



RELAZIONE SCIENTIFICA 2007–2010

Linea A.1 – Sperimentazione viticola
integrata attraverso diverse modalità di
gestione della chioma

Duilio Porro, Stefano Pedò, Roberto Zorer

Istituto Agrario di San Michele all'Adige – Fondazione
Edmund Mach

Via E. Mach, 1– 38010 S. Michele all'Adige (TN) – ITALY

Tel. +39 0461 615349 – Fax +39 0461 650956 – P.IVA 02038410227

duilio.porro@iasma.it



2 marzo 2011

Indice generale

Introduzione	1
1. Piano sperimentale.....	2
2. Situazione vegeto-produttiva.....	5
2.1. Sangiovese	5
Vigneto di Brolio.....	5
Vigneto di Cortigliano.....	6
2.2. Cabernet Sauvignon.....	6
Vigneto di Cacciagrande.....	6
Vigneto di Donna Olimpia	7
3. Sintesi dell'elaborazione dei dati qualitativi 2007-2010	7
3.1. Sangiovese: effetto delle tecniche colturali	9
3.2. Cabernet Sauvignon: effetto delle tecniche colturali....	21
4. Effetto delle interazioni tra fattori	32
4.1. Effetto delle interazioni su Sangiovese	32
4.2. Effetto delle interazioni su Cabernet Sauvignon	34
5. Fisiologia del vigneto.....	36
5.1. Approfondimento sulla fisiologia del vigneto in condizioni di stress idrico	36
6. Andamento della maturazione	52
7. Stato nutrizionale delle viti.....	55
8. Carboidrati di riserva del legno	64
9. Conclusioni e prospettive	74

Introduzione

Con la presente relazione si riferisce dei risultati tecnico-scientifici conseguiti dalla linea di ricerca viticola A1 (Sperimentazione viticola integrata attraverso diverse modalità di gestione della chioma) nella quale l'Istituto agrario di San Michele – Fondazione E. Mach (IASMA-FEM) rappresenta il soggetto capofila con funzione di indirizzo dei due partner: CNR-Ibimet di Firenze e Consorzio Tuscania.

L'elaborazione statistica dei dati è stata effettuata anche da FEM-IASMA, nonostante sia stata prodotta una relazione triennale (2007-09) dagli statistici collaboranti con il consorzio Tuscania, prof. Benedettelli e dott. Magrini. L'elaborato di tali partner verrà utilizzato quale supporto e stimolo alla discussione. Per l'approfondimento delle metodiche procedurali ed analitiche si rimanda alla bibliografia.

1. Piano sperimentale

Per completezza di trattazione si riporta di seguito, in maniera sintetica, il disegno sperimentale su cui si basa la linea di ricerca A1. Questo è stato applicato in quattro vigneti disposti in tre diversi areali toscani a denominazione di origine: Chianti Classico ('Sangiovese', - clone R24), Bolgheri ('Cabernet Sauvignon' - clone 191) e Monteregio di Massa Marittima ('Cabernet Sauvignon' - clone 191; 'Sangiovese' - clone R23) presso tre delle aziende associate al Consorzio Tuscania (Barone Ricasoli, 'Tenuta Le Mortelle' di Alessia Antinori, 'Donna Olimpia 1898').

Il CNR-Ibimet di Firenze ha compiuto studi preliminari tramite voli aerei (piattaforma aerea *SKY ARROW* - Iniziative Industriali Italiane Spa, Roma) equipaggiati di sistema DFR con telecamere nel visibile e nel multispettrale. È stato possibile acquisire ed elaborare dati per ottenere mappe NDVI che evidenziassero zone omogenee di biomassa fotosinteticamente attiva per ciascun vigneto (*PAB-Photosynthetically Active Biomass*).

Le tecniche di gestione della chioma, in combinazione fattoriale per otto parcelle a blocchi randomizzati, sono state applicate in ciascuno dei blocchi di PAB individuati (*tab. 1*).

La gestione della *canopy* ha previsto la combinazione delle seguenti tecniche applicate su controspalliera a cordone speronato unilaterale semplice:

- Differenti carichi gemme

Linea A1

- 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 di vegetazione	Cultivar	Piante/tesi
Brolio (Chianti - SI) + 43° 24' 50.12", + 11° 27' 22.70" Quota media: 420 m s.l.m.	1. bassa PAB (L)		14
	2. media PAB (M1)	Sangiovese clone R24	12
	3. media PAB (M2)	su portinnesto 420A	12
	4. alta PAB (H)		10
Cortigliano (Castiglione della Pescaia - GR) + 42° 48' 27.83", + 10° 57' 30.16" Quota media: 12 m s.l.m.	1. media PAB (M1)		10
	2. media PAB (M2)	Sangiovese clone R23	10
	3. alta PAB (H1)	su portinnesto 420A	10
	4. alta PAB (H2)		10
Cacciagrande (Castiglione della Pescaia - GR) + 42° 48' 37.16", + 10° 57' 31.92" Quota media: 12 m s.l.m.	1. alta PAB (H)	Cabernet	10
	2. media PAB (M)	Sauvignon clone 191 su	10
	3. bassa PAB (L)	portinnesto 3309	10
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)	Cabernet Sauvignon	10
	2. media PAB (M1)	clone 191 su portinnesto	10
	3. media PAB (M2)	101.14	10

Durante la stagione vegeto-produttiva sulle 1184 piante sono stati compiuti i seguenti rilievi su singolo ceppo: fasi fenologiche (secondo il protocollo BBCH), 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 momenti, ovvero alla maturazione tecnologica e circa quindici giorni più tardi, comunque nel periodo di raccolta conforme alle scelte aziendali (448 campioni annui). Su tali campioni 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) espressi rispettivamente come Malvidina 3-monoglucoside cloruro e (+)catechina.

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*). Dopo l'estrazione della quota solubile, la rimanente frazione solida è stata utilizzata per la quantificazione dell'amido, secondo analogo procedimento analitico.

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 considerandolo all'interno di ciascun vigneto, al fine di standardizzare la differenza tra omologhi blocchi di vigneti differenti (Analisi della varianza *nested*).

Il peso che l'effetto varietale ha nel determinare una gran parte dei caratteri vegeto-produttivi e qualitativi consiglia che l'elaborazione dei dati e le considerazioni sui risultati siano sempre tenute separate per le due cultivar. Qualora lo studio degli effetti non comprenda il fattore 'raccolta', le medie riportate si riferiranno esclusivamente ai dati della raccolta tecnologica.

2. Situazione vegeto-produttiva

Nel presente capitolo s'intende illustrare concisamente la situazione vegeto-produttiva dei diversi vigneti mediando i dati rilevati nel corso del quadriennio d'indagine in relazione ai diversi blocchi di PAB individuati.

2.1. Sangiovese

Vigneto di Brolio

Questo vigneto è quello ove è stato possibile evidenziare la massima variabilità della copertura vegetale. Gli indici vegeto-produttivi classici (*tab. 2*) confermano la netta distinzione effettuata tra i blocchi ad alta PAB e quelli a media e bassa.

Le porzioni di vigneto ad alta PAB presentano una potenzialità produttiva, una fertilità del germoglio ed una vigoria, espressa dal peso medio del germoglio, superiori al resto del vigneto; il rapporto tra vegetazione e produzione (indice di Ravaz) di tali blocchi si attesta a valori di 5.26 rispetto ai livelli inferiori riscontrati nei blocchi a media e

bassa PAB (attorno a 4), considerati piuttosto bassi secondo bibliografia. I valori di riferimento indici dell'espressione di vigore equilibrato relativi al peso del germoglio presenti in letteratura, invece, si attestano sui 40-50 g. I blocchi a media-bassa PAB avrebbero così un vigore - correlato altresì direttamente all'indice di area fogliare - teoricamente sub ottimale, in quanto fanno registrare valori decisamente inferiori.

Tabella 2 - Indici vegeto produttivi classici distinti per blocco di PAB

	N° Grappoli	Fertilità	Peso uva pianta (g)	Peso medio grapp (g)	Peso medio germ (g)	Peso medio legno (g)	Indice di Ravaz
BROLIO							
<i>H</i>	8.35 b	1.07 c	1829 c	255.0 c	53.6 b	399 b	5.26 b
<i>M</i>	6.89 a	0.94 a	863 b	145.2 b	30.1 a	216 a	4.18 a
<i>L</i>	6.37 a	0.87 a	690 a	126.2 a	28.5 a	200 a	3.65 a
CORTIGLIANO							
<i>H</i>	10.2 a	1.05 a	2796 b	342.1 b	51.1 a	509 b	6.34 b
<i>M</i>	9.92 a	1.06 a	1974 a	263.5 a	50.5 a	468 a	4.43 a

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

Vigneto di Cortigliano

In tale appezzamento erano stati individuati, invece, solo due livelli di biomassa fotosinteticamente attiva, medio e alto. Gli indici vegeto-produttivi principali (*tab. 2*) caratterizzano anch'essi due situazioni abbastanza distinte, anche se l'espressione della vigoria *strictu sensu* non risulterebbe differente dal punto di vista statistico, così come i valori di potenzialità produttiva e di fertilità.

2.2. Cabernet Sauvignon

Vigneto di Cacciagrande

In generale la cultivar esprime una maggiore omogeneità nel comportamento vegeto-produttivo rispetto al Sangiovese.

In tale vigneto gli indici classici (*tab. 3*) mostrano differenze solo per quel che riguarda il peso di uva per ceppo, il peso medio del grappolo ed il peso medio del legno di potatura.

Vigneto di Donna Olimpia

In tale vigneto non sono disponibili i rilievi del quarto anno, il 2010, relativi al peso medio del germoglio, al peso medio del legno di potatura, e all'indice di Ravaz; le medie in *tabella 3* sono, quindi, su base triennale. Questo vigneto ad una descrizione con indici classici si dimostra assolutamente omogeneo (*tab. 3*).

Tabella 3 - Indici vegeto-produttivi classici distinti per blocco di PAB

	N° Grappoli	Fertilità	Peso uva pianta (g)	Peso medio grapp (g)	Peso medio germ (g)	Peso medio legno (g)	Indice di Ravaz
CACCIAGRANDE							
<i>H</i>	12.2 a	1.19 a	1582 b	150.7 b	64.5 a	625 b	2.96 b
<i>M</i>	12.8 a	1.24 a	1285 a	124.7 a	60.3 a	602 ab	2.53 ab
<i>L</i>	11.2 a	1.20 a	1108 a	118.4 a	59.5 a	554 a	2.41 a
DONNA OLIMPIA							
<i>H</i>	11.3 a	1.17 a	985 a	110 a	79.3 a	721 a	1.38 a
<i>M</i>	11.8 a	1.20 a	1048 a	108 a	81.2 a	754 a	1.48 a

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

3. Sintesi dell'elaborazione dei dati qualitativi 2007-2010

L'applicazione dell'analisi statistica multivariata (*tab. 4*) 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. A livello introduttivo, ciò che interessa è valutare, attraverso il valore

eta quadro parziale (η_p^2), 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 attitudine nella determinazione del controllo della variabilità del vigneto.

L'effetto del blocco di PAB (*tab. 5*) non solo è risultato significativo dal punto di vista statistico, ma le differenze in termini di dati qualitativi tra aree omogenee sono apparse, in molti casi, molto consistenti in termini quantitativi. Le migliori performance qualitative sono attribuibili delle aree a media-bassa PAB.

Tabella 4 - Test di significatività multivariato (piano nested)

SANGIOVESE		
<i>Fattore variabilità</i>	<i>Significatività</i>	η_p^2
Anno	***	0.832221
Vigneto	***	0.740672
PAB (Vigneto)	***	0.266370
Numero gemme	***	0.059352
Defogliazione	***	0.201767
Diradamento	***	0.058229
Epoca raccolta	***	0.234956
CABERNET SAUVIGNON		
<i>Fattore variabilità</i>	<i>Significatività</i>	η_p^2
Anno	***	0.884036
Vigneto	***	0.727155
PAB (Vigneto)	***	0.178166
Numero gemme	***	0.083964
Defogliazione	***	0.095186
Diradamento	***	0.090381
Epoca raccolta	***	0.402691

Tabella 5 – Medie dati qualitativi 2007-2010 categorizzati per PAB

SANGIOVESE					
	BROLIO			CORTIGLIANO	
	Alto	Medio	Basso	Alto	Medio
<i>°Brix</i>	21.8 a	23.8 c	23.4 b	21.8 b	20.6 a
<i>Acidità</i>	5.59 b	5.76 b	4.99 a	4.92 a	4.89 a
<i>pH</i>	3.23 a	3.21 a	3.30 b	3.35 a	3.39 b
<i>Ac. tartarico</i>	6.54 a	7.30 b	6.58 a	6.51 a	6.53 b
<i>Ac. malico</i>	1.59 b	1.07 a	0.94 a	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>	62.8 b	34.2 a	61.3 b	83.8 a	128 b
<i>Antociani</i>	717 a	1020 b	969 b	468 a	649 b
<i>Polifenoli</i>	1358 a	1859 c	1732 b	1219 a	1389 b

CABERNET SAUVIGNON					
	CACCIAGRANDE			DONNA OLIMPIA	
	Alto	Medio	Basso	Alto	Medio
<i>°Brix</i>	23.1 a	24.2 b	24.8 c	22.5 b	22.3 a
<i>Acidità</i>	4.02 a	4.04 a	3.93 a	4.66 a	4.81 b
<i>pH</i>	3.52 a	3.54 a	3.59 b	3.48 b	3.43 a
<i>Ac. tartarico</i>	5.29 a	5.57 b	5.22 a	5.72 a	5.84 b
<i>Ac. malico</i>	1.94 b	1.39 a	1.44 a	2.12 a	2.08 a
<i>Potassio</i>	1.67 ab	1.62 a	1.72 b	1.69 b	1.59 a
<i>APA</i>	65.7 b	69.0 b	55.4 a	89.6 a	92.4 a
<i>Antociani</i>	687 ab	772 b	659 a	912 a	902 a
<i>Polifenoli</i>	1153 a	1256 b	1243 b	1155 a	1162 a

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

3.1. Sangiovese: effetto delle tecniche colturali

I test statistici univariati (*tabb. 6-14*) 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. 15*) 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 statisticamente significativi:

- 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.

Va ricordato che a causa della grandinata occorsa durante il primo sviluppo vegetativo nel 2009, nei vigneti maremmani (Cacciagrande e Cortigliano) non è stato effettuato il diradamento, per cui l'analisi statistica quadriennale perde parte dell'informazione circa l'efficacia di tale pratica agronomica.

Tabella 6 - Sangiovese: test di significatività univariati per °Brix

Fattore variabilità	SS	GDL	MS	F	η_p^2	Signific.
Anno	18.9	3	6.3	2.86	0.008450	*
Vigneto	633.3	1	633.3	287.68	0.222031	***
Vigore (Vign)	505.4	3	168.5	76.52	0.185500	***
N° gemme	24.1	1	24.1	10.94	0.010736	***
Defogliazione	151.7	1	151.7	68.93	0.064003	***
Diradamento	39.1	1	39.1	17.75	0.017307	***
Epoca racc.	459.8	2	229.9	104.43	0.171633	***

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

Tabella 7 - Sangiovese: test di significatività univariati per *pH*

Fattore variabilità	SS	GDL	MS	F	η_p^2	Signific.
Anno	5.151	3	1.717	195.3	0.367540	***
Vigneto	3.407	1	3.407	387.5	0.277660	***
Vigore (Vign)	1.016	3	0.339	38.5	0.102798	***
N° gemme	0.132	1	0.132	15.1	0.014712	***
Defogliazione	0.010	1	0.010	1.2	0.001157	ns
Diradamento	0.148	1	0.148	16.8	0.016417	***
Epoca racc.	2.070	2	1.035	117.7	0.189314	***

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

Tabella 8 - Sangiovese: test di significatività univariati per *acidità*

Fattore variabilità	SS	GDL	MS	F	η_p^2	Signific.
Anno	38.37	3	12.79	36.39	0.097730	***
Vigneto	78.50	1	78.50	223.35	0.181387	***
Vigore (Vign)	52.65	3	17.55	49.93	0.129385	***
N° gemme	3.16	1	3.16	8.99	0.008842	**
Defogliazione	3.39	1	3.39	9.64	0.009476	**
Diradamento	6.58	1	6.58	18.72	0.018230	***
Epoca racc.	86.33	2	43.16	122.81	0.195923	***

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

Tabella 9 - Sangiovese: test di significatività univariati per *ac. tartarico*

Fattore variabilità	SS	GDL	MS	F	η_p^2	Signific.
Anno	30.86	3	10.29	34.44	0.092976	***
Vigneto	31.68	1	31.68	106.05	0.095192	***
Vigore (Vign)	62.97	3	20.99	70.27	0.172965	***
N° gemme	9.61	1	9.61	32.16	0.030920	***
Defogliazione	5.53	1	5.53	18.53	0.018046	***
Diradamento	10.18	1	10.18	34.08	0.032702	***
Epoca racc.	36.40	2	18.20	60.93	0.107849	***

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

Tabella 10 – Sangiovese: test di significatività univariati per *ac. malico*

Fattore variabilità	SS	GDL	MS	F	η_p^2	Signific.
Anno	18.8253	3	6.2751	13.102	0.037530	***
Vigneto	15.4939	1	15.4939	32.350	0.031096	***
Vigore(Vign)	31.9083	3	10.6361	22.207	0.061996	***
N° gemme	0.2219	1	0.2219	0.463	0.000459	ns
Defogliazione	2.4350	1	2.4350	5.084	0.005018	*
Diradamento	0.5048	1	0.5048	1.054	0.001044	ns
Epoca racc.	46.1368	2	23.0684	48.165	0.087230	***

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

Tabella 11 – Sangiovese: test di significatività univariati per *potassio*

Fattore variabilità	SS	GDL	MS	F	η_p^2	Signific.
Anno	14.6348	3	4.8783	186.04	0.356366	***
Vigneto	1.0632	1	1.0632	40.55	0.038670	***
Vigore(Vign)	0.4510	3	0.1503	5.73	0.016777	***
N° gemme	0.0195	1	0.0195	0.74	0.000737	ns
Defogliazione	0.1132	1	0.1132	4.32	0.004263	*
Diradamento	0.1431	1	0.1431	5.46	0.005384	*
Epoca racc.	2.9334	2	1.4667	55.93	0.099892	***

