

GESTIRE LA VARIABILITÀ INTERNA AL VIGNETO PER MIGLIORARE LA QUALITÀ DELLE UVE

Stefano PEDÒ¹, Duilio PORRO¹, Roberto ZORER¹, Stefano DI BLASI², Manuel PIERI²

Fondazione E. Mach - Istituto Agrario di San Michele all'Adige
stefano.pedo@iasma.it - Via E. Mach, 1 - 38010 S. Michele all'Adige (TN) Italy.

Tel.: + 39 0461615324 Fax: + 39 0461650956

² Consorzio Toscana - Firenze

Lavoro presentato alla 7ª edizione di Enoforum, Arezzo, 3-5 maggio 2011

Introduzione e piano sperimentale

Questa linea di ricerca si propone di valutare gli effetti fisiologico-produttivi sul vigneto in seguito all'applicazione di differenti tecniche di gestione della chioma - numero di gemme per ceppo, defogliazione e diradamento precoce dei frutti - nell'ambito della viticoltura di precisione.

Tra le tecniche d'indirizzo del vigneto, definita la forma di allevamento, la scelta di un definito numero di gemme/ceppo è il primo sistema d'impostazione dei rapporti tra vegetazione e produzione di frutti; può altresì avere influenze sulla qualità dei vini e sul loro profilo sensoriale (Chapman *et al.* 2004).

La defogliazione basale dei germogli è pratica utile per migliorare la situazione sanitaria delle uve, l'equilibrio vegeto-produttivo, per migliorare l'ambiente radiativo, nonché i risultati qualitativi (Ristic *et al.* 2007; Caporali *et al.* 2005; Bergqvist *et al.* 2001; Smart *et al.* 1988; Reynolds *et al.* 1986), ma va considerata accuratamente in quanto non in ogni condizione (e.g.: basso vigore) può giungere ad avere gli effetti desiderati (Poni, 2003).

Il diradamento dei grappoli su piante in piena produzione può essere eseguito in periodi differenti asportando quantitativi d'uva variabili. I diradamenti effettuati su vigne in condizioni di squilibrio vegeto-produttivo per eccesso di uva determinano significativi miglioramenti qualitativi; su vigneti in equilibrio possono non dare i medesimi riscontri positivi (Poni, 2003; Brancadoro e Failla, 2001).

Appare fondamentale valutare la condizione di partenza delle piante, equilibrata o meno, per poter verificare la reale necessità di combinare interventi di gestione della *canopy* ed è noto da sempre come le condizioni all'interno di un vigneto siano sovente tutt'altro che omogenee.

Tra gli aspetti fondanti la viticoltura di precisione c'è quello, appunto, di una maggiore conoscenza della variabilità interna al vigneto, frutto dell'interazione tra la cultivar e la situazione pedologica, edafica, climatica. Da decenni c'è cognizione pratica che parti del vigneto differenti possano dare, a parità di condizioni agronomiche, vini diversi. È indispensabile che tale consapevolezza possa trovare oggettivazione tramite rilievi a variabile risoluzione e precisione spaziale, secondo le necessità operative. Individuata la variabilità è possibile gestirla come tale od tentare d'indirizzarla verso il proprio obiettivo produttivo.

Per questo sono stati individuati quattro vigneti disposti in tre diversi areali toscani a denominazione di origine: Chianti Classico, Bolgheri e Monteregio di Massa Marittima presso tre delle aziende associate al Consorzio Toscana (Barone Ricasoli, Tenuta Le Mortelle, Donna Olimpia 1898).

Il partner della linea di ricerca, CNR-Ibimet di Firenze, ha compiuto nel 2006 osservazioni preliminari tramite voli aerei equipaggiati con telecamere operanti nel visibile e nel multispettrale. Per ciascun vigneto (*tab. 1*) sono stati acquisiti dati, poi elaborati per ottenere mappe NDVI che evidenziassero zone omogenee di biomassa fotosinteticamente attiva (*PAB- Photosintetically Active Biomass*), concetto composito relativo alla quantità di biomassa ed all'attività fotosintetica della stessa (Hall *et al.*, 2002; Gitelson, 2004).

Le tecniche di gestione della chioma, strutturate in combinazione fattoriale per otto parcelle a blocchi randomizzati, sono state applicate in ciascuno dei blocchi di PAB individuati. La gestione della *canopy* ha previsto la combinazione delle seguenti tecniche applicate su controspalliera a cordone speronato unilaterale semplice:

- Differenti carichi gemme:
 - tesi **C0** - 4 speroni (5 nei vigneti Cacciagrande e Cortigliano) ad una gemma per sperone, oltre la gemma di corona;
 - tesi **C1** - 4 speroni (5 nei vigneti Cacciagrande e Cortigliano) a tre gemme per sperone, oltre la gemma di corona;
- Defogliazione:
 - tesi **A0** - carico fogliare naturale;
 - tesi **A1** - in fioritura-allegagione (codice BBCH: 69-71, *Lorenz et al.* 1994) sono state eliminate dai primi 6 nodi basali dei germogli;
- Diradamento dei grappoli:
 - tesi **D0** - carico di grappoli naturale;
 - tesi **D1** - eliminazione di circa il 50% dei grappoli presenti, ad inizio invaiatura (BBCH: 81).

