Cluster thinning effects on yield and grape composition in different grapevine cultivars*. Acta Hort. 512: 111-119.
- PALLIOTTI A., SILVESTRONI O., 2004. *Ecofisiologia applicata alla vite*. In "Viticultura ed Enologia Biologica: Mercato, Tecniche di Gestione, Difesa, Vinificazione e Costi". Edagricole: 41-92.
- PALLIOTTI A., SILVESTRONI O., PETOUMENOU D., VIGNAROLI S., BERRIOS J.G., 2008a. *Evaluation of low-energy demand adaptive mechanisms in Sangiovese grapevine during drought*. J. Int. Sci. Vigne Vin 42: 41-47.
- PALLIOTTI A., PONI S., PETOUMENOU D., VIGNAROLI S., 2008b. *Limitazione modulata della capacità fotoassimilativa delle foglie mediante anti-traspiranti ed effetti su quantità e composizione dell'uva*. Atti "II Conv. Naz. Viticultura", Marsala 14-19 luglio. Italus Hortus 17 (suppl.3): 21-26.
- PALLIOTTI A., DI CIANO N., TATICCHI A., 2008c. *Montepulciano e tendone binomio da migliorare*. L'Inf. Agr. 36: 45-50.
- PALLIOTTI A., SILVESTRONI O., PETOUMENOU D., 2009. *Photosynthetic and photoinhibition behaviour of two field-grown grapevine cultivars under multiple summer stresses*. Am. J. Enol. Vitic. 60: 189-198.
- PALLIOTTI A., PONI S., BERRIOS J.G., BERNIZZONI F., 2010. *Vine performance and grape composition as affected by early-season source limitation induced with anti-transpirants in two red Vitis vinifera L. cultivars*. Austr. J. Grape Wine Res. 16: 426-433.
- PALLIOTTI A., 2011a. *A new closing Y-shaped training system for grapevines*. Austr. J. Grape Wine Res. 18: 57-63.
- PALLIOTTI A., SILVESTRONI O., PONI S., 2011b. *Controllo degli zuccheri nell'uva con il Pinolene*. L'Inf. Agr., supp 13: 29-32.
- PALLIOTTI A., SILVESTRONI O., LEONI F., CINI R., PONI S., 2012. *Effect of late mechanized leaf removal to delay grape ripening on Sangiovese vines*. I Int. Work. Vineyard Mechanization and Grape and Wine Quality, June 27-29, Piacenza (in stampa).
- PONI S., PALLIOTTI A., MATTI G., DI LORENZO R., 2007. *Funzionalità fogliare ed efficienza della chioma in Vitis vinifera L.* Italus Hortus 14 (4): 28-45.
- SCAFIDI P., DI LORENZO R., PISCIOTTA A., TAMBORRA P., 2011. *Effect of artificial shading on polyphenolic accumulation and aromatic composition of Grillo cv (Vitis vinifera L.)*. Proc. 17<sup>th</sup> Int. Symp. Giesco, Aug. 29<sup>th</sup> - 2<sup>nd</sup> Sept., Asti - Alba: 551-554.
- SECCIA A., MAGGI G., 2011. *Futuro roseo per i vini a bassa gradazione alcolica*. L'Inf. Agrario 13 (suppl 1/7 aprile): 11-14.
- SCHULTZ H.R., 2000. *Climate changes in viticulture: a European perspective on climatology, carbon dioxide and UV effects*. Austr. J. Grape Wine Res. 6: 2-12.
- SCHULTZ H.R., 2003. *Differences in hydraulic architecture account for near-isohydric and anisohydric behaviour of two field-grown Vitis vinifera L. cultivars during drought*. Plant Cell Environ. 8: 1393-1405.
- SYMONS G.M., DAVIES C., SHAVRUKOV Y., DRY I.B., REID J.B., THOMAS M.R., 2006. *Grapes on steroids. Brassinosteroids are involved in grape berry ripening*. Plant Physiol. 140: 150-158.
- SPAYD S.E., TARARA J.M., MEE D.L., FERGUSON J.C., 2002. *Separation of sunlight and temperature effects on the composition of Vitis vinifera cv. Merlot berries*. Am. J. Enol. Vitic. 53: 171-182.
- STOLL M., SCHEIDWEILER M., LAFONTAINE M., SCHULTZ H.R., 2009. *Possibilities to reduce the velocity of berry maturation through various leaf area to fruit ratio modifications in Vitis vinifera L. Riesling*. Proc. "16<sup>th</sup> Int. Giesco Symp.", July 12-15, Davis (California) USA: 93-96.
- VIERRA G., 2004. *Pretenders at the Table - Are table wines no longer food friendly?* Wine Business Monthly, 11 (7).
- WILLIAMS L.E., 2001. *Irrigation of grapevines in California*. Atti Journée Professionnelle (Gestion de l'eau dans le vignobles) XII GESCO, Montpellier, luglio 2001: 63-74.