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

Tabella 12 – Sangiovese: test di significatività univariati per *APA*

Fattore variabilità	SS	GDL	MS	F	η_p^2	Signific.
Anno	994521	3	331507	252.361	0.428922	***
Vigneto	640348	1	640348	487.468	0.325964	***
Vigore(Vign)	235259	3	78420	59.697	0.150866	***
N° gemme	1842	1	1842	1.402	0.001389	ns
Defogliazione	69612	1	69612	52.992	0.049946	***
Diradamento	10	1	10	0.007	0.000007	ns
Epoca racc.	39116	2	19558	14.889	0.028693	***

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

Tabella 13 - Sangiovese: test di significatività univariati per *antociani*

<i>Fattore variabilità</i>	<i>SS</i>	<i>GDL</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	η_p^2	<i>Signific.</i>
Anno	10813450	3	3604483	64.303	0.160635	***
Vigneto	23983675	1	23983675	427.860	0.297982	***
Vigore(Vign)	12176797	3	4058932	72.410	0.177297	***
N° gemme	50078	1	50078	0.893	0.000885	ns
Defogliazione	1004918	1	1004918	17.927	0.017474	***
Diradamento	9916	1	9916	0.177	0.000175	ns
Epoca racc.	1919959	2	959979	17.126	0.032863	***

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

Tabella 14 - Sangiovese: test di significatività univariati per *polifenoli*

<i>Fattore variabilità</i>	<i>SS</i>	<i>GDL</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	η_p^2	<i>Signific.</i>
Anno	2500547	3	833516	6.826	0.019912	***
Vigneto	25260186	1	25260186	206.873	0.170284	***
Vigore(Vign)	24201834	3	8067278	66.069	0.164322	***
N° gemme	17657	1	17657	0.145	0.000143	ns
Defogliazione	6843327	1	6843327	56.045	0.052671	***
Diradamento	236830	1	236830	1.940	0.001920	ns
Epoca racc.	3335433	2	1667717	13.658	0.026384	***

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

Tabella 15 – Effetto della gestione della canopy nei vigneti a Sangiovese

	CORTIGLIANO		BROLIO	
	NUMERO GEMME/SPERONE			
	1 gemma	3 gemme	1 gemma	3 gemme
<i>°Brix</i>	20.9 a	20.6 a	22.6 a	22.4 a
<i>Acidità</i>	5.10 a	5.21 a	5.67 a	5.78 a
<i>pH</i>	3.34 a	3.31 a	3.22 a	3.20 a
<i>Ac. tartarico</i>	6.52 a	6.76 b	6.92 a	7.0 6b
<i>Ac. malico</i>	1.60 a	1.60 a	1.38 a	1.31 a
<i>Potassio</i>	1.34 a	1.33 a	1.23 a	1.21 a
<i>APA</i>	107 a	105 a	43.0 a	38.4 a
<i>Antociani</i>	576 a	602 a	1020 a	992 a
<i>Polifenoli</i>	1335 a	1325 a	1782 a	1773 a
	DEFOGLIAZIONE			
	NON defogliato	defogliato	NON defogliato	Defogliato
<i>°Brix</i>	20.5 a	21.0 b	22.1 a	23.0 b
<i>Acidità</i>	5.10 a	5.22 a	5.61 a	5.83 b
<i>pH</i>	3.33 a	3.32 a	3.21 a	3.20 a
<i>Ac. tartarico</i>	6.61 a	6.67 a	6.90 a	7.15 b
<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 b	95.4 a	45.0 b	36.4 a
<i>Antociani</i>	591 a	586 a	958 a	1054 b
<i>Polifenoli</i>	1297 a	1362 a	1663 a	1892 b
	DIRADAMENTO			
	NON diradato	diradato	NON diradato	Diradato
<i>°Brix</i>	20.5 a	21.0 b	22.4 a	22.7 a
<i>Acidità</i>	5.23 a	5.09 a	5.81 b	5.64 a
<i>pH</i>	3.31 a	3.34 a	3.23 a	3.25 a
<i>Ac. tartarico</i>	6.72 b	6.56 a	7.14 b	6.91 a
<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	40.3 a	41.0 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. 16), 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 16 – Effetto del posticipo di raccolta su Sangiovese

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

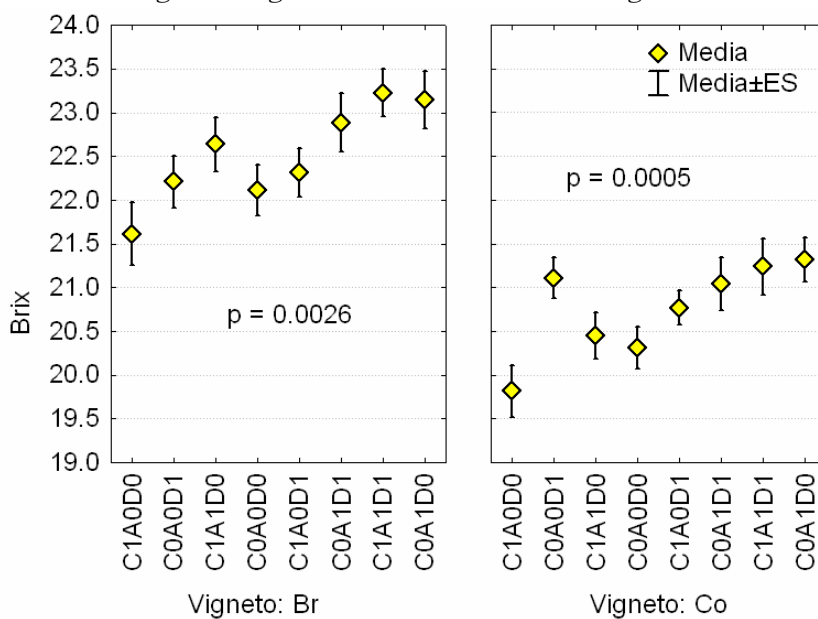
Anova-HSD di Tukey per $P \leq 0.05$ (ns: non significativo)

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, 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 (*figg. 1-9*).

Figura 1 – Medie di °Brix per tesi di gestione della chioma nei diversi vigneti. Legenda: Br= Brolio; Co=Cortigliano



LEGENDA: C0: 1 gemma/sperone C1: 3 gemme/sperone
 A0: NON defogliato A1: defogliato
 D0: NON diradato D1: diradato

Figura 2 – Medie di pH per tesi di gestione della chioma nei diversi vigneti. Legenda: Br= Brolio; Co=Cortigliano

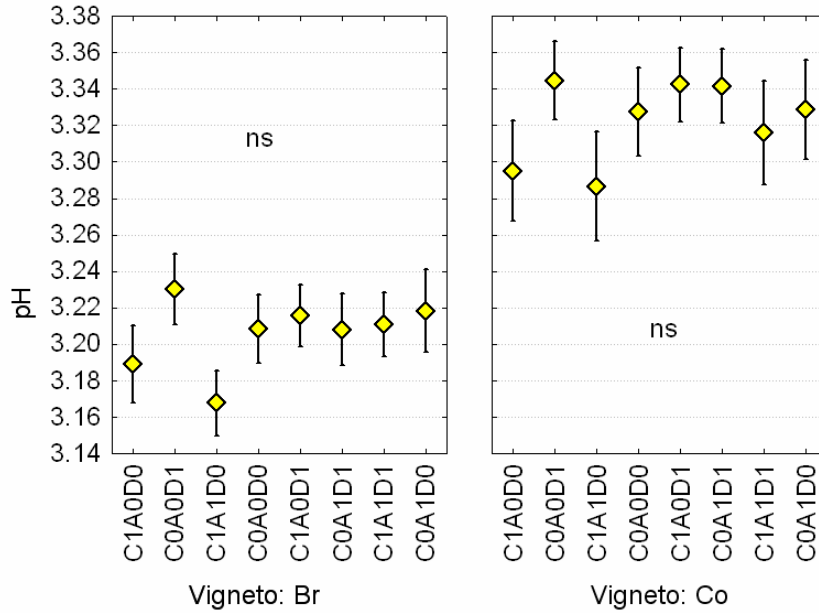


Figura 3 – Medie di acidità totale per tesi di gestione della chioma

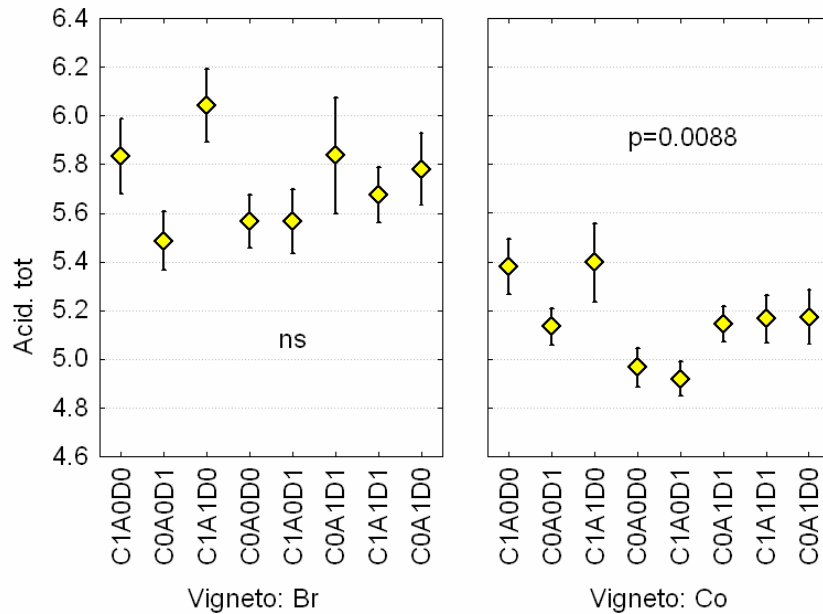


Figura 4 – Medie di ac. tartarico per tesi di gestione della chioma nei diversi vigneti. Legenda: Br= Brolio; Co=Cortigliano

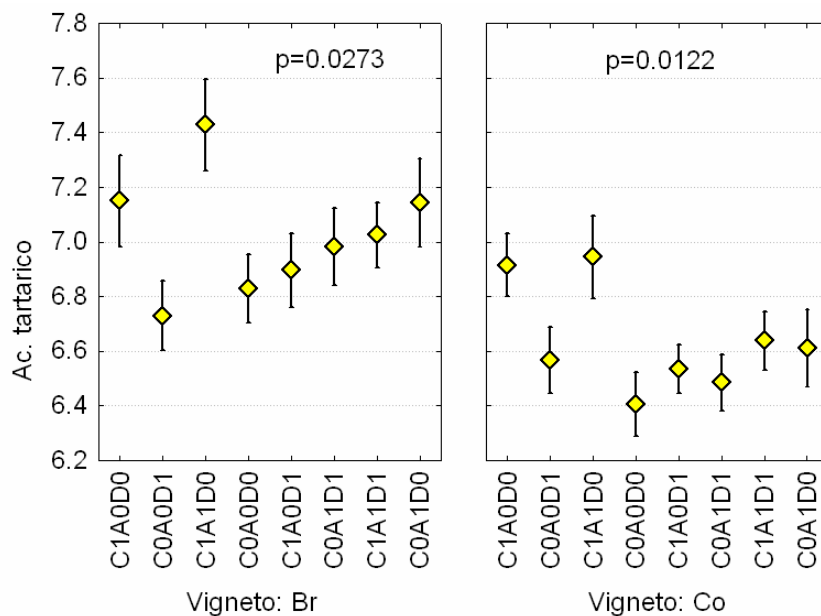


Figura 5 – Medie di ac. malico per tesi di gestione della chioma nei diversi vigneti. Legenda: Br= Brolio; Co=Cortigliano

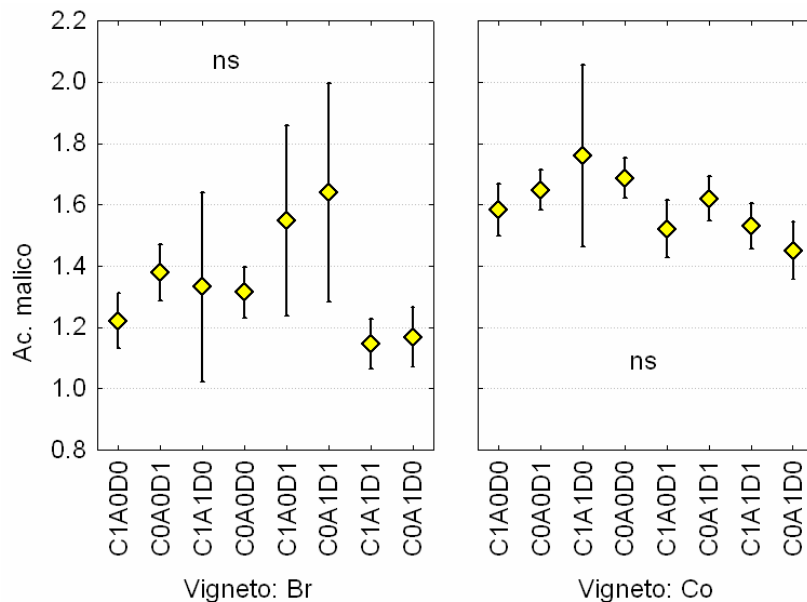


Figura 6 – Medie di potassio per tesi di gestione della chioma nei diversi vigneti. Legenda: Br= Brolio; Co=Cortigliano

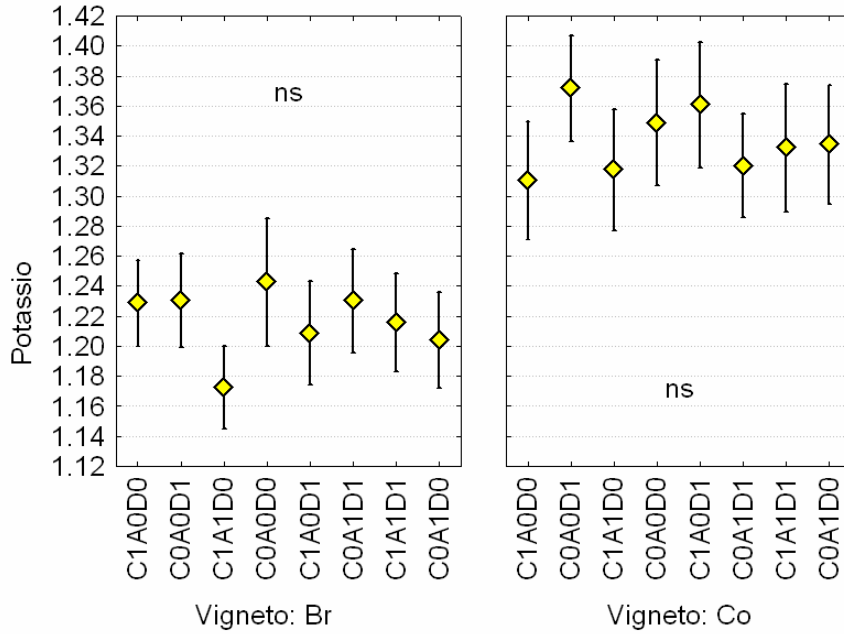


Figura 7 – Medie di APA per tesi di gestione della chioma nei diversi vigneti. Legenda: Br= Brolio; Co=Cortigliano

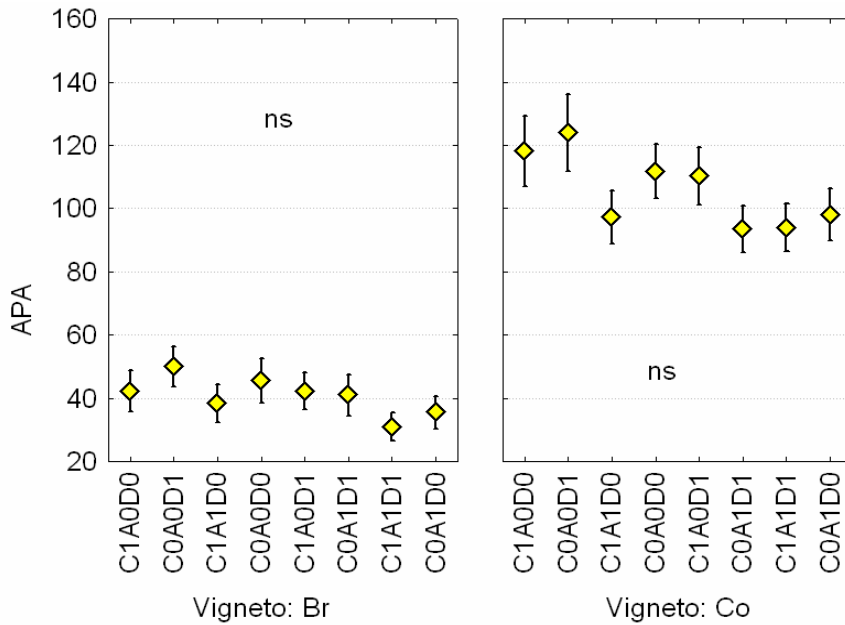


Figura 8 – Medie di antociani per tesi di gestione della chioma nei diversi vigneti. Legenda: Br= Brolio; Co=Cortigliano

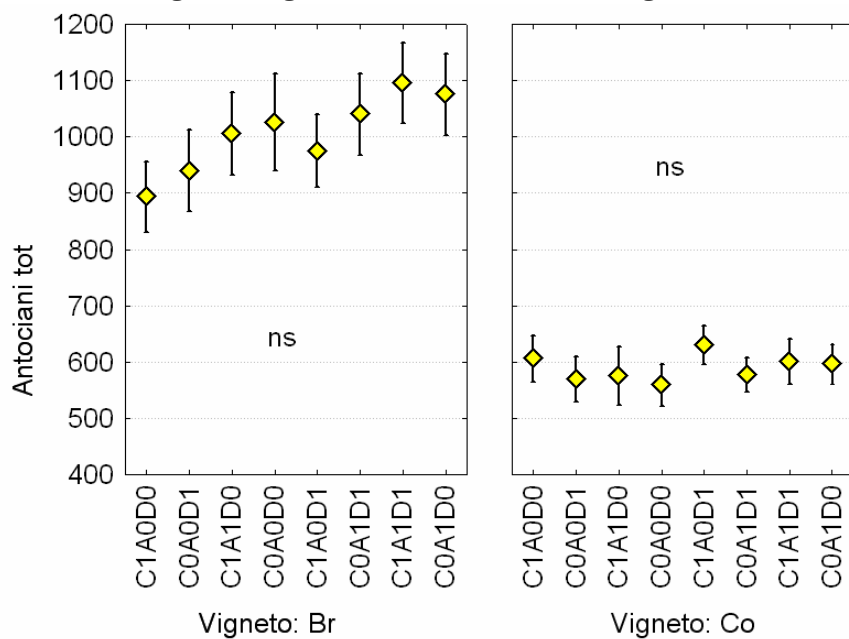
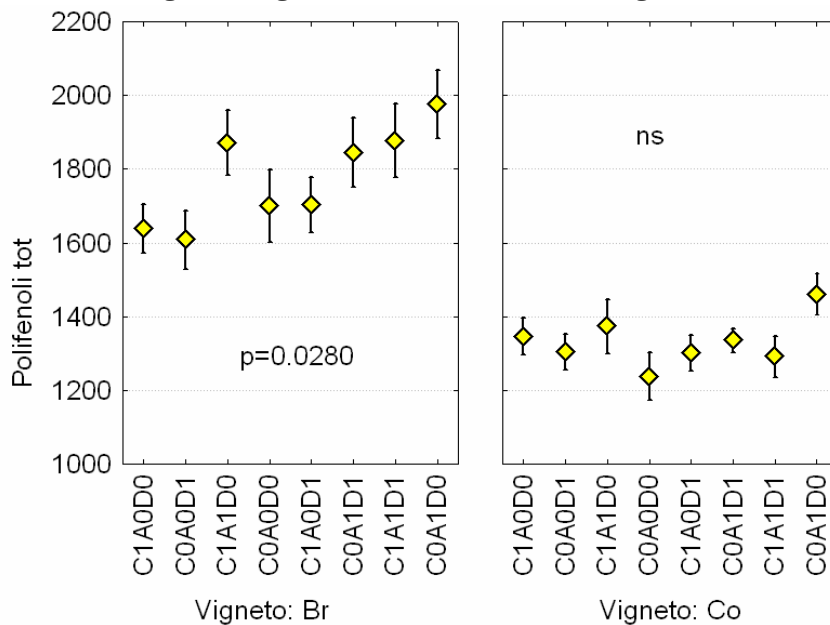


Figura 9 – Medie di polifenoli per tesi di gestione della chioma nei diversi vigneti. Legenda: Br= Brolio; Co=Cortigliano



3.2. Cabernet Sauvignon: effetto delle tecniche colturali

Su Cabernet Sauvignon (*tabb. 17-26*) si evidenzia che aumentando il numero di gemme per sperone (**effetto carica di gemme**) si è ottenuto:

- 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.