Tabella 1 – Vigneti sperimentali e relativi blocchi di PAB omogeneo

Vigneto	Blocchi vegetazione	di	Cultivar
Brolio (Chianti - SI) +43° 24' 50.12", +11° 27' 22.70" Quota media: 420 m s.l.m.	1. bassa PAB (L) 2. media PAB (M1) 3. media PAB (M2) 4. alta PAB (H)		Sangiovese clone R24 portinnesto 420A
Cortigliano (Castiglione della Pescaia - GR) +42° 48' 27.83", +10° 57' 30.16" Quota media: 12 m s.l.m.	1. media PAB (M1) 2. media PAB (M2) 3. alta PAB (H1) 4. alta PAB (H2)		Sangiovese clone R23 su portinnesto 420A
Cacciagrande (Castiglione della Pescaia - GR) +42° 48' 37.16", +10° 57' 31.92" Quota media: 12 m s.l.m.	1. alta PAB (H) 2. media PAB (M) 3. bassa PAB (L)		Cabernet Sauvignon clone 191 su portinnesto 3309
Donna Olimpia ('Al pino 2') (Bolgheri - LI) +43° 12' 33.55", +10° 34' 6.23" Quota media: 9 m s.l.m.	1. alta PAB (H) 2. media PAB (M1) 3. media PAB (M2)		Cabernet Sauvignon clone 191 su portinnesto 101.14

Il numero complessivo di piante condotte secondo le finalità della linea di ricerca ha superato le 10000. Tra queste sono stati caratterizzati dal punto di vista vegeto-produttivo 1184 ceppi tramite i seguenti rilievi: numero dei germogli, numero di grappoli ante- e post- diradamento, peso uva per pianta, peso medio del grappolo, peso medio del germoglio, peso del legno di potatura, indice di Ravaz, fertilità reale. Inoltre, in concomitanza con analoghi rilievi dei partner sono state effettuate tre campagne estive di misura di indici in trasmittanza e riflettanza, ogni mese da giugno ad agosto, per ottenere indice di SPAD (*SPAD-502 Konica-Minolta Business Solution Italia*; Milano) e NDVI (*Skye-Spectrosense 2+*; *Skye instruments, Llandrindod Wells, Powys, UK*) per singola pianta.

In fase vendemmiale sono stati compiuti campionamenti in doppio per ciascuna tesi sperimentale, ripetuti in due fasi, ovvero alla maturazione tecnologica e circa quindici giorni più tardi, comunque nel periodo di raccolta conforme alle scelte aziendali per un totale di 448 campioni annui. Su questi è stato effettuato l'ammestramento e l'analisi chimica dei mosti (Mattivi 2006) mediante FT-IR Grape scan 2000 (*Foss, Hillerød, Denmark*) con determinazione di: zuccheri solubili (°Brix), acidità titolabile (g/l), pH, concentrazione di acido malico e tartarico (g/l), ione potassio (mg/l), azoto prontamente assimilabile (APA - mg/l), antociani totali (mg/kg di uva) e polifenoli totali (mg/kg di uva).

In occasione della potatura invernale è stato effettuato il prelievo di un campione di legno annuale rappresentativo delle singole parcelle sperimentali, per un totale di 112 per anno. Sul campione essiccato e polverizzato è stata effettuata la determinazione spettrofotometrica dei carboidrati non strutturali di riserva (CNS), ovvero carboidrati solubili - glucosio/fruttosio - ed amido. I carboidrati solubili del legno invernale sono stati determinati con il metodo dell'Anthrone e quantificati per via spettrofotometrica a 623 nm (*Shimadzu UV-1601; Shimadzu corporation, Kyoto, Japan*).

Analisi statistica dei dati. Il peso che l'effetto varietale ha nel determinare una gran parte dei caratteri vegeto-produttivi e qualitativi ha consigliato un'elaborazione dei dati distinta per le due cultivar. Il modello statistico adottato per l'analisi univariata è stato quello misto, dove i fattori carica di gemme, defogliazione, diradamento ed epoca di raccolta sono stati considerati ad effetti fissi, mentre il vigneto e l'anno quali fattori ad effetti casuali. Il blocco di PAB è stato valutato nidificandolo entro vigneto, per standardizzare la differenza tra omologhi blocchi di vigneti differenti. I dati sono stati elaborati utilizzando il software Statistica (ver. 9.1).

Effetto della gestione della chioma sulla qualità delle uve

L'applicazione dell'analisi statistica multivariata evidenzia, come atteso, un'elevatissima significatività ($p < 0.001$) sui dati analitici qualitativi, sia dei fattori fissi - n° gemme/sperone, defogliazione, diradamento - sia di quelli variabili - anno, vigneto, epoca di raccolta (dati non riportati). A livello introduttivo, ciò che interessa valutare è l'entità della varianza spiegata dal fattore: più influenti sono risultati gli effetti vigneto, anno ed epoca di raccolta, a seguire quelli relativi a blocco di PAB e defogliazione (su Sangiovese), mentre la variazione del numero di gemme/ceppo e il diradamento hanno presentato una minor efficacia nel controllo della variabilità del vigneto.

L'effetto del blocco di PAB non solo è risultato significativo dal punto di vista statistico, ma le differenze sui dati qualitativi tra aree omogenee sono apparse, in molti casi, molto consistenti in termini di entità. Ad una semplice prima osservazione delle medie dei dati qualitativi si evidenzia come le migliori prestazioni siano attribuibili alle aree a media-bassa PAB (*tab. 1*).

Tabella 1 – Medie dati qualitativi 2007-2010 categorizzati per PAB

SANGIOVESE					
	BROLIO			CORTIGLIANO	
	Alto	Medio	Basso	Alto	Medio
<i>Brix</i>	21.8 c	23.8 a	23.4 b	21.8 a	20.6 b
<i>Acidità</i>	5.59 a	5.76 a	4.99 b	4.92 a	4.89 a
<i>pH</i>	3.23 b	3.21 b	3.30 a	3.35 b	3.39 a
<i>Ac. tartarico</i>	6.54 b	7.30 a	6.58 b	6.51 b	6.53 a
<i>Ac. malico</i>	1.59 a	1.07 b	0.94 b	1.55 a	1.56 a
<i>Potassio</i>	1.23 a	1.26 a	1.18 a	1.26 a	1.30 a
<i>APA</i>	63 a	34 b	61 a	84 b	128 a
<i>Antociani</i>	717 b	1020 a	969 a	468 b	649 a
<i>Polifenoli</i>	1358 c	1859 a	1732 b	1219 b	1389 a
CABERNET SAUVIGNON					
	CACCIAGRANDE			DONNA OLIMPIA	
	Alto	Medio	Basso	Alto	Medio
<i>Brix</i>	23.1 c	24.2 b	24.8 a	22.5 a	22.3 b
<i>Acidità</i>	4.02 b	4.04 b	3.93 b	4.66 b	4.81 a
<i>pH</i>	3.52 b	3.54 b	3.59 a	3.48 a	3.43 b
<i>Ac. tartarico</i>	5.29 b	5.57 a	5.22 b	5.72 b	5.84 a
<i>Ac. malico</i>	1.94 a	1.39 b	1.44 b	2.12 b	2.08 b
<i>Potassio</i>	1.67 ab	1.62 b	1.72 a	1.69 a	1.59 b
<i>APA</i>	66 a	69 a	55 b	90 a	92 a
<i>Antociani</i>	687 ab	772 a	659 b	912 a	902 a
<i>Polifenoli</i>	1153 b	1256 a	1243 a	1155 a	1162 a

A lettere entro vigneto diverse corrispondono differenze significative (Anova-HSD di Tukey per $P \leq 0.05$)

Sangiovese

I test statistici (*tab. 2*) evidenziano la significatività dei diversi fattori di variabilità, epoca di vendemmia inclusa, sul singolo parametro di qualità dei mosti. Le medie che evidenziano l'entità dell'effetto delle singole tecniche di governo della copertura vegetale (*tab. 3*) sono state calcolate utilizzando i soli dati di vendemmia tecnologica e mostrano che l'aumento del numero di gemme per sperone (**effetto carica di gemme**) provoca i seguenti effetti:

- incremento dell'acido tartarico in entrambi i vigneti;
- costanza dei valori degli altri indici qualitativi in entrambi i vigneti.

Defogliando (**effetto defogliazione**) i sei nodi prossimali di ogni germoglio si ottiene:

- incremento del °Brix in entrambi i vigneti, dell'acidità totale, dell'acido tartarico, del contenuto in antociani totali e polifenoli totali a Brolio;
- decremento di azoto prontamente assimilabile in entrambi i vigneti;
- livelli costanti di pH, acido malico, ione potassio in entrambi i vigneti.

Eliminando la metà dei grappoli potenziali (**effetto diradamento**) il risultato è:

- incremento del °Brix a Cortigliano;
- calo dell'acidità totale a Brolio e dell'acido tartarico in entrambi i vigneti;
- costanza dei valori di pH, acido malico, in potassio, in azoto prontamente assimilabile, in antociani e polifenoli totali.

Tabella 2 - Sangiovese: test di significatività univariati per i dati qualitativi

Fattore	°Brix	pH	Acidità	Ac.tartarico	Ac.malico	Potassio	APA	Antociani	Polifenoli
Anno	*	***	***	***	***	***	***	***	***
Vigneto	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Vigore (Vign)	***	***	***	***	***	***	***	***	***
N° gemme	***	***	**	***	ns	ns	ns	ns	ns
Defogliazione	***	ns	**	***	*	*	***	***	***
Diradamento	***	***	***	***	ns	*	ns	ns	ns
Epoca racc.	***	***	***	***	***	***	***	***	***

*, **, ***: significatività rispettivamente per $p=0.05$, $p=0.01$, $p=0.001$

Tabella 3 – Effetto della gestione della canopy nei vigneti a Sangiovese

	CORTIGLIANO		BROLIO	
	NUMERO GEMME/SPERONE			
	1 gemma	3 gemme	1 gemma	3 gemme
°Brix	20.9 a	20.6 a	22.6 a	22.4 a
Acidità	5.10 a	5.21 a	5.67 a	5.78 a
pH	3.34 a	3.31 a	3.22 a	3.20 a
Ac. tartarico	6.52 b	6.76 a	6.92 b	7.06 a
Ac. malico	1.60 a	1.60 a	1.38 a	1.31 a
Potassio	1.34 a	1.33 a	1.23 a	1.21 a
APA	107 a	105 a	43 a	39 a
Antociani	576 a	602 a	1020 a	992 a
Polifenoli	1335 a	1325 a	1782 a	1773 a
	DEFOGLIAZIONE			
	NON defogliato	defogliato	NON defogliato	Defogliato
°Brix	20.5 b	21.0 a	22.1 b	23.0 a
Acidità	5.10 a	5.22 a	5.61 b	5.83 a
pH	3.33 a	3.32 a	3.21 a	3.20 a