Va evidenziato che lo stato sanitario delle uve del vigneto di Cortigliano nel 2010, specie nei blocchi ad alto PAB, era tutt'altro che soddisfacente: già precedentemente alla prima vendemmia v'erano importanti attacchi di botrite e diffuso marciume acido. Per quanto sia stata effettuata in campo una selezione sanitaria delle uve da mandare in laboratorio, la

qualità delle stesche non poteva non risentirne. Ciò può aver alterato i risultati finali della sperimentazione in una maniera non quantificabile; sarà opportuno discutere l'utilizzo di questi dati per successive pubblicazioni.

Tabella 17 – Cabernet S.: test di significatività univariati per °Brix

Fattore variabilità	SS	GDL	MS	F	η_p^2	Signific.
Anno	407.5	3	135.8	105.4	0.299627	***
Vigneto	565.0	1	565.0	438.3	0.372286	***
Vigore (Vign)	193.1	4	48.3	37.4	0.168513	***
N° gemme	13.6	1	13.6	10.5	0.014048	**
Defogliazione	39.6	1	39.6	30.7	0.039889	***
Diradamento	28.0	1	28.0	21.7	0.028587	***
Epoca racc.	187.3	1	187.3	145.3	0.164337	***

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

Tabella 18 – Cabernet S.: test di significatività univariati per pH

Fattore variabilità	SS	GDL	MS	F	η_p^2	Signific.
Anno	5.385	3	1.795	255	0.508251	***
Vigneto	2.151	1	2.151	305	0.292164	***
Vigore (Vign)	0.677	4	0.169	24	0.114957	***
N° gemme	0.326	1	0.326	46	0.058838	***
Defogliazione	0.032	1	0.032	5	0.006062	*
Diradamento	0.196	1	0.196	28	0.036241	***
Epoca racc.	0.719	1	0.719	102	0.121210	***

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

Tabella 19 – Cabernet S.: test di significatività univariati per acidità

Fattore variabilità	SS	GDL	MS	F	η_p^2	Signific.
Anno	79.06	3	26.35	129.82	0.345127	***
Vigneto	123.64	1	123.64	609.09	0.451816	***
Vigore (Vign)	2.92	4	0.73	3.60	0.019099	**
N° gemme	2.55	1	2.55	12.55	0.016704	***
Defogliazione	1.97	1	1.97	9.72	0.012981	***
Diradamento	4.62	1	4.62	22.74	0.029847	***
Epoca racc.	49.17	1	49.17	242.20	0.246839	***

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

Tabella 20 – Cabernet S.: test di significatività univariati per *ac. tartarico*

<i>Fattore variabilità</i>	<i>SS</i>	<i>GDL</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	η_p^2	<i>Signific.</i>
Anno	7.61	3	2.54	14.4	0.055397	***
Vigneto	35.26	1	35.26	200.9	0.213741	***
Vigore (Vign)	10.46	4	2.62	14.9	0.074644	***
N° gemme	1.87	1	1.87	10.6	0.014183	**
Defogliazione	0.01	1	0.01	0.0	0.000051	ns
Diradamento	0.84	1	0.84	4.8	0.006449	*
Epoca racc.	0.01	1	0.01	0.0	0.000042	ns

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

Tabella 21 – Cabernet S.: test di significatività univariati per *ac. malico*

<i>Fattore variabilità</i>	<i>SS</i>	<i>GDL</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	η_p^2	<i>Signific.</i>
Anno	90.243	3	30.081	131.20	0.347512	***
Vigneto	51.320	1	51.320	223.83	0.232468	***
Vigore (Vign)	23.412	4	5.853	25.53	0.121398	***
N° gemme	0.001	1	0.001	0.00	0.000004	ns
Defogliazione	6.742	1	6.742	29.40	0.038267	***
Diradamento	0.698	1	0.698	3.04	0.004100	ns
Epoca racc.	9.210	1	9.210	40.17	0.051552	***

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

Tabella 22 – Cabernet S.: test di significatività univariati per *potassio*

<i>Fattore variabilità</i>	<i>SS</i>	<i>GDL</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	η_p^2	<i>Signific.</i>
Anno	23.591	3	7.864	204.82	0.453992	***
Vigneto	0.476	1	0.476	12.40	0.016506	*
Vigore (Vign)	1.936	4	0.484	12.61	0.063889	***
N° gemme	1.085	1	1.085	28.26	0.036837	***
Defogliazione	0.024	1	0.024	0.63	0.000854	ns
Diradamento	0.634	1	0.634	16.51	0.021855	***
Epoca racc.	0.156	1	0.156	4.06	0.005468	*

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

Tabella 23 – Cabernet S.: test di significatività univariati per *APA*

<i>Fattore variabilità</i>	<i>SS</i>	<i>GDL</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	η_p^2	<i>Signific.</i>
Anno	535482	3	178494	228.557	0.481622	***
Vigneto	176079	1	176079	225.465	0.234014	***
Vigore (Vign)	25522	4	6380	8.170	0.042404	***
N° gemme	74	1	74	0.094	0.000128	ns
Defogliazione	22217	1	22217	28.449	0.037118	***
Diradamento	3560	1	3560	4.559	0.006139	**
Epoca racc.	114812	1	114812	147.014	0.166115	***

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

Tabella 24 – Cabernet S.: test di significatività univariati per *antociani*

<i>Fattore variabilità</i>	<i>SS</i>	<i>GDL</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	η_p^2	<i>Signific.</i>
Anno	15731558	3	5243853	90.619	0.268406	***
Vigneto	7640025	1	7640025	132.027	0.151229	***
Vigore (Vign)	1022021	4	255505	4.415	0.023280	**
N° gemme	43345	1	43345	0.749	0.001010	ns
Defogliazione	185915	1	185915	3.213	0.004317	ns
Diradamento	81185	1	81185	1.403	0.001890	ns
Epoca racc.	14865	1	14865	0.257	0.000347	ns

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

Tabella 25 – Cabernet S.: test di significatività univariati per *polifenoli*

<i>Fattore variabilità</i>	<i>SS</i>	<i>GDL</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	η_p^2	<i>Signific.</i>
Anno	2.214493E+ 06	3	7.381643E+ 05	11.05	0.042808	***
Vigneto	4.747614E+ 05	1	4.747614E+ 05	7.10	0.009497	**
Vigore (Vign)	8.620247E+ 05	4	2.155062E+ 05	3.23	0.017111	**
N° gemme	9.015303E+ 02	1	9.015303E+ 02	0.01	0.000018	ns
Defogliazione	5.610136E+ 05	1	5.610136E+ 05	8.40	0.011203	**
Diradamento	2.375828E+ 03	1	2.375828E+ 03	0.04	0.000048	ns
Epoca racc.	3.385492E+ 05	1	3.385492E+ 05	5.07	0.006791	*

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

Tabella 26 – 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
<i>°Brix</i>	24.0 b	23.5 a	21.9 a	21.9 a
<i>Acidità</i>	4.12 a	4.24 b	4.89 a	5.08 b
<i>pH</i>	3.58 b	3.52 a	3.42 a	3.40 a
<i>Ac. tartarico</i>	5.29 a	5.38 b	5.83 a	5.94 b
<i>Ac. malico</i>	1.67 a	1.68 a	2.25 a	2.25 a
<i>Potassio</i>	1.76 b	1.67 a	1.67 a	1.64 a
<i>APA</i>	72.2 a	66.1 a	106 a	109 a
<i>Antociani</i>	620 a	646 a	935 a	925 a
<i>Polifenoli</i>	1223 a	1198 a	1189 a	1196 a
	DEFOGLIAZIONE			
	NON defogliato	defogliato	NON defogliato	Defogliato
<i>°Brix</i>	23.3 a	24.2 b	21.9 a	21.9 a
<i>Acidità</i>	4.22 a	4.14 a	5.10 b	4.96 a
<i>pH</i>	3.53 a	3.57 b	3.42 a	3.41 a
<i>Ac. tartarico</i>	5.35 a	5.32 a	5.89 a	5.87 a
<i>Ac. malico</i>	1.78 b	1.57 a	2.35 b	2.04 a
<i>Potassio</i>	1.70 a	1.72 a	1.69 a	1.62 a
<i>APA</i>	74.4 b	63.7 a	112 b	104 a
<i>Antociani</i>	635 a	631 a	899 a	962 b
<i>Polifenoli</i>	1179 a	1241 b	1175 a	1209 a
	DIRADAMENTO			
	NON diradato	diradato	NON diradato	Diradato
<i>°Brix</i>	23.6 a	23.9 a	21.8 a	22.0 a
<i>Acidità</i>	4.24 b	4.12 a	5.10 b	4.69 a
<i>pH</i>	3.54 a	3.55 a	3.39 a	3.43 b
<i>Ac. tartarico</i>	5.35 a	5.32 a	5.94 a	5.82 a
<i>Ac. malico</i>	1.70 a	1.64 a	2.23 a	2.26 a
<i>Potassio</i>	1.70 a	1.72 a	1.62 a	1.69 b
<i>APA</i>	70.8 a	67.3 a	109 a	106 a
<i>Antociani</i>	614 a	652 a	904 a	957 a
<i>Polifenoli</i>	1213 a	1208 a	1167 a	1219 a

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

Tabella 27 – Effetto del posticipo di raccolta su Cabernet S.

	CACCIAGRANDE					
	<i>Basso</i>		<i>Medio</i>		<i>Alto</i>	
	1 ^A	2 ^A	1 ^A	2 ^A	1 ^A	2 ^A
<i>°Brix</i>	24.7 ns	24.9 ns	23.7	24.9	22.7	23.6
<i>Acidità</i>	4.15	3.57	4.20	3.76	4.18	3.76
<i>pH</i>	3.60 ns	3.60 ns	3.53 ns	3.54 ns	3.51 ns	3.54 ns
<i>Ac. tartarico</i>	5.21 ns	5.24 ns	5.55 ns	5.61 ns	5.25 ns	5.35 ns
<i>Ac. malico</i>	1.48 ns	1.39 ns	1.52	1.18	2.04	1.78
<i>Potassio</i>	1.76	1.66	1.68	1.53	1.70 ns	1.62 ns
<i>APA</i>	68 ns	48 ns	75.7 ns	57.7 ns	71.3	56.4
<i>Antociani</i>	555	828	695	905	647	753
<i>Polifenoli</i>	1270 ns	1248 ns	1240 ns	1283 ns	1151 ns	1155 ns
	DONNA OLIMPIA					
	<i>Medio</i>		<i>Alto</i>		<i>Medio2</i>	
	1 ^A	2 ^A	1 ^A	2 ^A	1 ^A	2 ^A
<i>°Brix</i>	21.9	22.7	22.0	23.0	21.8	22.8
<i>Acidità</i>	5.027	4.65	4.97	4.36	5.10	4.49
<i>pH</i>	3.39	3.43	3.44	3.52	3.42	3.49
<i>Ac. tartarico</i>	5.89 ns	5.8 ns	5.82	5.62	5.94	5.66
<i>Ac. malico</i>	2.17	1.96	2.32	1.93	2.25 ns	1.97 ns
<i>Potassio</i>	1.60	1.48	1.72 ns	1.66 ns	1.66	1.61
<i>APA</i>	99.8	71.7	110	69.7	114	85.6
<i>Antociani</i>	877 ns	897 ns	954 ns	871 ns	977 ns	942 ns
<i>Polifenoli</i>	1183 ns	1171 ns	1186 ns	1124 ns	1208	1083

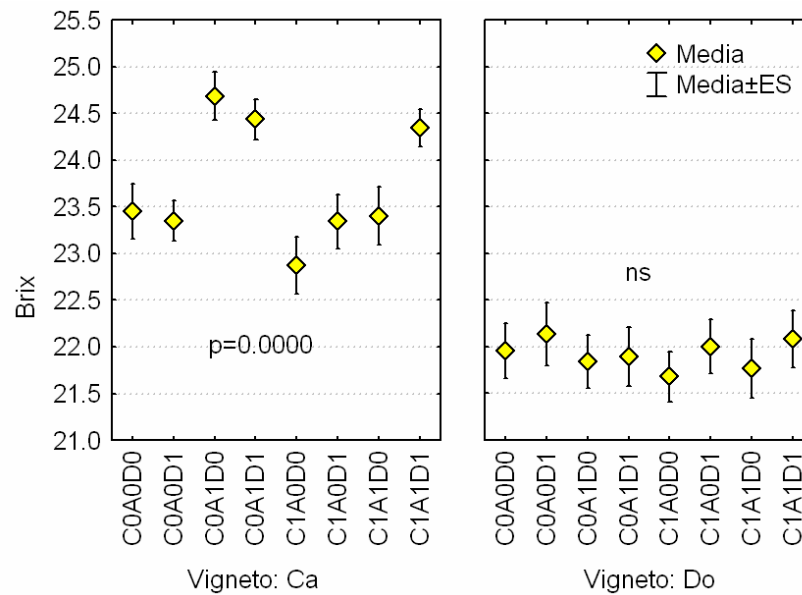
Anova-HSD di Tukey per $P \leq 0.05$ (ns: non significativo)

Riguardo l'effetto del posticipo della vendemmia su Cabernet S. si nota che in seconda raccolta non si registra un calo degli antociani, ma un loro incremento nel vigneto di Cacciagrande (tab. 27), segno che la cultivar in questione non è in fase di degradazione del colore.

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 (figg. 10-19) 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 differenze significative rilevanti.

Figura 10 – Medie di °Brix per tesi di gestione della chioma nei diversi vigneti. Legenda: Ca=Cacciagrande; Do=Donna Olimpia



LEGENDA: C0: 1 gemma/sperone C1: 3 gemme/sperone
 A0: NON defogliato A1: defogliato
 D0: NON diradato D1: diradato

Figura 10 – Medie di pH per tesi di gestione della chioma nei diversi vigneti. Legenda: Ca=Cacciagrande; Do=Donna Olimpia

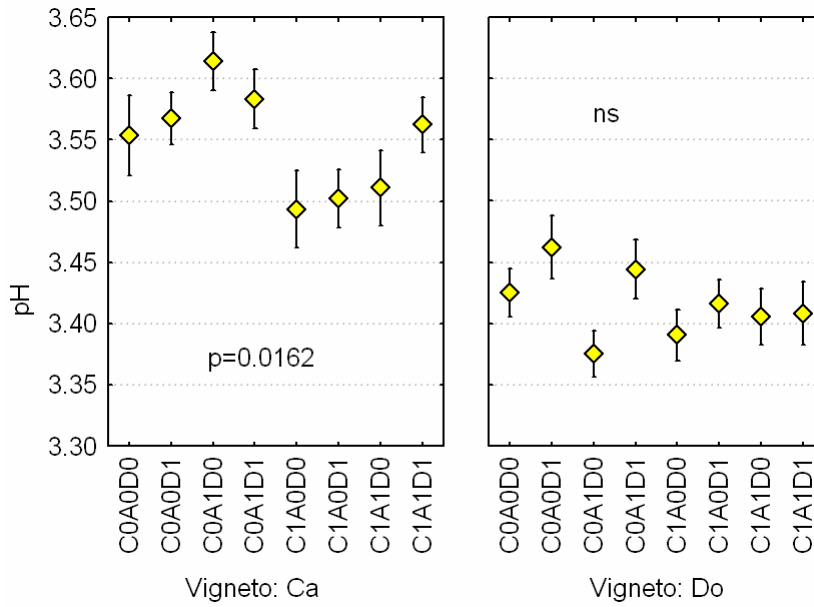


Figura 12 – Medie di ac. totale per tesi di gestione della chioma nei diversi vigneti. Legenda: Ca=Cacciagrande; Do=Donna Olimpia.

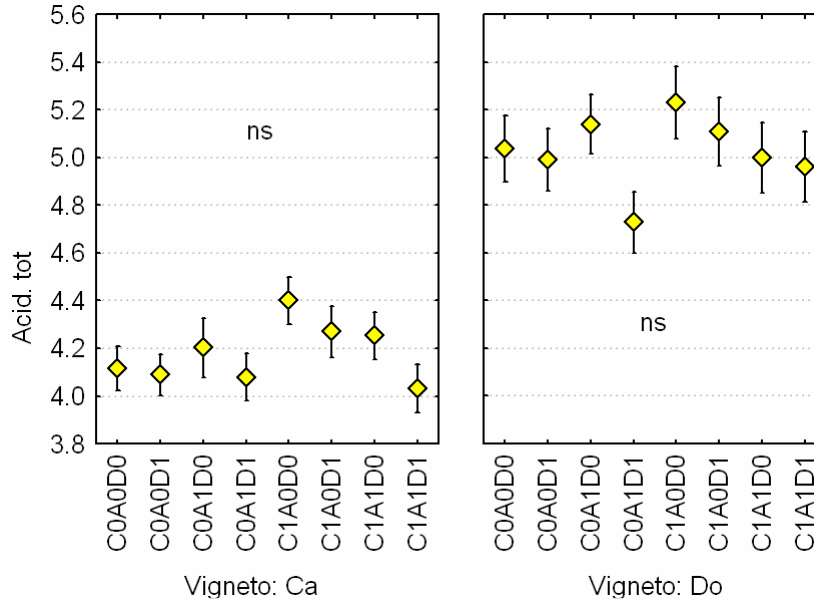


Figura 13 – Medie di ac. tartarico per tesi di gestione della chioma nei diversi vigneti. Legenda: Ca=Cacciagrande; Do=Donna Olimpia

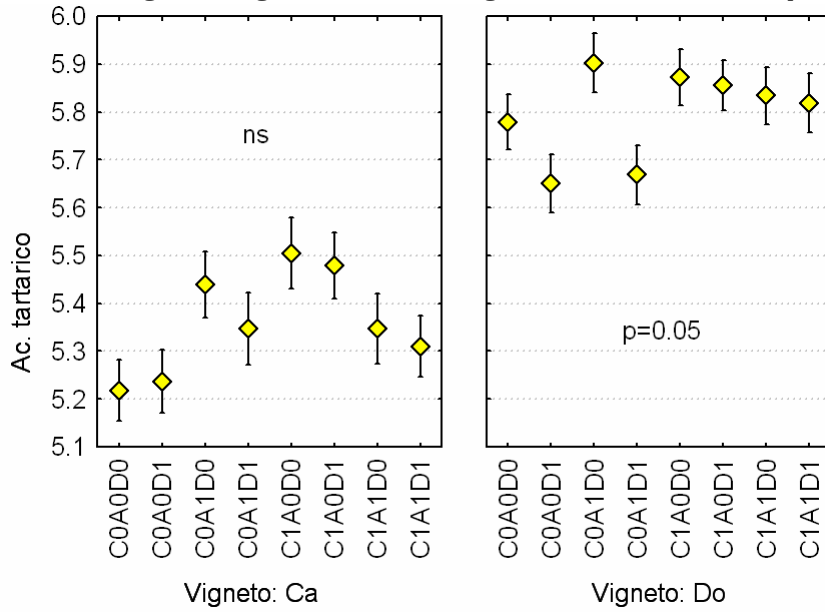


Figura 14 – Medie di ac. malico per tesi di gestione della chioma nei diversi vigneti. Legenda: Ca=Cacciagrande; Do=Donna Olimpia

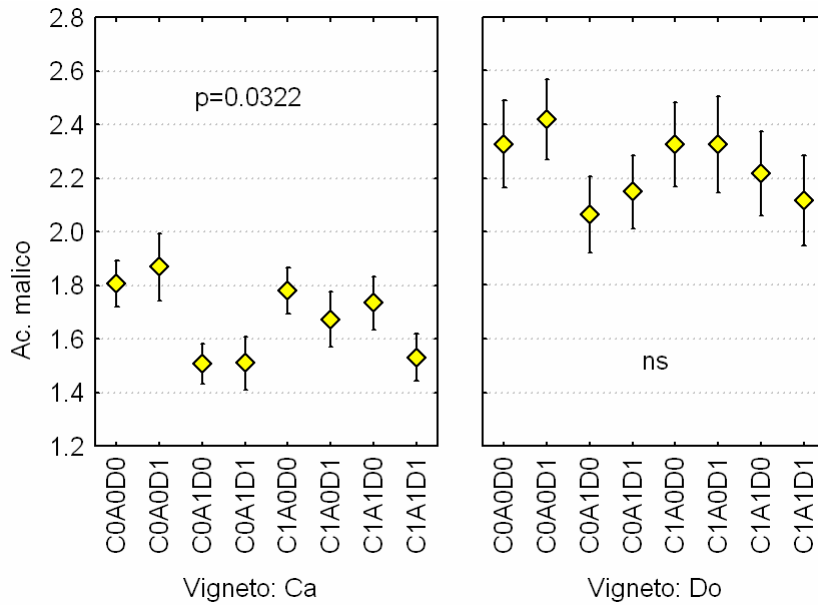


Figura 15 – Medie di potassio per tesi di gestione della chioma nei diversi vigneti. Legenda: Ca=Cacciagrande; Do=Donna Olimpia

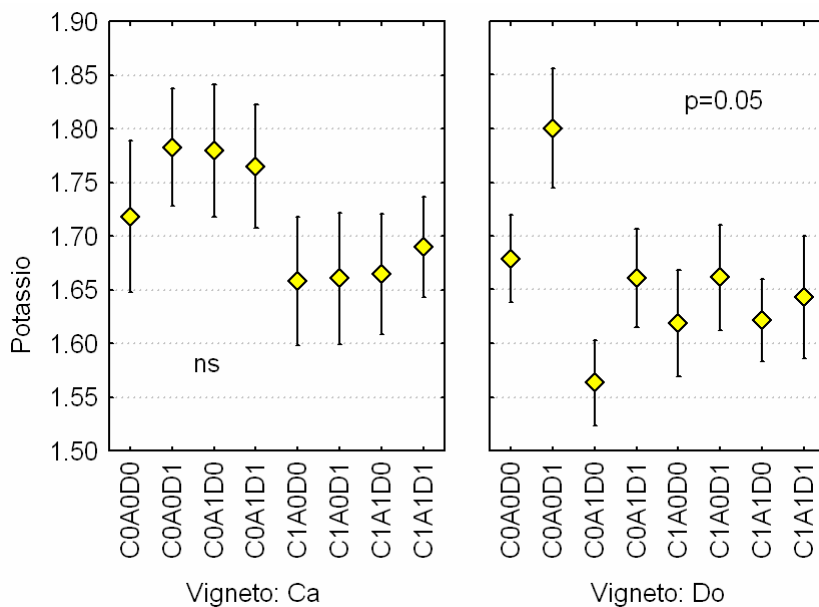


Figura 17 – Medie di APA per tesi di gestione della chioma nei diversi vigneti. Legenda: Ca=Cacciagrande; Do=Donna Olimpia

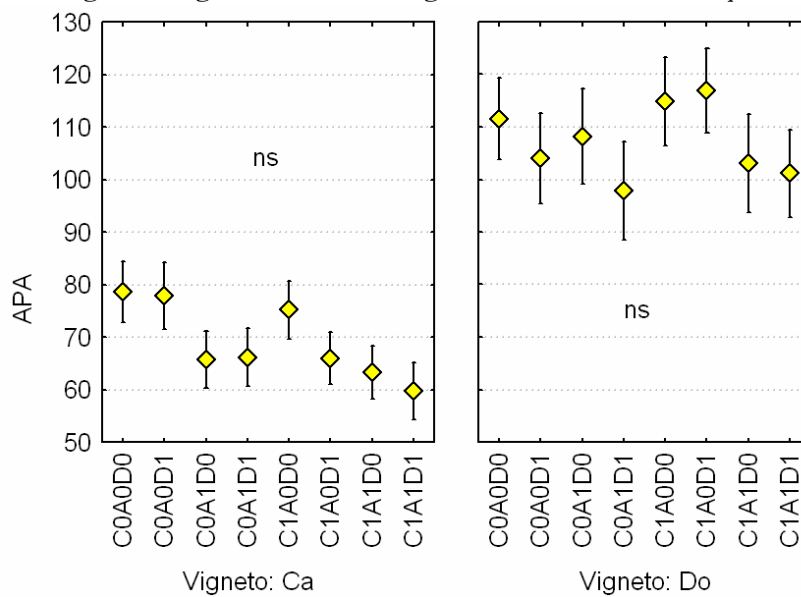


Figura 18 – Medie di antociani per tesi di gestione della chioma nei diversi vigneti. Legenda: Ca=Cacciagrande; Do=Donna Olimpia

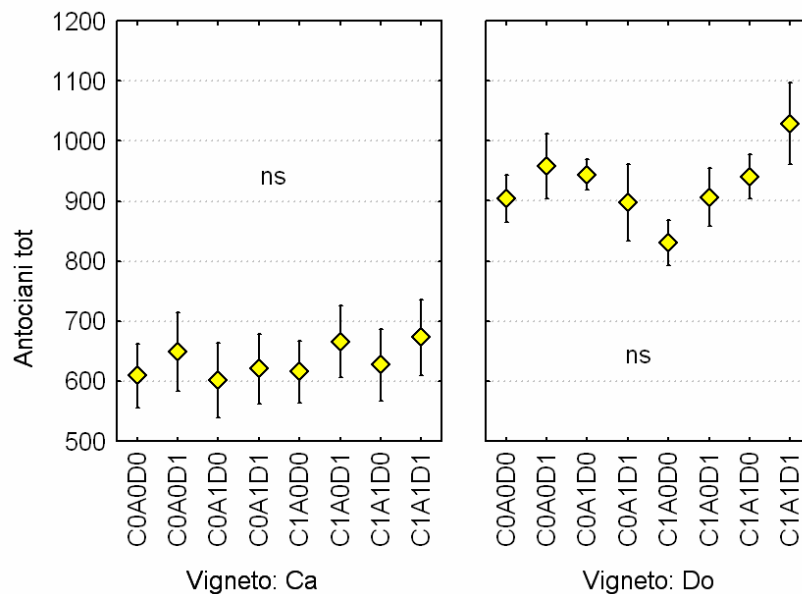
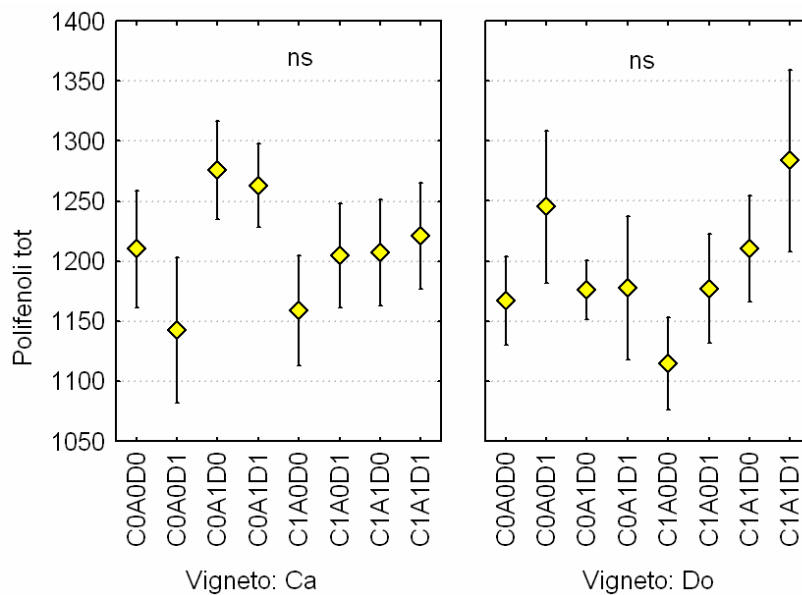


Figura 19 – Medie di polifenoli per tesi di gestione della chioma nei diversi vigneti. Legenda: Ca=Cacciagrande; Do=Donna Olimpia



4. Effetto delle interazioni tra fattori

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.

Gli effetti di interazione possono essere di primo ordine, cioè tra due fattori, o secondo ordine, cioè tra tre fattori. Il loro effetto concorre a determinare parte dei risultati produttivi e qualitativi precedentemente esposti. Per il commento delle interazioni si fa riferimento all'elaborazione dei dati del triennio 2007-09 riportata nel documento di "*Analisi statistica e modellistica di supporto alle decisioni in viticoltura ed enologia*" (a cura del prof. Benedettelli Stefano), nel quale le interazioni sono descritte analiticamente.

Si analizzano le interazioni più rilevanti tra le tecniche di gestione della chioma e gli altri fattori di variabilità, ovvero tra gli effetti in grado di descrivere un comportamento generalizzabile e che riescono a dare informazioni complementari rispetto a quanto già detto.

4.1. Effetto delle interazioni su Sangiovese

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 spiegati dagli effetti interattivi.

In generale il **contenuto zuccherino** dei mosti viene incrementato dall'effetto congiunto di defogliazione e

diradamento per ogni carico di gemme/ceppo, ma in maggior misura sulle piante potate a 3 gemme.

Nel solo vigneto di Brolio la defogliazione aumenta il °Brix sui carichi di gemme maggiori solo nelle aree di vigneto ad alta PAB, mentre lo diminuisce nei blocchi a bassa PAB.

Nel vigneto di Cortigliano si nota come a maggiori livelli di PAB la defogliazione diminuisca l'efficacia dell'incremento del grado zuccherino. In tale vigneto l'effetto positivo del diradamento sulla piante è evidente ovunque, ma varia in base alla vigoria: i massimi incrementi si hanno sulla media PAB. Nel vigneto di Brolio l'interazione tra numero di gemme e diradamento è invece molto più variabile a seconda della vigoria. Dall'analisi dei risultati appare evidente che risulti maggiormente conveniente diradare le tesi a 3 gemme. Il diradamento applicato alle tesi a minor numero di gemme, sebbene influenzato positivamente, assume un significato più ridotto in termini di aumento del grado zuccherino.

La defogliazione sui blocchi a basso vigore porta in generale ad un aumento dell'**acidità titolabile**. Passando dalle aree a bassa a quelle ad alta PAB in entrambi i vigneti si ottiene una diminuzione dell'acidità. Un carico di gemme/ceppo maggiore incrementa l'acidità dei mosti; se in queste situazioni si applica il diradamento si contrasta il fenomeno riducendola.

La componente dell'acidità dovuta all'**acido tartarico** viene ridotta dal diradamento dei grappoli e ciò avviene maggiormente nei blocchi ad alta PAB. La defogliazione combinata al diradamento riduce l'acido tartarico solo nell'alta PAB, altrimenti l'incrementa nelle aree a più bassa PAB.

Nel vigneto di Brolio l'effetto di calo dell'**acido malico** in seguito ad una vendemmia più tardiva risulta marcato ove il vigore sia maggiore, in quanto i livelli di acido malico in tali blocchi a maggior PAB presentano concentrazioni di partenza decisamente più elevate e pertanto il calo derivante risulta in senso assoluto maggiore.

Gli effetti positivi della defogliazione sul contenuto di **antociani totali** si palesa maggiormente sulle piante potate con 3 gemme/ceppo. Nel vigneto di Cortigliano, ove l'effetto defogliazione è complessivamente non significativo, si nota che nei soli blocchi di maggior PAB assume effetti positivi. Nello stesso vigneto l'effetto congiunto di defogliazione e diradamento si traduce in un aumento del contenuto antocianico, mentre nel vigneto di Brolio nei blocchi a bassa e media PAB l'effetto o non è significativamente apprezzabile o addirittura esprime un ruolo negativo.

L'applicazione del diradamento nel vigneto di Cortigliano risulta sempre utile per poter incrementare il contenuto di **polifenoli totali**. Nel vigneto di Brolio il diradamento non produce quei risultati utili che, invece, si ottengono defogliando; la defogliazione ha un effetto sempre maggiore nei blocchi a bassa PAB.

4.2. Effetto delle interazioni su Cabernet Sauvignon

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.

Il **contenuto zuccherino** dei mosti risulta diminuire al crescere del vigore e l'effetto della defogliazione sul medesimo parametro ha un effetto negativo. Si annota peraltro che questo dato contrasta con quanto emerge dalla nostra elaborazione dei dati quadriennali ove l'effetto della defogliazione è invece significativamente utile per incrementare il °Brix. La pratica del diradamento dei frutti

avrebbe un effetto d'incremento del grado zuccherino, maggiormente evidente nelle aree a bassa PAB.

La componente dell'acidità rappresentata dall'**acido malico** viene ridotta dall'effetto sinergico di defogliazione e diradamento. Applicare il diradamento sulle piante con un carico di gemme/ceppo superiore avrebbe però un effetto più consistente rispetto che su quelle ad 1 gemma/sperone, come già evidenziato per la cultivar Sangiovese.

Quale che sia il tipo di potatura invernale adottato si registrano effetti positivi della pratica del diradamento dei frutti sul contenuto di **antociani totali**.

Il discorso sul contenuto in **polifenoli totali** è difficilmente generalizzabile per i due vigneti. In quello di Donna Olimpia il diradamento effettuato su viti potate a 1 gemma comporta l'effetto di ridurre i polifenoli, mentre sulla carica di 3 gemme/sperone l'esito è opposto in 2 blocchi di PAB su 3.

Il diradamento applicato al vigneto di Cacciagrande ha incrementato i polifenoli nelle aree a minor PAB, mentre sulla potatura a 1 gemma/sperone lo ha incrementato quando il blocco era ad alto vigore. La potatura a 3 gemme applicata insieme al diradamento determina sempre un aumento del contenuto di polifenoli, indipendentemente dall'effetto della defogliazione; sulle potature corte si ha, invece, un effetto negativo applicando contemporaneamente i trattamenti di defogliazione e diradamento.

5. Fisiologia del vigneto

5.1. Approfondimento sulla fisiologia del vigneto in condizioni di stress idrico

La valutazione dello stato fisiologico delle piante nei quattro vigneti sperimentali è stata effettuata in periodo pre-invaiaitura, che è coinciso con il periodo di massima carenza idrica. In particolare è stato caratterizzato l'andamento giornaliero (dall'alba al tramonto) di alcuni parametri fisiologici, potenziali indicatori di stress idrico e/o di carenze nutrizionali.

Le campagne di misura sono iniziate nel 2007 presso il vigneto di Brolio (Chianti), proseguite nel 2008 a Donna Olimpia (Bolgheri) e, dopo un'interruzione nel 2009 dovuta a forte grandinata in Maremma, che ha compromesso le tesi di gestione della chioma impostate, sono riprese e terminate nel 2010 nei vigneti Cacciagrande e Cortigliano presso la Fattoria Le Mortelle (Castiglione della Pescaia).