<i>Ac. tartarico</i>	6.61 a	6.67 a	6.90 b	7.15 a
<i>Ac. malico</i>	1.61 a	1.59 a	1.37 a	1.32 a
<i>Potassio</i>	1.35 a	1.33 a	1.23 a	1.21 a
<i>APA</i>	116 a	95 b	45 a	36 b
<i>Antociani</i>	591 a	586 a	958 b	1054 a
<i>Polifenoli</i>	1297 a	1362 a	1663 b	1892 a
DIRADAMENTO				
	NON diradato	diradato	NON diradato	Diradato
<i>°Brix</i>	20.5 b	21.0 a	22.4 a	22.7 a
<i>Acidità</i>	5.23 a	5.09 a	5.81 a	5.64 b
<i>pH</i>	3.31 a	3.34 a	3.23 a	3.25 a
<i>Ac. tartarico</i>	6.72 a	6.56 b	7.14 a	6.91 b
<i>Ac. malico</i>	1.62 a	1.59 a	1.26 a	1.43 a
<i>Potassio</i>	1.33 a	1.35 a	1.21 a	1.22 a
<i>APA</i>	106 a	105 a	40 a	41 a
<i>Antociani</i>	584 a	593 a	1000 a	1013 a
<i>Polifenoli</i>	1305 a	1355 a	1796 a	1759 a

A lettere diverse corrispondono differenze significative (Anova-HSD di Tukey per $P \leq 0.05$)

Riguardo l'effetto del postcipo della vendemmia è interessante notare come, nel vigneto di Brolio, si evidenzia, in seconda raccolta, un calo significativo degli antociani e dei polifenoli (*tab. 4*), segno dell'inizio della fase di degradazione degli stessi. Ciò accade per i blocchi a media e bassa PAB, mentre quelli ad alta PAB mantengono una capacità di sintesi ed accumulo antocianico più prolungato. Questo indica che se l'obiettivo enologico primario fosse l'ottenimento di vini più ricchi in tali componenti, il ritardo della raccolta sarebbe auspicabile solamente per le aree di vigneto ad alta PAB.

Tabella 4 – Effetto del postcipo di raccolta su Sangiovese

	BROLIO					
	<i>Basso PAB</i>		<i>Medio PAB</i>		<i>Alto PAB</i>	
	1 ^A	2 ^A	1 ^A	2 ^A	1 ^A	2 ^A
<i>°Brix</i>	22.5 b	24.1 a	23.3 b	24.3 a	21.1 b	22.6 a
<i>Acidità</i>	5.15 a	4.82 b	5.95 a	5.58 b	5.91 a	5.27 b
<i>pH</i>	3.28 b	3.33 a	3.18 b	3.23 a	3.17 b	3.29 a
<i>Ac. tartarico</i>	6.65 a	6.51 b	7.44 a	7.17 b	6.6 a	6.41 b
<i>Ac. malico</i>	1.08 a	0.81 b	1.29 a	0.86 b	1.71 a	1.47 b
<i>Potassio</i>	1.23 a	1.13 b	1.23 a	1.19 a	1.18 a	1.17 a
<i>APA</i>	54 b	68 a	25 b	43 a	54 b	71 a
<i>Antociani</i>	1077 a	861 b	1123 a	918 b	730 a	703 a
<i>Polifenoli</i>	1854 a	1611 b	1978 a	1740 b	1348 a	1367 a
	CORTIGLIANO					
	<i>Medio PAB</i>		<i>Alto PAB</i>			
	1 ^A	2 ^A	1 ^A	2 ^A		
<i>°Brix</i>	21.4 b	22.5 a	20.1 b	21.3 a		
<i>Acidità</i>	5.15 a	4.59 b	5.18 a	4.53 b		
<i>pH</i>	3.35 b	3.42 a	3.29 b	3.41 a		
<i>Ac. tartarico</i>	6.67 a	6.30 b	6.61 a	6.18 b		
<i>Ac. malico</i>	1.64 a	1.29 b	1.55 a	1.36 b		
<i>Potassio</i>	1.41 a	1.14 b	1.25 a	1.22 a		
<i>APA</i>	127 a	130 a	81 a	78 a		
<i>Antociani</i>	661 a	683 a	505 a	475 a		
<i>Polifenoli</i>	1414 a	1394 a	1233 a	1244 a		

A lettere diverse tra vendemmie entro blocco corrispondono differenze significative (Anova-HSD di Tukey per $P \leq 0.05$)

La combinazione dei fattori casuali (anno, vigneto, epoca di raccolta) e fissi (numero gemme, defogliazione, diradamento) all'interno dei blocchi di PAB può dare origine ad influenze reciproche positive o negative, il cui effetto concorre a determinare parte dei risultati produttivi e qualitativi precedentemente esposti. Si sintetizzano di seguito solo gli effetti statisticamente significativi delle interazioni sui dati qualitativi.

Su Sangiovese gli effetti d'interazione tra i fattori fissi e variabili, sono risultati rilevanti per l'interpretazione di una significativa quota della variabilità. Il 18.6% della varianza per il °Brix, 8.5% del pH, 19.8% per l'acidità totale, il 20.8% per l'acido tartarico, il 5.1% per l'acido malico, l'11.9% del potassio, il 14.6% per l'APA, il 12.7% per gli antociani, il 15.7% per i polifenoli totali sono spiegabili dagli effetti interattivi (elaborazione dati 2007-2009).

Gli effetti diretti e le complesse interazioni tra i fattori fissi e quelli variabili si possono sintetizzare distintamente verificando quali siano le migliori prestazioni qualitative delle singole tesi sperimentali, frutto della combinazione fattoriale dei trattamenti di gestione della chioma. Su Sangiovese, in entrambi i vigneti ed in tutte le aree a differente PAB, **le combinazioni che hanno dato i risultati complessivamente migliori in termini qualitativi sono state quelle a 1 gemma/sperone defogliate (sia diradate che non) e quella a 3 gemme/sperone, defogliata e diradata**. Queste diverse combinazioni hanno fornito uve con un grado zuccherino più elevato, acidità, di tipo tartarico, più equilibrata, un livello di polifenoli totali maggiore.

Cabernet Sauvignon

L'analisi statistica su Cabernet Sauvignon evidenzia la significatività dei diversi fattori di variabilità sul singolo parametro di qualità dei mosti (tab. 5). Aumentando il numero di gemme per sperone (**effetto carica di gemme**) si è ottenuto (tab. 6):

- un decremento del °Brix, del pH e del tenore di potassio a Cacciagrande;
- un incremento dell'acidità e dell'acido tartarico in entrambi i vigneti;
- livelli costanti di acidità totale, di acido malico, di azoto prontamente assimilabile, di antociani e polifenoli totali su entrambi i vigneti.

L'eliminazione delle foglie nella parte basale del germoglio (**effetto defogliazione**) ha determinato:

- un incremento del grado zuccherino, del pH e del contenuto fenolico a Cacciagrande, mentre il contenuto in antociani totali è cresciuto a Donna Olimpia;
- un decremento dell'azoto prontamente assimilabile e dell'acido malico in entrambi i vigneti, dell'acidità totale a Donna Olimpia;
- mantenimento dei livelli di acido tartarico, potassio.

Il diradamento del 50 % dei grappoli (**effetto diradamento**) ha determinato:

- un incremento del pH e del potassio a Donna Olimpia;
- un calo dell'acidità totale in entrambi i vigneti e dell'acido tartarico a Donna Olimpia;
- livelli costanti per acido malico, acido tartarico, azoto prontamente assimilabile, antociani e polifenoli totali.

Tabella 5 – Cabernet S.: test di significatività univariati per i dati qualitativi

Fattore variabilità	°Brix	pH	Acidità	Acido tartarico	Acido malico	Potassio	APA	Antociani	Polifenoli
Anno	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Vigneto	***	***	***	***	***	*	***	***	**
Vigore (Vign)	***	***	**	***	***	***	***	**	**
N° gemme	**	***	***	**	ns	***	ns	ns	ns
Defogliazione	***	*	***	ns	***	ns	***	ns	**
Diradamento	***	***	***	*	ns	***	**	ns	ns
Epoca racc.	***	***	***	ns	***	*	***	ns	*

*, **, ***: significatività rispettivamente per $p=0.05$, $p=0.01$, $p=0.001$

Tabella 6 – Effetto della gestione della canopy su Cabernet S. nei diversi vigneti

	CACCIAGRANDE		DONNA OLIMPIA	
	NUMERO GEMME/SPERONE			
	1 gemma	3 gemme	1 gemma	3 gemme
°Brix	24.0 a	23.5 b	21.9 a	21.9 a
Acidità	4.12 b	4.24 a	4.89 b	5.08 a
pH	3.58 a	3.52 b	3.42 a	3.40 a
Ac. tartarico	5.29 b	5.38 a	5.83 b	5.94 a
Ac. malico	1.67 a	1.68 a	2.25 a	2.25 a
Potassio	1.76 a	1.67 b	1.67 a	1.64 a
APA	72 a	66 a	106 a	109 a
Antociani	620 a	646 a	935 a	925 a
Polifenoli	1223 a	1198 a	1189 a	1196 a
	DEFOGLIAZIONE			
	NON defogliato	defogliato	NON defogliato	Defogliato
°Brix	23.3 b	24.2 a	21.9 a	21.9 a
Acidità	4.22 a	4.14 a	5.10 a	4.96 b
pH	3.53 b	3.57 a	3.42 a	3.41 a
Ac. tartarico	5.35 a	5.32 a	5.89 a	5.87 a
Ac. malico	1.78 a	1.57 b	2.35 a	2.04 b
Potassio	1.70 a	1.72 a	1.69 a	1.62 a
APA	74 a	64 b	112 a	104 b
Antociani	635 a	631 a	899 b	962 a
Polifenoli	1179 b	1241 a	1175 a	1209 a
	DIRADAMENTO			
	NON diradato	diradato	NON diradato	Diradato
°Brix	23.6 a	23.9 a	21.8 a	22.0 a
Acidità	4.24 a	4.12 b	5.10 a	4.69 b
pH	3.54 a	3.55 a	3.39 b	3.43 a
Ac. tartarico	5.35 a	5.32 a	5.94 a	5.82 a
Ac. malico	1.70 a	1.64 a	2.23 a	2.26 a
Potassio	1.70 a	1.72 a	1.62 b	1.69 a
APA	71 a	67 a	109 a	106 a
Antociani	614 a	652 a	904 a	957 a
Polifenoli	1213 a	1208 a	1167 a	1219 a

A lettere diverse corrispondono differenze significative (Anova-HSD di Tukey per $P \leq 0.05$)

Tabella 7 – Effetto del posticipo di raccolta su Cabernet Sauvignon

	CACCIAGRANDE					
	Basso PAB		Medio PAB		Alto PAB	
	1 ^A	2 ^A	1 ^A	2 ^A	1 ^A	2 ^A
°Brix	24.7 a	24.9 a	23.7 b	24.9 a	22.7 b	23.6 a
Acidità	4.15 a	3.57 b	4.20 a	3.76 b	4.18 a	3.76 b
pH	3.60 a	3.60 a	3.53 a	3.54 a	3.51 a	3.54 a
Ac. tartarico	5.21 a	5.24 a	5.55 a	5.61 a	5.25 a	5.35 a
Ac. malico	1.48 a	1.39 a	1.52 a	1.18 b	2.04 a	1.78 b
Potassio	1.76 a	1.66 b	1.68 a	1.53 b	1.70 a	1.62 a
APA	68 a	48 a	75.7 a	57.7 a	71.3 a	56.4 b
Antociani	555 b	828 a	695 b	905 a	647 b	753 a
Polifenoli	1270 a	1248 a	1240 a	1283 a	1151 a	1155 a