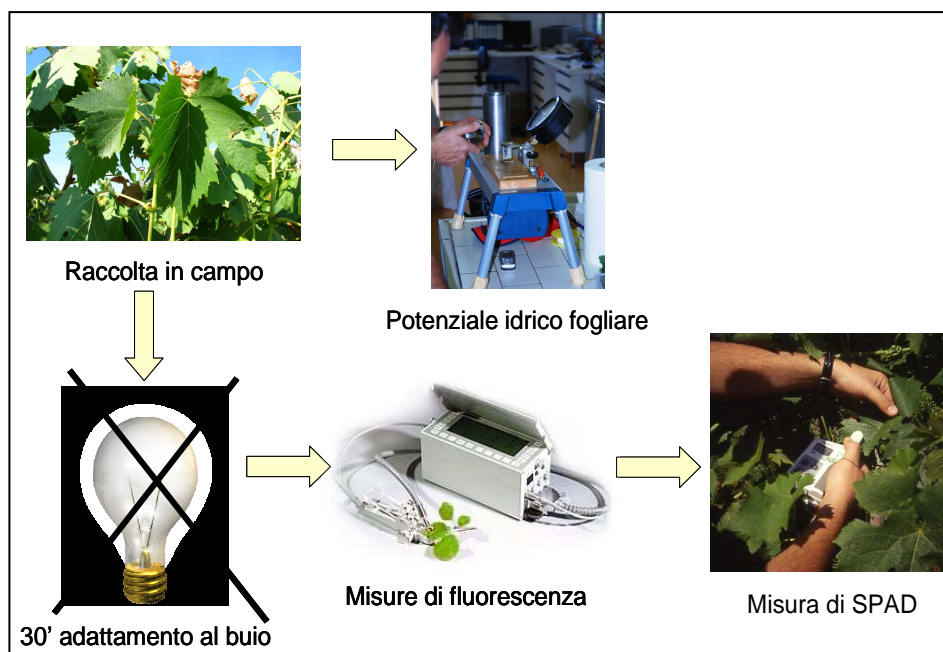
L'obiettivo primario è stato quello di determinare gli andamenti giornalieri dell'efficienza fotosintetica del fotosistema II (F_V/F_M) e del potenziale idrico delle piante nelle diverse zone del vigneto caratterizzate da blocchi a differente PAB (alta, media e bassa) e di capire come le eventuali variazioni si potessero ripercuotere sulla fisiologia della maturazione delle uve, in funzione anche delle diverse modalità di gestione della chioma. All'interno di diversi blocchi di vigoria del vigneto, infatti, erano state allestite le tesi sperimentali modificando l'equilibrio vegeto-produttivo al fine di migliorare la qualità delle uve e fornire indicazioni e metodologie per una gestione ottimale della variabilità.

L'indagine ha riguardato in particolare le piante sottoposte alle tesi estreme di equilibrio vegeto-produttivo, sfogliato non diradato e carica di quattro speroni a tre gemme

(C1A1D0: massima produzione di grappoli per unità di area fogliare), confrontate con la tesi più scarica dal punto di vista produttivo con diradamento del 50% dei grappoli e nessuna sfogliatura (C1A0D1).

Immediatamente dopo la raccolta, di un sub-campione di foglie (*fig. 20*) è stato misurato il potenziale idrico fogliare mediante camera a pressione di Scholander (*Plant Water Status Console Model 3005 – Soilmoisture Equipment Corp*). Le restanti foglie sono state adattate per almeno mezz'ora al buio per sottoporle alla determinazione dell'efficienza quantica del fotosistema II (F_V/F_M) tramite fluorimetro portatile PAM 2000 (*Walz GmbH, Effeltrich, Germany*). Il contenuto di clorofilla è stato rilevato indirettamente mediante un misuratore portatile SPAD 502 (*Konica-Minolta Inc., Tokyo, Japan*).

Figura 20 – Protocollo di raccolta e misura delle foglie per analisi fisiologiche.



Tali rilievi sono stati ripetuti periodicamente nell'arco della giornata, ogni due ore circa, dal primo mattino fin all'imbrunire per tre giorni consecutivi in fase di pre-

invasatura, al fine di registrare la dinamica giornaliera dell'efficienza dell'apparato fotosintetico delle piante nei diversi blocchi di vigore e soggette a tesi estreme di equilibrio vegeto-produttivo. Complessivamente per ciascun parametro sono state effettuate 1120 misure.

Gli andamenti giornalieri del potenziale idrico (fig. 21 A) hanno evidenziato un abbassamento dei valori nelle ore centrali, che venivano recuperati nelle prime ore serali, nei vigneti di Bolgheri e della Fattoria Le Mortelle. A Brolio, invece, sono stati registrati valori bassi durante tutto il giorno. Inoltre si è osservato che Cabernet Sauvignon riprende il turgore fogliare più rapidamente di Sangiovese.

Anche i valori di efficienza dell'apparato fotosintetico (fig. 21 B) hanno mostrato valori più bassi a Brolio (0.67 ± 0.01), specialmente nei blocchi a media e bassa vigoria (0.62 ± 0.01), mentre nei restanti vigneti i valori diminuivano leggermente in corrispondenza delle ore più calde della giornata. Nelle ore più calde (12:00-15:00) della giornata sono stati registrati abbassamenti del 21% di F_V/F_M (0.53 ± 0.05) su foglie di Sangiovese a Brolio, con conseguente abbassamento dell'attività fotosintetica.

Una ulteriore conferma della situazione fisiologica dei quattro vigneti è venuta dal contenuto di clorofilla, rappresentato dall'indice di SPAD, con valori più elevati in Cabernet Sauvignon a Donna Olimpia (SPAD medio: 43.1 ± 0.2) e Sangiovese a Cortigliano (SPAD medio: 41.2 ± 0.2), leggermente inferiore in Cabernet Sauvignon a Cacciagrande (SPAD medio: 40.2 ± 0.2) ed infine nelle foglie di Sangiovese a Brolio (SPAD medio: 34.3 ± 0.3). L'andamento giornaliero di SPAD, comunque, non variava in modo significativo. Dall'esame complessivo dei dati si può rilevare un abbassamento significativo dell'efficienza dell'apparato clorofilliano, con potenziali ripercussioni negative sull'attività fotosintetica, in corrispondenza di potenziali idrici fogliari inferiori a -1.2 -1.3 MPa (fig. 22 A) e per valori di SPAD minori di 36 (fig. 22 B).

Per quanto riguarda l'effetto delle differenti gestioni agronomiche sulla risposta fisiologica, generalmente non sono state riscontrate differenze significative, se non nel vigneto di Brolio, nel quale risulta comunque dominante il ruolo della variabilità del terreno.

In particolare il confronto dei valori medi di efficienza (*fig. 23*) ha evidenziato differenze significative in relazione al blocco di vigore a Brolio e in parte a Cortigliano e la non influenza della gestione della chioma su F_V/F_M , ad eccezione di Brolio (lettere b e d).

I valori medi di SPAD (indice del contenuto di clorofilla, *fig. 24*) nei quattro vigneti sperimentali in relazione al PAB hanno mostrato differenze significative in relazione al blocco di vigore soprattutto a Brolio dove sono stati registrati valori fisiologicamente bassi. Negli altri vigneti i valori di SPAD sono sempre risultati ottimali e con leggere differenze non sempre riconducibili alla 'presunta' maggiore vigoria del blocco come nel caso di Donna Olimpia, dove la situazione 'Media' mostra valori di SPAD superiori a quella 'Alta'.

Per quanto riguarda il potenziale idrico fogliare (*fig. 25*) si può notare una situazione molto simile a quella registrata per l'efficienza quantica (F_V/F_M), che conferma quanto esistente in letteratura relativamente alla capacità di questo indice fisiologico di individuare lo stress idrico. Differenze significative in relazione al blocco di vigore sono state registrate a Brolio e in parte a Cortigliano, mentre la gestione della chioma non ha influito sul potenziale idrico medio.

Tali indicazioni sono confermate dalle misure di potenziale idrico del suolo a due profondità (30 e 60 cm) condotte dal CNR-Ibimet di Firenze (vedi Relazione scientifica finale Linee di ricerca A1-A2, CNR-Ibimet) che hanno registrato valori al di sotto del punto di appassimento (-1.5 MPa) nel vigneto di Brolio a partire da luglio di ciascun anno nel pieno delle misure fisiologiche effettuate tra i giorni giuliani (JD) 218-221, a Donna Olimpia in particolar modo nel 2008 anno

nel quale sono state effettuate le misure fisiologiche (JD 210-212), ed a Cacciagrande e Cortigliano con valori (-1.3 MPa) prossimi al punto di appassimento nei giorni delle misure (JD 208-210).

Valutando lo stato fisiologico globale, rappresentato dall'indice $F_V/F_M \cdot SPAD$ (*fig. 26*), si osserva nel vigneto di Brolio un gradiente positivo nella capacità fotosintetica in corrispondenza dell'aumento dei valori di PAB ed un lieve positivo effetto della defogliazione, significativo però solo per il blocco a PAB medio. Il vigneto di Cortigliano risulta omogeneo, Cacciagrande ha valori inferiori nelle parti a PAB inferiore, mentre il vigneto di Donna Olimpia risulta più efficace nel blocco a PAB medio (M1).

La qualità delle uve relative alle due tesi agronomiche (diradato, non defogliato e potatura a tre gemme C1A0D1 rispetto a non diradato, defogliato, carica a tre gemme C1A1D0), all'anno ed al vigneto in cui sono stati effettuati i rilievi fisiologici ed infine ai blocchi di PAB (H=alto; L=basso, M=medio) è riportata nelle *figure 27-29*.

Il grado zuccherino (*fig. 27 e tab. 28*) è risultato generalmente inferiore nelle zone del vigneto ad elevato PAB (a Brolio, Cortigliano e Cacciagrande), mentre Donna Olimpia conferma una notevole omogeneità. Dall'analisi statistica dei dati (*tab. 28*) gli zuccheri non risultano correlati in modo significativo con i parametri fisiologici (F_V/F_M , SPAD, LWP e $F_V/F_M \cdot SPAD$) come ci si sarebbe potuto attendere. Le relazioni più significative riguardano invece il potenziale idrico fogliare (LWP) inversamente correlato con l'acidità, ossia a LWP meno negativo (minor stress idrico) corrispondono uve meno acide.

Tabella 28 - Correlazione tra parametri chimico-analitici delle uve e fisiologici fogliari. Da notare come gli zuccheri non risultino correlati in modo significativo ($p > 0.05$) mentre Acidità Titolabile totale e pH dei mosti risultano generalmente correlati in modo significativo con i parametri fisiologici (valori in rosso).

Correlazione di Pearson	°Brix	pH	Acidità totale (g l ⁻¹)
F _v /F _M	-.0136 p=.948	.3792 p=.056	-.5284 p=.006
SPAD	.0386 p=.851	.4917 p=.011	-.5473 p=.004
LWP	.2862 p=.156	.7159 p=.000	-.7126 p=.000
F _v /F _M *SPAD	-.0919 p=.655	-.5597 p=.003	.6333 P=.001

In conclusione non sono stati evidenziati potenziali problemi alla produzione ed all'accumulo di zuccheri nei vigneti di Donna Olimpia, Cacciagrande e Cortigliano, e neppure a Brolio, sebbene in corrispondenza della zona a bassa vigoria, si siano registrati valori bassi di SPAD e di efficienza quantica, questi ultimi addirittura critici nelle ore centrali più calde della giornata. Probabilmente la bassa carica produttiva è riuscita ad equilibrare la situazione vegeto-produttiva permettendo di ottenere risultati interessanti per la qualità delle uve.

La gestione agronomica non ha modificato in modo significativo lo stato fisiologico delle piante, che è risultato invece maggiormente influenzato dal terreno e correlato con la biomassa fotosinteticamente attiva (PAB).

La qualità delle uve è risultata invece correlata con l'equilibrio vegeto-produttivo, rappresentato dall'indice di Ravaz (*tabelle 2 e 3; figura 30*), che fornisce la chiave di lettura fisiologica più adeguata a spiegare il livello di maturazione raggiunto nelle due epoche di raccolta.

A valori fino a 5 di indice di Ravaz corrispondono uve con elevato tenore zuccherino ed adeguata acidità, alti antociani totali e buon contenuto di APA (*figura 30*). Aumentando la

produzione a parità di chioma si ottengono linearmente uve meno mature.

Figura 21 – Andamenti giornalieri del potenziale idrico fogliare (A), dell'efficienza quantica del PSII (B) e del contenuto di clorofilla (C) nei quattro vigneti sperimentali

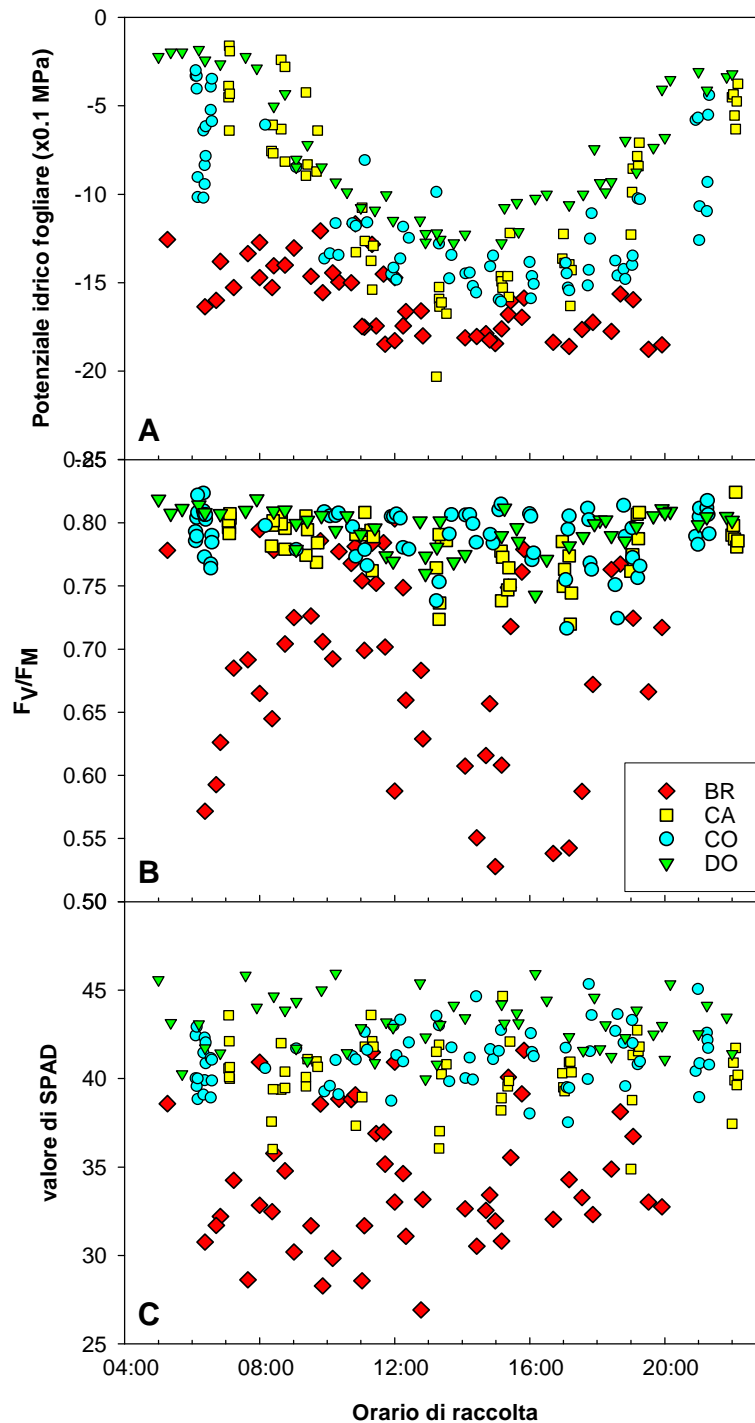


Figura 22 – Andamento dell'efficienza quantica in funzione del potenziale idrico fogliare (A) e del contenuto di clorofilla (B) nei quattro vigneti sperimentali. Si possono notare abbassamenti significativi in corrispondenza a valori di potenziale idrico inferiore a 1.2-1.3 MPa e indice SPAD minore di 36