	DONNA OLIMPIA					
	Medio PAB		Alto PAB		Medio PAB 2	
	1 ^A	2 ^A	1 ^A	2 ^A	1 ^A	2 ^A
°Brix	21.9 b	22.7 a	22.0 b	23.0 a	21.8 b	22.8 a
Acidità	5.27 a	4.65 b	4.97 a	4.36 b	5.10 a	4.49 b
pH	3.39 b	3.43 a	3.44 b	3.52 a	3.42 b	3.49 a
Ac. tartarico	5.89 a	5.8 a	5.82 a	5.62 b	5.94 a	5.66 b
Ac. malico	2.17 a	1.96 b	2.32 a	1.93 b	2.25 a	1.97 a
Potassio	1.60 a	1.48 b	1.72 a	1.66 a	1.66 a	1.61 b
APA	99.8 a	71.7 b	110 a	69.7 b	114 a	85.6 b
Antociani	877 a	897 a	954 a	871 a	977 a	942 a
Polifenoli	1183 a	1171 a	1186 a	1124 a	1208 a	1083 b

A lettere diverse tra vendemmie entro blocco corrispondono differenze significative (Anova-HSD di Tukey per $P \leq 0.05$)

Riguardo l'effetto del postcipo della vendemmia su Cabernet Sauvignon si nota che in seconda raccolta non si registra un calo degli antociani, ma altresì un continuo incremento nel vigneto di Cacciagrande (tab. 7), segno che la cultivar in questione non è in fase di degradazione del colore. In Cabernet Sauvignon l'analisi sintetica degli effetti di interazione indica che per il Cabernet il 24.1% della varianza del grado zuccherino, il 21.4% del pH, il 23.9% per l'acidità totale, il 32% per l'acido tartarico, il 18.8% per l'acido malico, il 28.4% del potassio, il 29.3% per l'APA, il 18.5% per gli antociani, il 16.7% per i polifenoli totali sono spiegati dagli effetti interattivi tra fattori fissi e variabili.

Cabernet Sauvignon ancora una volta rivela le caratteristiche che ne fanno un vitigno internazionale, mostrandosi più stabile nei differenti ambienti di coltivazione, anche se indirizzato da gestioni della chioma differenziate. Anche in questo caso in tutte le aree a differente PAB **le prestazioni relativamente migliori sono state quelle delle tesi a 1 gemma/sperone defogliate (sia diradate che non) e quella a 3 gemme/sperone, defogliata e diradata**. L'individuazione di queste combinazioni ottimali deriva solo dal grado zuccherino più elevato, evidente in special modo nel vigneto di Cacciagrande, in quanto i rimanenti dati qualitativi non mostrano rilevanti differenze significative.

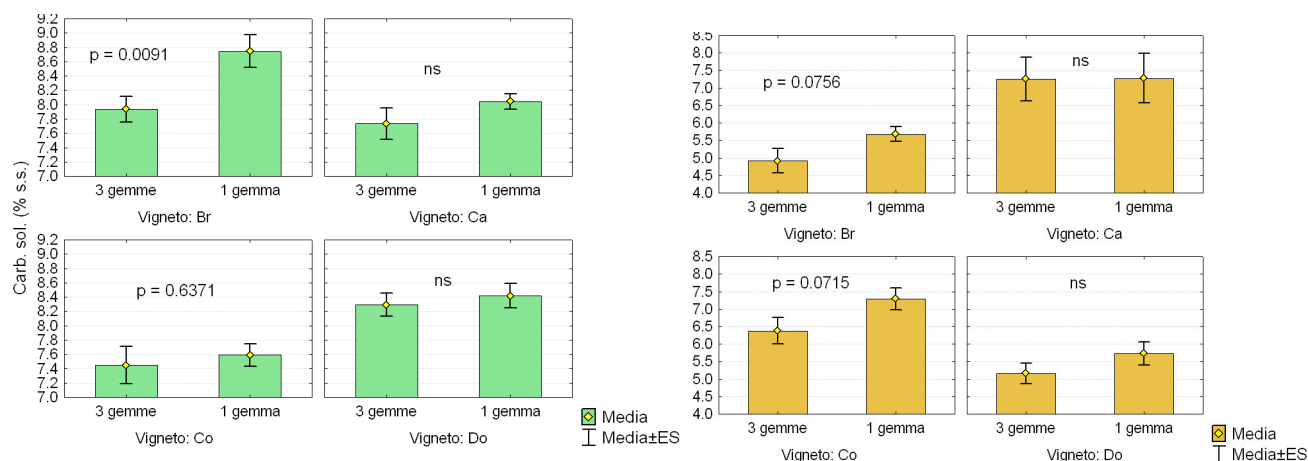
Lo studio delle **sostanze di riserva del legno** annuale ha permesso qualche utile osservazione, valida per entrambe le cultivar.

I test multivariati sui dati triennali (2007-2009) rivelano un effetto significativo dei fattori anno, varietà e blocco di PAB; tra questi l'anno assumerebbe un ruolo preminente nel determinare la dinamica di accumulo delle riserve. I test di significatività univariati mostrano come l'effetto varietale non sia determinante tanto sul tenore di carboidrati solubili (glucosio/fruttosio) - che risulta più influenzato dall'ambiente, specificatamente dalle temperature invernali nella seconda fase di riposo vegetativo, quella di tipo esogeno - quanto sull'amido.