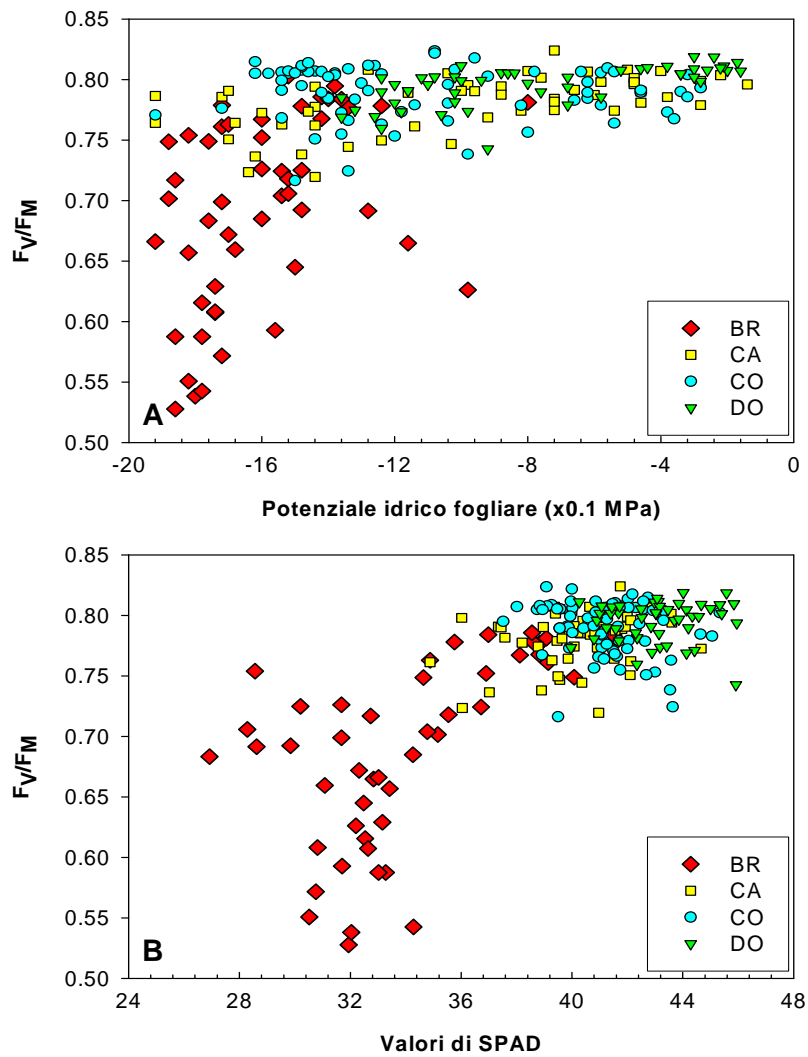
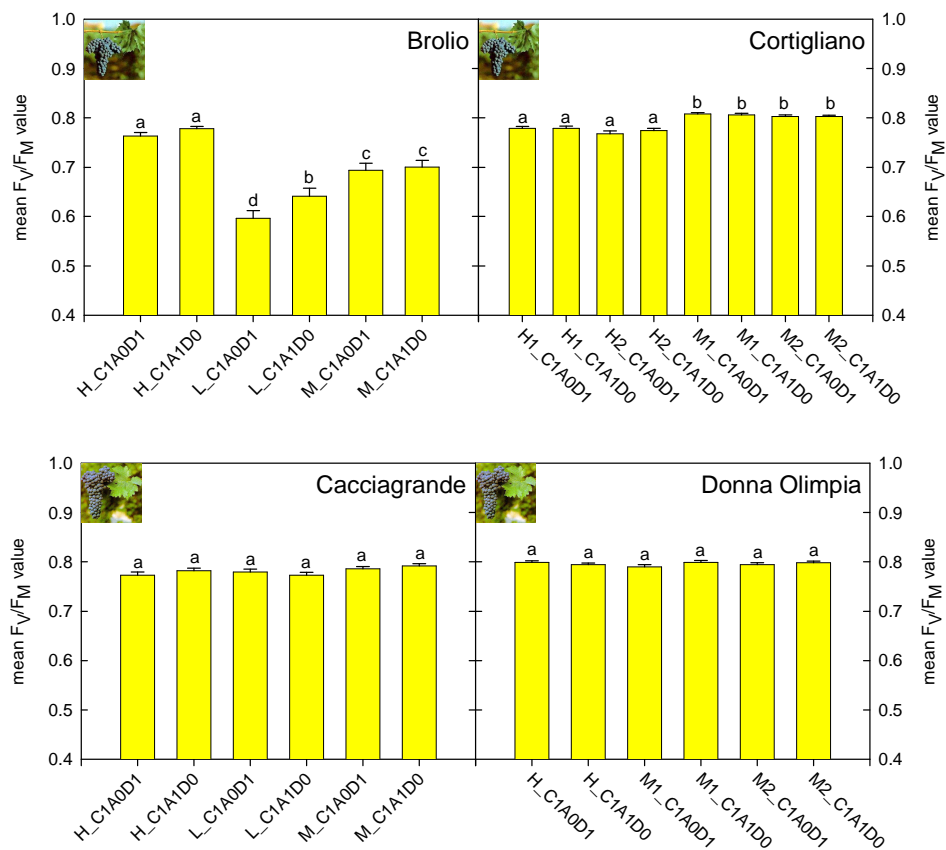
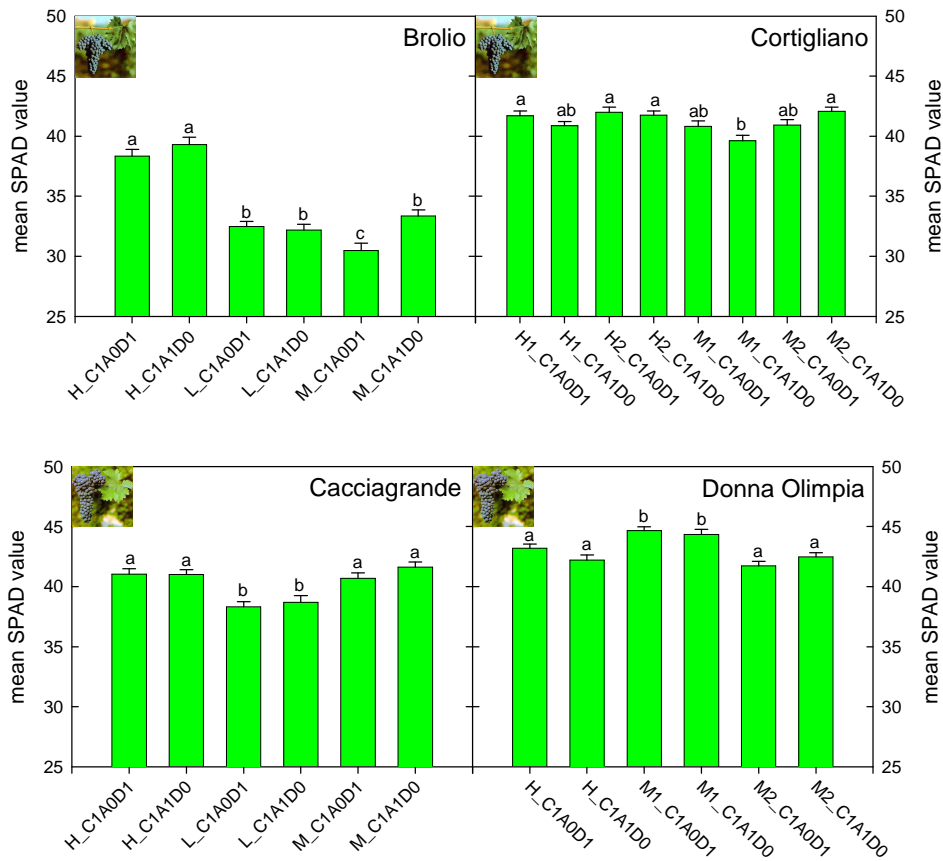


Figura 23 – Valori medi dell'efficienza quantica nei quattro vigneti sperimentali in relazione al PAB (L=basso, M=medio, H=alto) ed alle tesi agronomiche (C1A0D1= potatura a 3 gemme, non defogliato, diradato al 50%; C1A1D0= potatura a 3 gemme, defogliato fino al sesto nodo). Da notare le differenze significative in relazione al blocco di vigore a Brolio e in parte a Cortigliano e la non influenza della gestione della chioma su F_V/F_M , ad eccezione di Brolio



Linea A1

Figura 24 – Valori medi di SPAD (indice del contenuto di clorofilla) nei quattro vigneti sperimentali in relazione al PAB (L=basso, M=medio, H=alto) ed alle tesi agronomiche (C1A0D1= potatura a 3 gemme, non defogliato, diradato al 50%; C1A1D0= potatura a 3 gemme, defogliato fino al sesto nodo). Da notare le differenze significative in relazione al blocco di vigore soprattutto a Brolio dove sono stati registrati valori fisiologicamente bassi. Negli altri vigneti i valori sono sempre ottimali e con leggere differenze non sempre riconducibili alla ‘presunta’ maggiore vigoria del blocco come nel caso di Donna Olimpia, dove la situazione M1 mostra valori di SPAD superiori a L.



Linea A1

Figura 25 – Valori medi del potenziale idrico fogliare nei quattro vigneti sperimentali in relazione al PAB (L=basso, M=medio, H=alto) ed alle tesi agronomiche (C1A0D1= potatura a 3 gemme, non defogliato, diradato al 50%; C1A1D0= potatura a 3 gemme, defogliato fino al sesto nodo). Da notare le differenze significative in relazione al blocco di vigore a Brolio e in parte a Cortigliano e la non influenza della gestione della chioma.

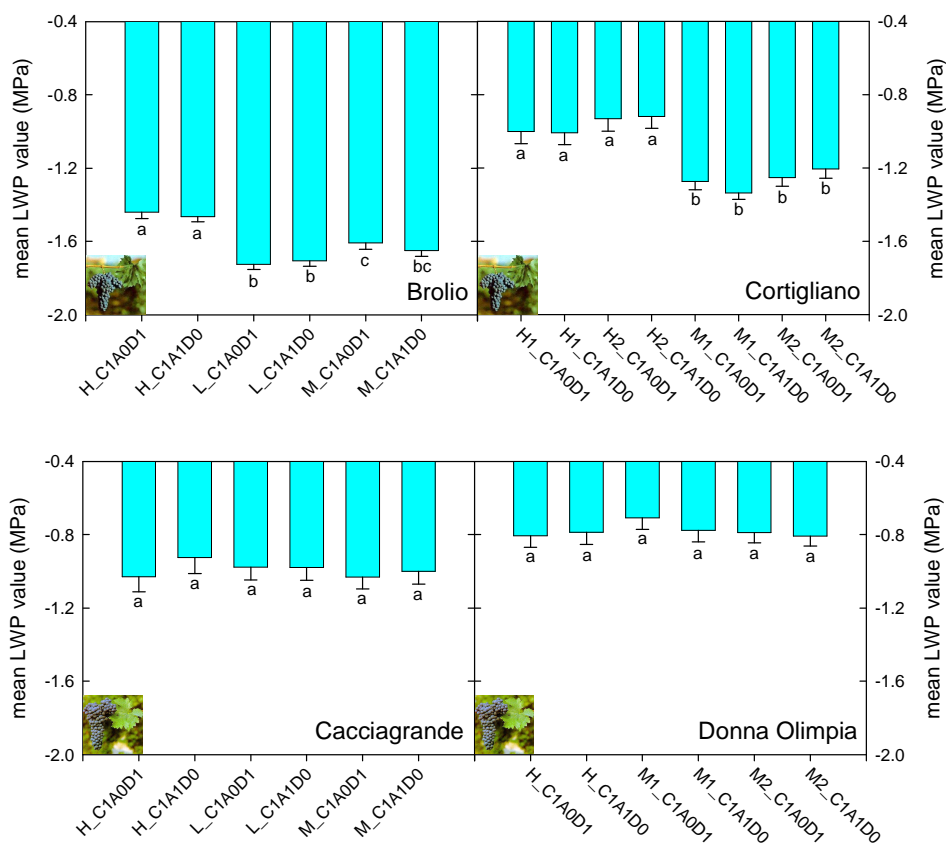
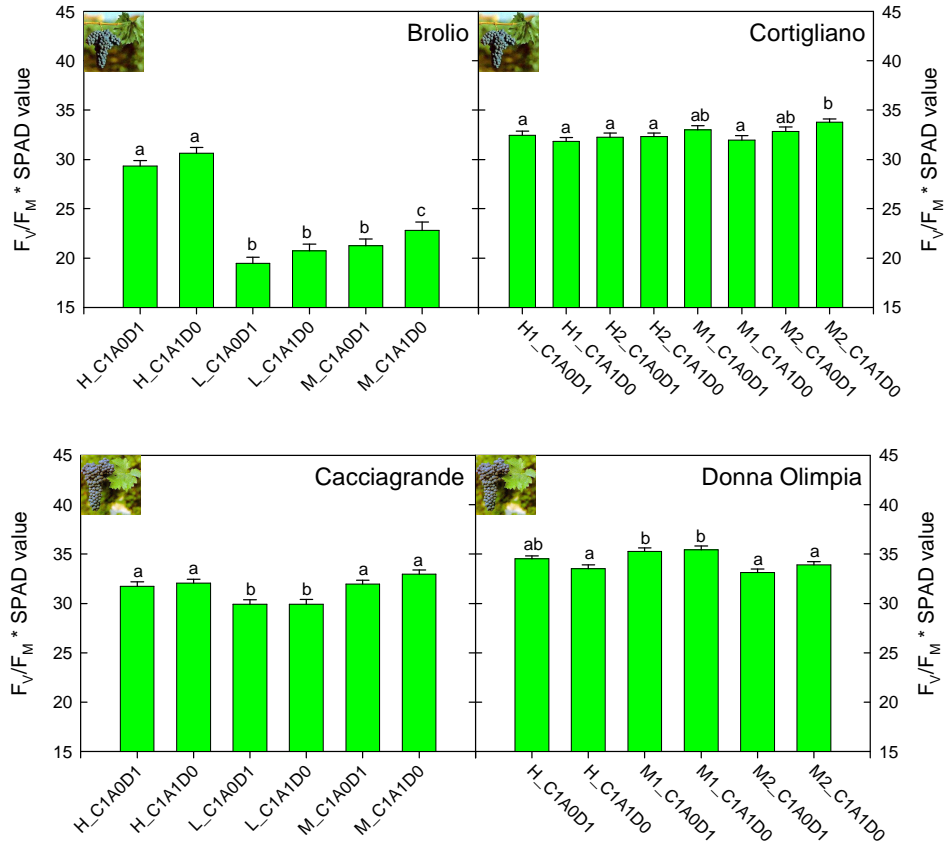


Figura 26 – Valori medi del prodotto tra l'efficienza quantica e lo SPAD, indice sintetico della capacità fotosintetica della chioma, nei quattro vigneti sperimentali in relazione al PAB (L=basso, M=medio, H=alto) ed alle tesi agronomiche (C1A0D1= potatura a 3 gemme, non defogliato, diradato al 50%; C1A1D0= potatura a 3 gemme, defogliato fino al sesto nodo). Nel vigneto di Brolio si osserva un aumento della capacità fotosintetica in relazione al PAB ed un lieve positivo effetto della defogliazione, significativo però solo per il blocco a PAB medio. Il vigneto di Cortigliano risulta omogeneo, Cacciagrande ha valori inferiori nelle parti a PAB inferiore mentre il vigneto di Donna Olimpia risulta più efficace nel blocco a PAB medio (M1).



Linea A1

Figura 27 – Valori medi del contenuto in zuccheri delle uve relativi alle due vendemmie di ciascun effettuato nell'anno di campionamento corrispondente ai rilievi fisiologici (Brolio 2007, Cortigliano e Cacciagrande 2010, Donna Olimpia 2008).

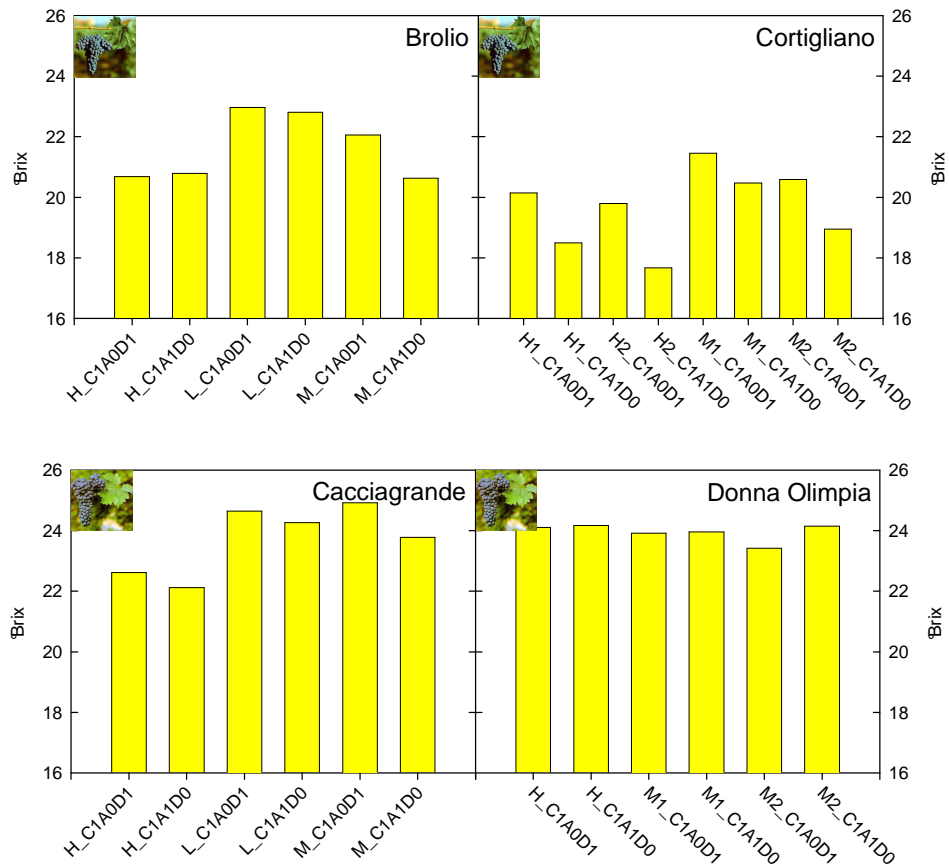
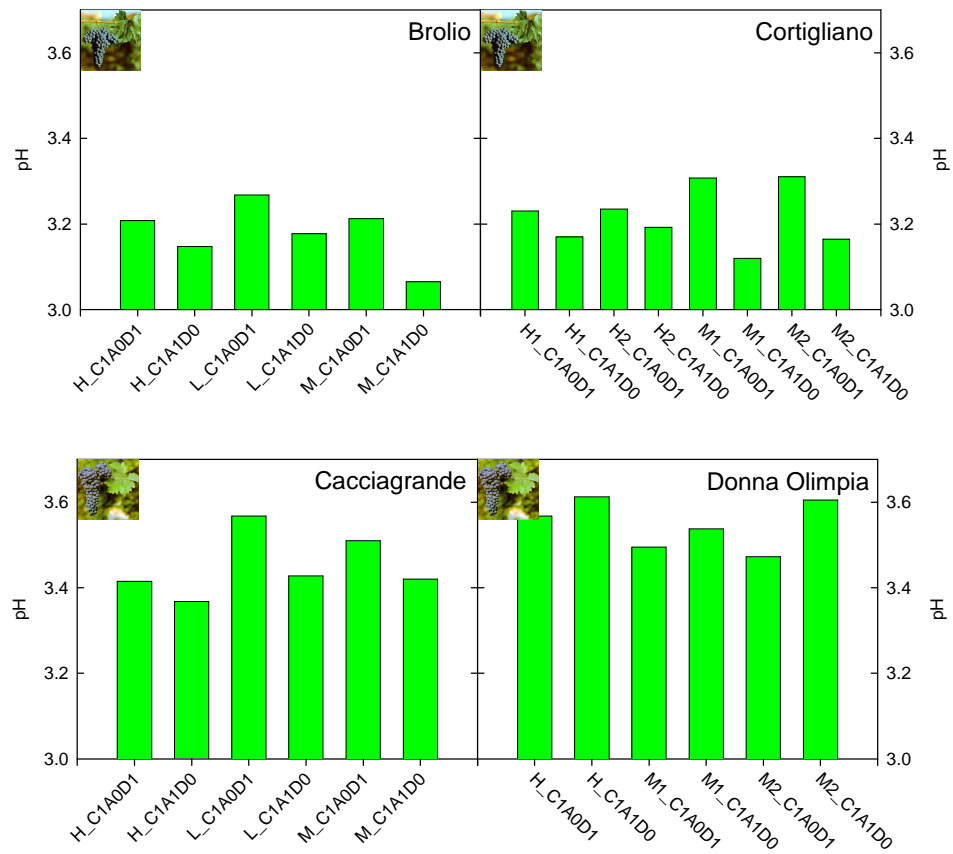
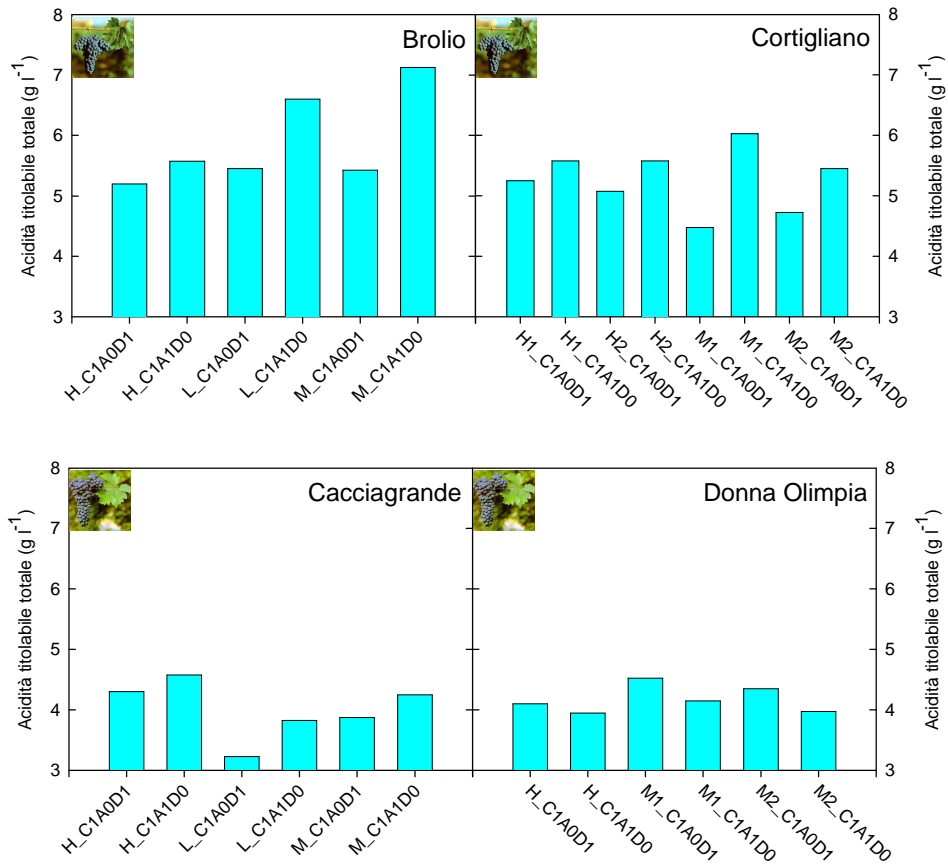