Nonostante vi sia un'effettiva significatività delle differenze riscontrate tra blocchi di PAB per quel che riguarda l'amido, non è ravvisabile nel confronto, un incremento proporzionale in relazione alle più elevate condizioni di vigore: infatti, nei differenti vigneti si registrano andamenti differenziati. Le differenze nel contenuto in zuccheri solubili, più dipendenti dalle temperature invernali, non sono mai veramente significative.

Effettuando però l'analisi univariata in funzione delle diverse annate è possibile evidenziare che dopo tre anni di gestione della chioma secondo il protocollo sperimentale nel vigneto di Brolio si assiste ad un calo significativo del tenore di glucosio/fruttosio e come tendenza per il contenuto in amido di riserva sulle piante condotte con 3 gemme/sperone rispetto a quella con 1 gemma/sperone (fig. 1). L'andamento si verifica, anche se solo come tendenza, anche negli altri vigneti.

Figura 1 – Medie di carboidrati e amido distinte per carica di gemme (2009)



Aumentando il livello di dettaglio, se si effettua l'elaborazione distinta per blocco di PAB (dati non riportati), si nota che la significatività delle differenze è dovuta essenzialmente ai blocchi di media e bassa PAB per i carboidrati solubili, ed al solo blocco a bassa PAB per l'amido.

Questo indicherebbe che il condizionamento imposto con il differente carico di gemme determina, su vegetazione con ridotta PAB, un maggiore utilizzo di riserve in primavera, quando la pianta non ha un'autosufficienza fotosintetica, con minor possibilità di stoccaggio nel legno di riserva. Di per sé quindi l'aumento del numero di gemme/ceppo, seppure efficace nel modificare la produttività quanti-qualitativa, determinerebbe una minore gestibilità del rapporto *source-sink* nel medio-lungo termine con abbreviazione della vita del vigneto.

L'incremento del numero di gemme per ceppo può essere funzionale come pratica colturale per attenuare l'eccessiva vigoria del vigneto o di parte di esso, ma non è da consigliare come gestione duratura dello stesso.

Conclusioni

L'approccio sperimentale prevedeva di considerare il vigneto individuando preliminarmente la variabilità della vegetazione all'interno dei singoli appezzamenti. Quest'ottica, propria della viticoltura di precisione, s'è rivelata decisiva per rendere manifesto quello che è un fattore primario di controllo della variabilità dei risultati vegeto-produttivi e qualitativi. La variabilità intra-vigneto è risultata il fattore che, dopo le variabili annata e condizioni pedo-climatiche (effetto vigneto), consente maggiormente un controllo della qualità delle uve. L'esperienza maturata in quest'occasione scoraggia ogni generalizzazione e suggerisce di considerare ogni vigneto a sé stante e di decidere di intervenire con le tecniche colturali caso per caso.

Nei vigneti a **Sangiovese** le aree naturalmente più consone all'ottenimento degli obiettivi aziendali sono quelle a basso-medio vigore. L'incremento del numero di gemme/ceppo può essere utile per consentire uno sfogo a coperture vegetali troppo vigorose, ottenendo una riduzione del peso medio del germoglio con conseguenze sulla qualità dei mosti che si concretizzano essenzialmente solo in un incremento dell'acido tartarico. La depauperazione delle riserve del legno e la difficoltà della gestione della struttura legnosa nel tempo ne sconsiglia un utilizzo durevole. In vigneti caratterizzati da un'elevata variabilità interna, quale Brolio (Chianti), solo nei blocchi a bassa e media PAB defogliazione e diradamento hanno sortito un effetto positivo sull'accumulo in antociani anche se le migliori prestazioni sono state ottenute dalla sola defogliazione, che appare pratica essenziale. In questa situazione specifica di PAB è consigliabile non diradare ed effettuare una raccolta più precoce dei blocchi a basso-media PAB per evitare di entrare in fase di degradazione delle sostanze antiossidanti, anche perché l'incremento del grado zuccherino rischia, permanendo ulteriormente le uve su pianta, di essere eccessivo per una corretta fermentazione. Per le aree a

maggior PAB si consiglia un posticipo di raccolta al fine di giungere ad un tenore zuccherino congruo.

In generale, nelle aree a PAB maggiore è consigliabile mettere in atto quelle tecniche agronomiche (riduzione degli apporti idrici e delle fertilizzazioni, azotate *in primis*, inerbimento competitivo) che riducano la vigoria e ottimizzino l'equilibrio vegeto-produttivo. Proprio su Sangiovese, varietà più sensibile a nutrizioni azotate ai limiti dell'ottimalità, si consigliano interventi fertilizzanti in annate molto calde e a ridotte precipitazioni, solo in condizioni di blocchi a bassa o media PAB. Per contro, in blocchi ad alta PAB si consiglia di fertilizzare solo con minime dosi di azoto ad anni alterni.

La situazione dei vigneti allevati a **Cabernet Sauvignon** è di più difficile interpretazione; comunque anche in questo caso le aree del vigneto meno vigorose sono quelle che naturalmente forniscono uve migliori. La scelta di sconsigliare un maggiore numero di gemme vale anche, per i medesimi motivi esposti in precedenza, per la cultivar Cabernet Sauvignon, per la quale, inoltre, appare consigliabile defogliare regolarmente anche per gli effetti positivi che tale pratica determina sullo stato sanitario delle uve. Il diradamento ha in generale un effetto positivo in termini di calo dell'acidità totale, incremento del grado zuccherino, aumento nella dotazione di antociani. Si deve contemplare però che possano esserci dei cali del tenore polifenolico, anche dovuti all'effetto interattivo tra defogliazione e diradamento. Anche in questo caso la gestione del vigneto dovrebbe tendere ad una riduzione della vigoria nelle aree ad alto PAB e ad una applicazione delle tecniche di gestione della chioma differenziata (attenta valutazione sulla convenienza del diradamento dei frutti) alla luce dei miglioramenti qualitativi propedeutici agli obiettivi enologici che si intendono perseguire. Considerata l'alternativa utilità del diradamento potrebbe essere strategico sperimentare l'anticipo della defogliazione in fase di pre-fioritura (Poni *et al.*, 2006; Poni *et al.*, 2010), al fine di ridurre comunque la produzione di uva per germoglio attraverso la diminuzione dell'allegagione, mantenendo gli utili effetti sulla qualità e sulla sanità dei frutti.

Bibliografia

- BERGQVIST J., DOKOOZLIAN N., EBISUDA N., 2001. *Sunlight Exposure and Temperature Effects on Berry Growth and Composition of Cabernet Sauvignon and renache in th Central San Joaquin Valley of California*. Am. J. Enol. Vitic. 52, 1: 1-7.
- BRANCADORO L. E FAILLA O., 2001. *Influenza di forma di allevamento e gestione della chioma sull'equilibrio vegeto-produttivo*. L'Informatore Agrario, 14: 17-26.
- CAPORALI E., FAILLA O., SCIENZA A., 2005. *Ruolo della sfogliatura sul potenziale polifenolico della bacca*. L'informatore Agrario, 21: 34-35.
- CHAPMAN D.M., MATTHEWS M.A., GUINARD J., 2004. *Sensory Attributes of Cabernet Sauvignon Wines Made from Vines with Different Crop Yields*. Am. J. Enol. Vitic. 55, 4: 325-334.
- GITELSON A.A., 2004. *Wide dynamic range vegetation index for remote quantification of biophysical characteristics of vegetation*. Journal of Plant Physiology, 161: 165-173.
- HALL A., LAMB D.W., HOLZAPFEL B., LOUIS J., 2002. *Optical remote sensing applications in viticulture – a review*. Australian Journal of Grape and Wine Research 8: 36-47.
- LORENZ D. H., EICHHORN K. W., BLEI-HOLDER H., KLOSE R., MEIER U., WEBER E., 1994. *Phänologische Entwicklungsstadien der Weinrebe (Vitis vinifera L. ssp. vinifera)*. Vitic. Enol. Sci., 49: 66-70.
- MATTIVI F., 2006. *Gli indici di maturazione delle uve e la loro importanza*. Quad. Vitic. Enol. Univ. Torino, 28: 27-40.
- PONI S., 2003. *Speciale gestione della chioma. 1. La defogliazione, per arieggiare i grappoli. 2. Il diradamento dei grappoli*. Vignevini, 30 (6): 76-80.
- PONI S., BERNIZZONI F., LIBELLI N., CIVARDI S., GATTI M., 2010. *Variazione di crescita dei componenti dell'acino in vitigni rossi sottoposti a defogliazione precoce*. Italus Hortus 17 (Suppl. n. 3): 13-20.
- PONI S., CASALINI L., BERNIZZONI F., CIVARDI S., INTRIERI C., 2006. *Effects of early defoliation on shoot photosynthesis yield components and grape composition*. A. J. Enol. Vitic., 57: 397-407.
- PORRO D., CESCHINI A., DORIGATTI C., STEFANINI M., 2001. *Use of SPAD meter in diagnosis of nutritional status in apple and grapevine*. Acta Horticulturae, 564: 243-252.
- REYNOLDS A.G., POOL R.M., MATTICK L.R., 1986. *Influence of cluster exposure on fruit composition and wine quality of Seyval blanc grapes*. Vitis 25: 85-95.
- RISTIC R., DOWNEY M.O., ILAND P.G., BINDON K., FRANCIS I.L., HERDERICH M., ROBINSON S.P., 2007. *Exclusion of sunlight from Shiraz grapes alters wine colour, tannin and sensory properties*. Australian Journal of Grape and Wine Research, 13: 53-65.

SMART R.E., SMITH S.M., WINCHESTER R.V., 1988. *Light quality and quantity effects on fruit ripening for Cabernet Sauvignon*. Am. J. Enol. Vitic., 39: 250-258.

Riassunto. La gestione della *canopy* nel modo più razionale può permettere l'ottenimento di produzioni più qualificate e quindi di vini più tipici ed apprezzati. Nel presente lavoro si riportano i risultati quadriennali (2007-2010), derivanti dalla sperimentazione intrapresa nell'ambito del progetto del Consorzio Tuscania, riguardanti l'effetto della combinazione di differenti tecniche di gestione della chioma del cordone speronato (carica di gemme per ceppo, defogliazione precoce e diradamento dei grappoli) sulla produttività e sulle potenzialità enologiche delle uve 'Sangiovese' e 'Cabernet Sauvignon' in quattro vigneti di tre rilevanti aree vitivinicole toscane (Chianti Classico, Bolgheri e Maremma Grossetana). L'utilizzo preliminare d'informazioni derivate dal rilevamento aereo multispettrale dei vigneti ha permesso la distinzione di differenti zone di biomassa fotosinteticamente attiva (PAB- *Photosynthetically-active biomass*) all'interno delle quali sono state predisposte otto differenti combinazioni di gestione della chioma.

È evidente che l'effetto della variabilità intra-vigneto è un fattore di grande peso utile a spiegare larga parte dei risultati qualitativi e che consente di migliorare le potenzialità qualitative, agendo con gestioni della chioma differenziate sulle diverse aree di PAB nonché con vendemmie separate.

Progetto coordinato e finanziato da



Piazza Strozzi, 1 – Firenze