Figura 28 – Valori medi del pH delle uve relativi alle due vendemmie di ciascun effettuato nell'anno di campionamento corrispondente ai rilievi fisiologici (Brolio 2007, Cortigliano e Cacciagrande 2010, Donna Olimpia 2008).



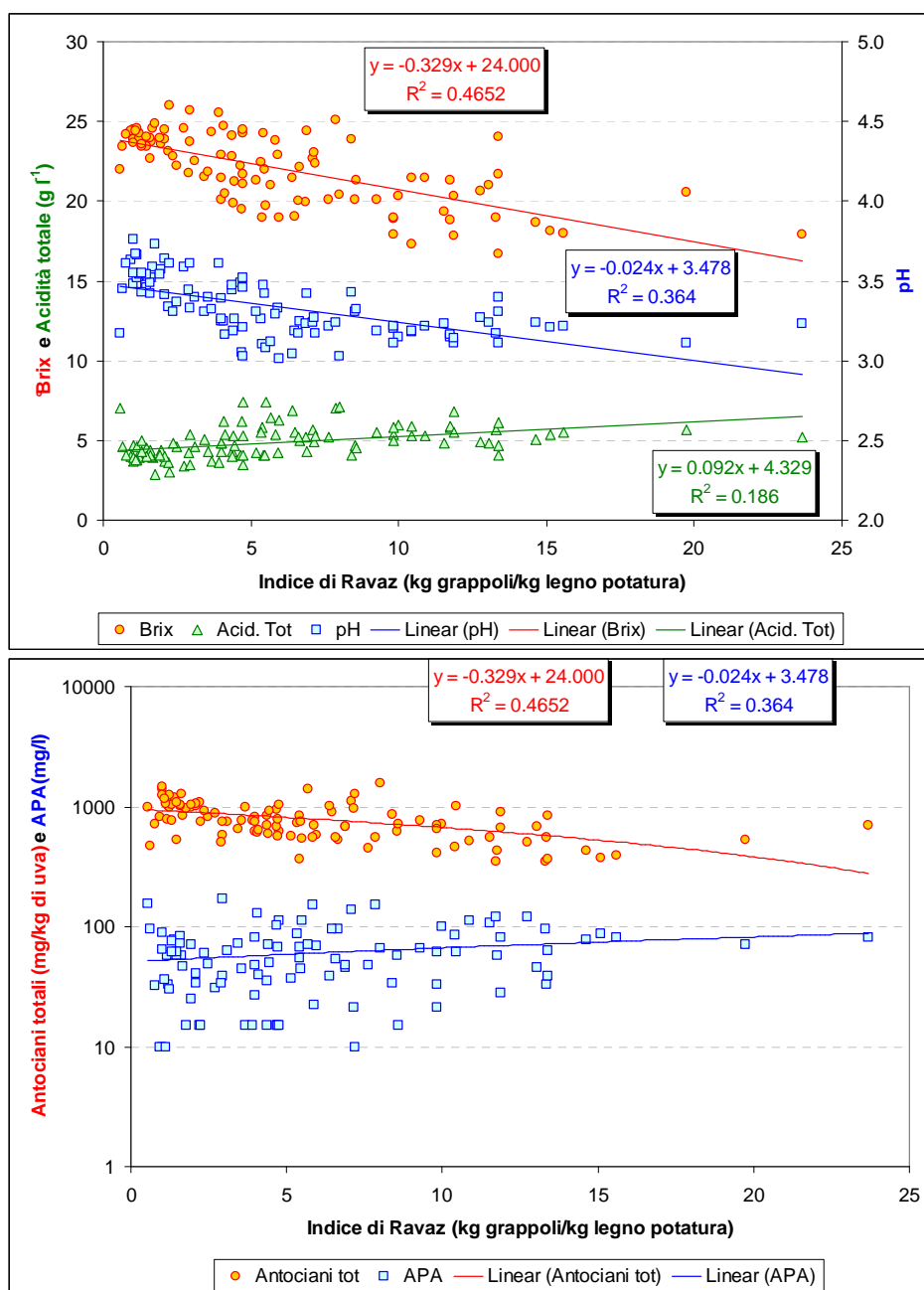
Linea A1

Figura 29 – Valori medi dell'acidità titolabile totale (g l^{-1}) delle uve relativi alle due vendemmie di ciascun effettuato nell'anno di campionamento corrispondente ai rilievi fisiologici (Brolio 2007, Cortigliano e Cacciagrande 2010, Donna Olimpia 2008).



Linea A1

Figura 30 – La qualità delle uve risulta significativamente correlata con l'equilibrio vegeto-produttivo, rappresentato dall'indice di Ravaz ossia il rapporto tra kg di produzione e legno di potatura



6. Andamento della maturazione

La maturazione e di conseguenza la qualità dell'uva sono il risultato dell'interazione di diversi fattori principali: la varietà ed il portinnesto, le condizioni climatiche, il tipo di terreno, le caratteristiche geomorfometriche del vigneto e le pratiche agronomiche.

Al fine di caratterizzare la qualità delle uve in relazione alle tesi sperimentali ed alla variabilità di sito e annata, nei quattro vigneti sperimentali sono state effettuate per ciascun anno a partire dal 2007 due raccolte di uve in prossimità della maturazione tecnologica e le relative analisi dei mosti (vedi capitolo 1. *Piano sperimentale*). Per interpretare al meglio i dati chimico-analitici raccolti nel corso degli anni in ciascun vigneto, al fine di caratterizzarne le potenzialità e di parametrizzare un modello predittivo di maturazione sulla base dei risultati delle analisi e dell'andamento dell'annata in corso, sono stati testati modelli empirici di maturazione. Sulla base di esperienze precedenti e di uno studio preliminare si è deciso di utilizzare un modello basato sugli indici bioclimatici di Winkler (WI), Huglin (HI) e Gladstones (GI). Essi mostrano infatti la miglior correlazione rispetto all'accumulo zuccherino ed alla degradazione degli acidi.

A partire dai dati di temperatura dell'aria registrati dalle 4 stazioni master (vedi Linea A2 – CNR Ibimet, Firenze) sono stati calcolati per ciascun vigneto i valori degli indici bioclimatici dal 1° di aprile alla data di raccolta delle uve (i) utilizzando le seguenti equazioni:

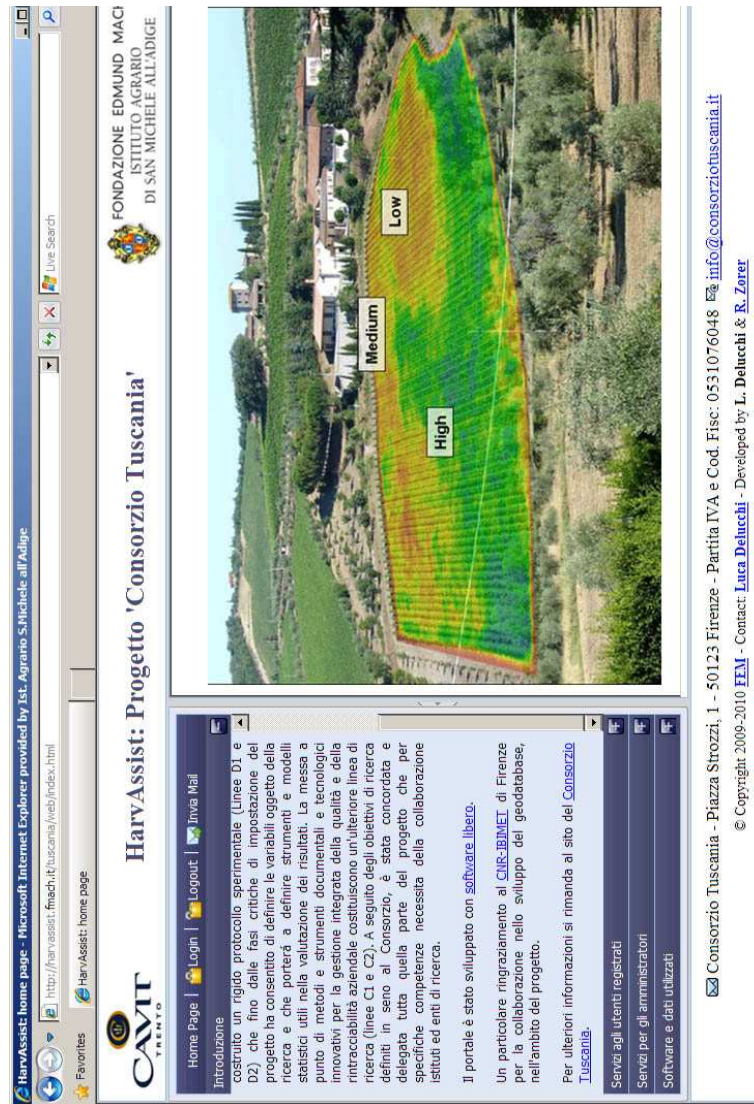
$$\begin{aligned}
 \text{Indice di Winkler } (WI_i) &= \sum_{1^{\circ} \text{ aprile}}^{i=\text{vendemmia}} \max[(T_{\text{avg}} - 10^{\circ}\text{C}); 0] \\
 \text{Indice di Huglin } (HI_i) &= \frac{\sum_{1^{\circ} \text{ aprile}}^{i=\text{vendemmia}} \max[(T_{\text{avg}} - 10); 0] + \sum_{1^{\circ} \text{ aprile}}^{30 \text{ settembre}} \max[(T_{\text{max}} - 10); 0]}{2} \cdot k \\
 \text{Indice di Gladstones } (GI_i) &= \sum_{1^{\circ} \text{ aprile}}^{i=\text{vendemmia}} \min[9, \max(T_{\text{avg}} - 10; 0)]
 \end{aligned}$$

dove: max = funzione che ritorna il maggiore di due valori, min = funzione che ritorna il minore di due valori, T_{avg} = temperatura media giornaliera dell'aria ($^{\circ}C$), T_{max} = temperatura massima giornaliera dell'aria ($^{\circ}C$), T_{min} = temperatura minima giornaliera dell'aria ($^{\circ}C$), k = coefficiente di durata del giorno, che varia tra 1,02 e 1,06 passando dai 40° ai 50° di latitudine.

L'analisi statistica di regressione dei dati ha evidenziato delle relazioni lineari positive tra gli indici bioclimatici e l'accumulo di zuccheri, l'aumento di pH e inversamente proporzionali rispetto al logaritmo dell'acidità totale.

I modelli sono stati implementati nel portale HarvAssist (*Fig. 31*; indirizzo internet <http://harvassist.fmach.it/tuscania/web>), sviluppato da FEM sulla base della banca dati allestita da CNR Ibimet di Firenze e FEM nell'ambito della Linea A2 della convenzione Toscana ed in collaborazione con CAVIT s.c. (Ravina, TN), dando la possibilità di caratterizzare l'andamento della maturazione delle uve in ciascun vigneto e per ciascuna tesi agronomica. I risultati preliminari hanno dimostrato una buona capacità predittiva dei modelli ed una notevole versatilità della piattaforma informatica che potrebbe essere facilmente adattata ad altre situazioni.

Figura 31 – Homepage del portale HarvAssist dedicato al progetto Toscana



7. Stato nutrizionale delle viti

L'analisi dei dati relativi allo stato nutrizionale delle piante è stata effettuata solo nel biennio 2009-2010.

Il campionamento delle foglie e dei piccioli è stato effettuato in post-allegagione scegliendo la prima foglia disponibile a partire dal 6° nodo e prelevando su 30 piante per ciascuna parcella una foglia per pianta. Le analisi dei piccioli hanno previsto solo un campionamento per blocco di PAB.

I campioni, opportunamente conservati in sacchetti di carta, successivamente sono stato inviati al laboratorio di FEM-IASMA per la determinazione della composizione minerale. I campioni sono stati seccati, omogeneizzati e quindi analizzati per la composizione minerale in macroelementi [azoto (N), fosforo (P), potassio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) e zolfo (S)] e microelementi [ferro (Fe), manganese (Mn), boro (B), rame (Cu) e zinco (Zn)]. Per tutti i campioni l'azoto totale è stato determinato mediante analisi elementare, mentre le concentrazioni di tutti gli altri elementi sono state determinate per mezzo della spettrometria di emissione al plasma (ICP-OES) con uno strumento Perkin Elmer OPTIMA 3300 DV dopo digestione a umido con acido nitrico.

I contenuti degli elementi minerali (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, B, Cu e Zn) presenti nelle lamine e nei piccioli hanno mostrato differenze significativamente rilevanti in relazione sia all'effetto annata che in funzione dei diversi fattori di variazione impostati con le tecniche di gestione della chioma differenziate (*tabb. 29 e 30*).

Tabella 29 – ANOVA per i parametri nutrizionali nelle lamine fogliari

	<i>N</i> % s.s.	<i>P</i> % s.s.	<i>K</i> % s.s.	<i>Ca</i> % s.s.	<i>Mg</i> % s.s.
Anno	***	***	ns	*	***
Cultivar	***	ns	***	***	***
Vigore	***	ns	***	*	***
Carica gemme	**	*	*	ns	ns
Defogliazione	*	ns	ns	ns	ns
Diradamento	ns	ns	ns	ns	ns
	<i>S</i> % s.s.	<i>Fe</i> mg/kg s.s.	<i>B</i> mg/kg s.s.	<i>Cu</i> mg/kg s.s.	<i>Zn</i> mg/kg s.s.
Anno	***	ns	***	***	ns
Cultivar	***	***	***	***	***
Vigore	*	**	***	*	ns
Carica gemme	ns	ns	**	ns	*
Defogliazione	ns	ns	ns	ns	**
Diradamento	ns	ns	ns	ns	ns

*, **, *** = differenze statisticamente significative per $P \leq 0.05, 0.01, 0.001$; ns = non significativo

Tabella 30 – ANOVA per i parametri nutrizionali nei piccioli

	<i>N</i> % s.s.	<i>P</i> % s.s.	<i>K</i> % s.s.	<i>Ca</i> % s.s.	<i>Mg</i> % s.s.
Anno	*	*	ns	ns	**
Cultivar	**	ns	ns	**	*
Vigore	ns	ns	ns	ns	*
	<i>S</i> % s.s.	<i>Fe</i> mg/kg s.s.	<i>B</i> mg/kg s.s.	<i>Cu</i> mg/kg s.s.	<i>Zn</i> mg/kg s.s.
Anno	ns	ns	ns	**	ns
Cultivar	*	**	*	*	ns
Vigore	ns	ns	*	ns	ns

*, **, *** = differenze statisticamente significative per $P \leq 0.05, 0.01, 0.001$; ns = non significativo

In particolare, l'anno (**effetto annata**) ha modificato fortemente i livelli nutrizionali delle lamine fogliari ad eccezione di potassio, ferro e zinco. Per i valori riscontrati nei piccioli, invece, l'effetto annata, è risultato forte per i livelli di magnesio e medio per quelli di azoto e fosforo. Come è possibile osservare in *figura 32* per i livelli di SPAD e di azoto, l'effetto annata è risultato molto evidente anche se l'**interazione cultivar sito** è apparsa molto forte. Lo stesso

si può notare per i valori di NDVI rilevati nella medesima data di campionamento delle foglie.

Infatti, se i valori di SPAD nei diversi siti risultano piuttosto stabili negli anni, ad eccezione di Donna Olimpia, i valori di azoto, per contro, variano molto di più nelle annate in relazione al sito. Anche i valori di NDVI, sempre escludendo il sito di Donna Olimpia, fanno registrare estrema variabilità annuale.

Figura 32: Interazione annata e sito per SPAD, azoto e NDVI

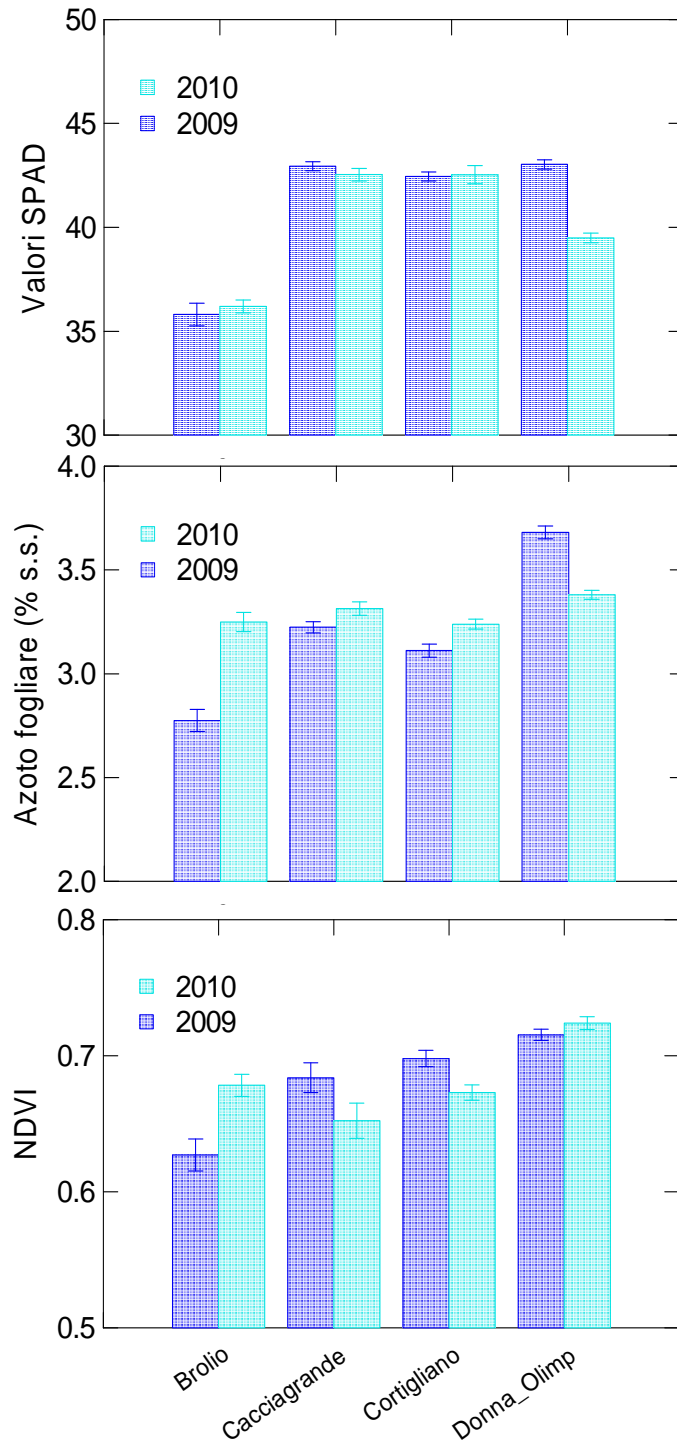
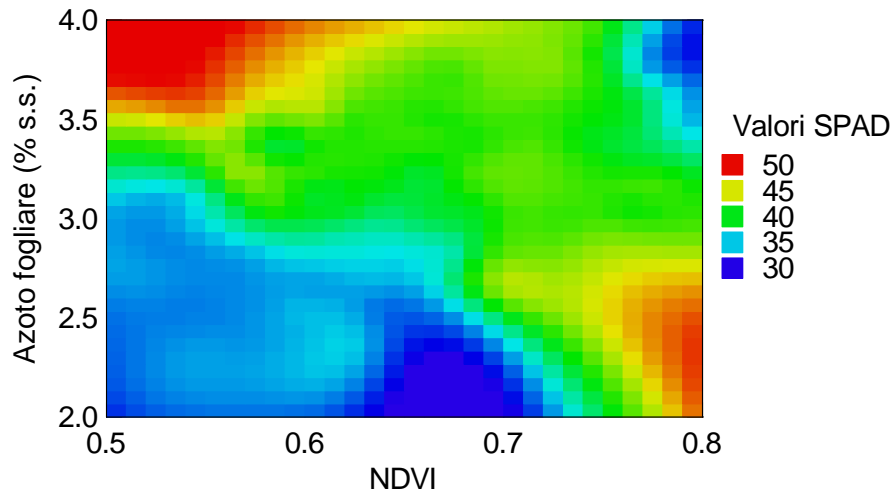


Figura 33: Relazione tra N fogliare, valori SPAD e NDVI



La relazione esistente tra le tre variabili osservate risulta piuttosto interessante soprattutto quando i valori di SPAD sono bassi, mentre quando i valori di lettura di tale strumento si attestano attorno a 40 una stima previsionale di azoto e NDVI non risulta attendibile con la sola lettura strumentale dello SPAD (*fig. 33*).

La varietà (**effetto cultivar**) si è rivelata influenzare i livelli nutrizionali nelle foglie in modo netto, ad esclusione del fosforo; nei piccioli, invece, l'effetto varietale si manifesta significativamente sui livelli di azoto, calcio, magnesio, zolfo, boro e rame (*tabb. 29 e 30*).

Nelle lamine azoto, potassio, magnesio, ferro e boro sono risultati significativamente più concentrati nel Cabernet, mentre calcio e zinco nel Sangiovese (*tabb. 31 e 32*). Nei piccioli, come rilevato per le lamine, azoto, magnesio e boro hanno presentato livelli significativamente più elevati in Cabernet e calcio in Sangiovese, mentre lo zolfo è risultato più elevato in Sangiovese.

Tabella 31 – Effetto della cultivar sui valori nutrizionali delle lamine fogliari

	N	P	K	Ca	Mg
	% s.s.	% s.s.	% s.s.	% s.s.	% s.s.
Sangiovese	3.09 b	0.24 a	0.97 b	2.00 a	0.29 b
Cabernet S.	3.40 a	0.24 a	1.03 a	1.71 b	0.35 a
	S	Fe	B	Cu	Zn
	% s.s.	mg/kg s.s.	mg/kg s.s.	mg/kg s.s.	mg/kg s.s.
Sangiovese	0.24 b	85 b	59 b	26 b	28 a
Cabernet S.	0.29 a	110 a	91 a	219 a	25 b

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

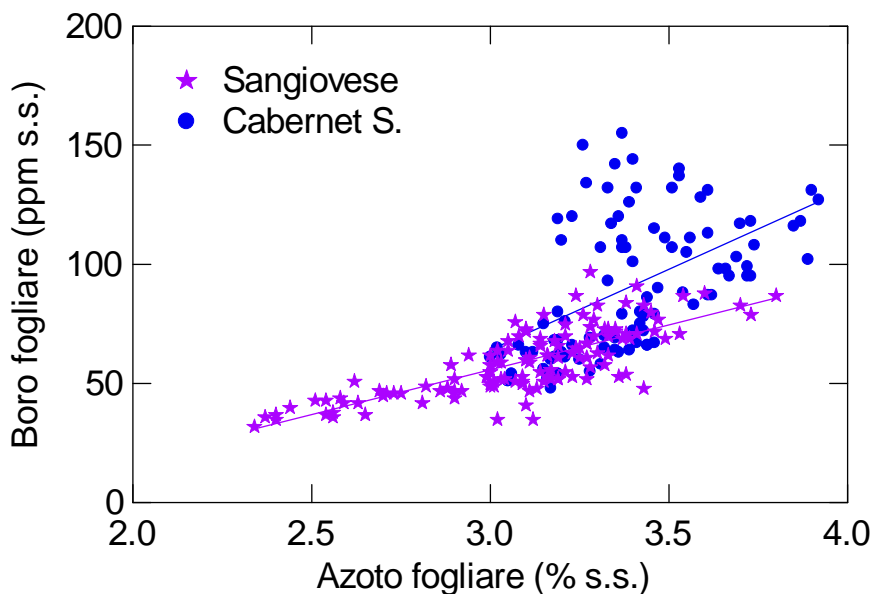
Tabella 32 – Effetto della cultivar sul contenuto in nutrienti dei piccioli

	N	P	K	Ca	Mg
	% s.s.	% s.s.	% s.s.	% s.s.	% s.s.
Sangiovese	0.81 b	0.21 a	2.01 a	1.95 a	0.59 b
Cabernet S.	1.13 a	0.21 a	2.50 a	1.59 b	0.70 a
	S	Fe	B	Cu	Zn
	% s.s.	mg/kg s.s.	mg/kg s.s.	mg/kg s.s.	mg/kg s.s.
Sangiovese	0.14 a	20 a	49 b	9 b	28 a
Cabernet S.	0.12 b	51 a	54 a	39 a	26 a

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

Tale risultato conferma che le differenti cultivar possiedono profili nutrizionali ben differenziati. Di tale variabilità genetica occorre tenerne debitamente conto, soprattutto nella gestione della fertilizzazione.

Figura 34: Relazione tra N e B fogliare in relazione alla cultivar



Le relazioni tra i diversi elementi nelle foglie hanno mostrato un interessante legame tra l'azoto ed il boro (*fig. 34*), soprattutto in Sangiovese ($r^2=0.61^{***}$), indicando che al crescere della disponibilità di azoto anche il boro è più disponibile e, pertanto, per tale cultivar la gestione dell'azoto potrebbe essere di maggior criticità al fine di ottimizzare la produttività delle piante, vista la forte implicazione che il boro assume come elemento della fertilità e quindi nel processo di allegazione e fruttificazione.

Ulteriori informazioni derivanti dai risultati nutrizionali possono fornire indicazioni a livello pratico; il Sangiovese, ad esempio, potrebbe necessitare di apporti di concimi azotati e potassici per superare eventuali carenze temporanee, che in situazioni di particolare stress, come ad esempio a Brolio in talune annate particolarmente a rischio, si rendono decisamente indispensabili, soprattutto in associazione a condizioni di PAB più basse.

Anche i blocchi di PAB (**effetto vigore**), sebbene in modo differente in relazione ai siti oggetto delle prove – come ci si poteva aspettare – hanno evidenziato modificazioni dello

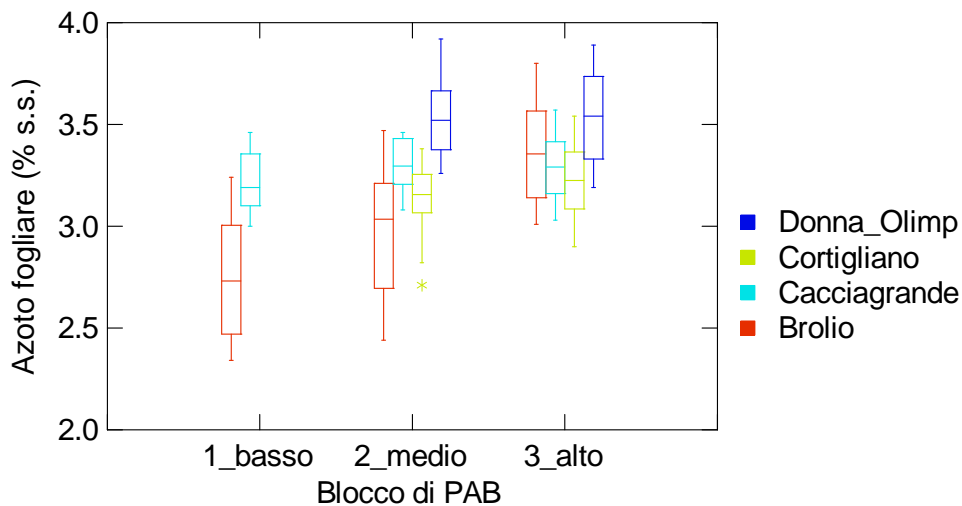
stato nutrizionale delle piante: in particolare al crescere dei valori di PAB i contenuti di azoto, calcio, magnesio, ferro e boro sono proporzionalmente aumentati, diversamente da quanto osservato per i livelli di potassio che risultavano significativamente superiori nei blocchi di PAB inferiori (*tab. 33*).

Tabella 33 – Effetto della PAB sul contenuto in nutrienti delle lamine

	N	P	K	Ca	Mg
	% s.s.	% s.s.	% s.s.	% s.s.	% s.s.
Basso	2.99 c	0.23 a	1.19 a	1.77 b	0.28 b
Medio	3.22 b	0.24 a	0.99 b	1.93 a	0.33 a
Alto	3.32 a	0.24 a	0.92 c	1.84 ab	0.31 ab
	S	Fe	B	Cu	Zn
	% s.s.	mg/kg s.s.	mg/kg s.s.	mg/kg s.s.	mg/kg s.s.
Basso	0.25 a	85.6 b	54.4 b	93.9 a	28.3 a
Medio	0.26 a	95.7 ab	75.1 a	124 a	26.2 a
Alto	0.26 a	100 a	77.1 a	94.9 a	26.1 a

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

Figura 35: Variabilità dei livelli di azoto fogliare in relazione ai diversi blocchi di PAB ed ai siti.



Come è possibile osservare in *figura 35*, nonostante l'ampia variabilità dei dati, si evidenzia che blocchi di PAB inferiore presentano valori più bassi di azoto fogliare, quasi ai limiti di una nutrizione ottimale, soprattutto su Sangiovese nel Chianti. Per contro, blocchi di PAB alti, in tutti i siti oggetto della sperimentazione, presentano analoghi valori di azoto, decisamente sopra l'ottimalità dei *range* di riferimento.

Analoghi andamenti e/o tendenze sono state osservate nei piccioli, sebbene l'analisi statistica abbia fatto registrare differenze a carico del magnesio.

L'incremento del numero di gemme per sperone (**effetto carica di gemme**) ha comportato un decremento significativo dei valori fogliari di azoto e fosforo ed un innalzamento di quelli del potassio (*tab. 34*).

Tabella 34 – Effetto della carica di gemme sul contenuto in nutrienti delle lamine fogliari

	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>
	% s.s.	% s.s.	% s.s.	% s.s.	% s.s.
1 gemma	3.27 a	0.25 a	0.97 b	1.91 a	0.31
3 gemme	3.18 b	0.22 b	1.01 a	1.84 a	0.31
	<i>S</i>	<i>Fe</i>	<i>B</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>
	% s.s.	mg/kg s.s.	mg/kg s.s.	mg/kg s.s.	mg/kg s.s.
1 gemma	0.26 a	94 a	78 a	114 a	26 a
3 gemme	0.25 a	98 a	68 b	103 a	27 a

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

La rimozione delle foglie basali del germoglio (**effetto defogliazione**) ha influenzato in modo significativo l'incremento di azoto e zinco (*tab. 35*).

Tabella 35 – Effetto defogliazione sul contenuto in nutrienti delle lamine fogliari

	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>
	% s.s.	% s.s.	% s.s.	% s.s.	% s.s.
Non defogliato	3.19 b	0.23	0.98	1.91	0.32
Defogliato	3.26 a	0.24	1.00	1.84	0.31
	<i>S</i>	<i>Fe</i>	<i>B</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>
	% s.s.	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
		s.s.	s.s.	s.s.	s.s.
Non defogliato	0.26	97	72	114	28 a
Defogliato	0.26	95	73	102	25 b

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

L'eliminazione dei grappoli in soprannumero (**effetto diradamento**), invece, non ha sortito alcun effetto rilevante nella modificazione dello stato nutrizionale delle piante.

Gli effetti relativi alle tecniche di gestione della chioma sulla modificazione dei livelli nutritivi dei piccioli non si sono potuti stimare, in quanto il campionamento è stato effettuato per blocco.

Le indicazioni derivanti dai risultati relativi ai dati nutrizionali possono essere utilizzati per fornire indicazioni tecniche operative differenziate in relazione alle pratiche colturali da eseguire in funzione dei diversi contesti ambientali e delle diverse varietà impiegate.

8. Carboidrati di riserva del legno

In *Vitis vinifera* L. gli organi legnosi ipogei contengono più riserve, fino a 4 volte di più, rispetto a quanto non si accumuli nella parte aerea. Ciononostante il contenuto di amido nei tralci annuali e nel legno permanente è quantitativamente confrontabile. Per ciò utilizzando un campionamento minimamente distruttivo, quale quello sui sarmenti di potatura, è possibile valutare quantomeno le riserve epigee della viti.

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, polverizzato ed omogeneizzato è stata effettuata la determinazione dei carboidrati non strutturali di riserva (CNS), ovvero carboidrati ed amido, che si distinguono da quelli strutturali (cellulose, emicellulose, lignine, pectine). Nelle specie perenni la mobilitazione delle sostanze di riserva è fenomeno determinante la produttività, già a partire dalla formazione dei germogli in primavera. Queste sono costituite principalmente da amido, anche se significative quantità di zuccheri solubili possono essere presenti durante l'inverno a seconda della temperatura del periodo.

I test multivariati (*tab. 36*) sui dati triennali – alla data odierna le analisi relative al 2010 sono tuttora da effettuarsi – mostrano un effetto significativo dei fattori anno, varietà e blocco di PAB. Come si nota dai valori di eta quadro parziale (η_p^2) l'anno assume un ruolo preminente nello spiegare la variabilità complessiva.

Tabella 36 - Test di significatività multivariati

Fattore variabilità	Eta quadro parziale	Significatività
Anno	0.246391	***
Varietà	0.033306	***
Vigore	0.055620	***
N° gemme	0.005516	ns
Defogliazione	0.002540	ns
Diradamento	0.002496	ns

***: significatività per $p=0.001$

I test di significatività univariati (*tabb. 37 e 38*) sui dati triennali mostrano come l'effetto varietale non sia determinante sul tenore di carboidrati solubili, che risulta più influenzato dall'ambiente, ma solo sull'amido; si conferma inoltre la mancanza di alcun effetto imputabile alle tecniche di gestione della chioma.

Tabella 37 – Test di significatività univariati per carboidrati Solubili

Fattore variabilità	Significatività
Anno	***
Varietà	ns
Vigore	**
N° gemme	ns
Defogliazione	ns
Diradamento	ns

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

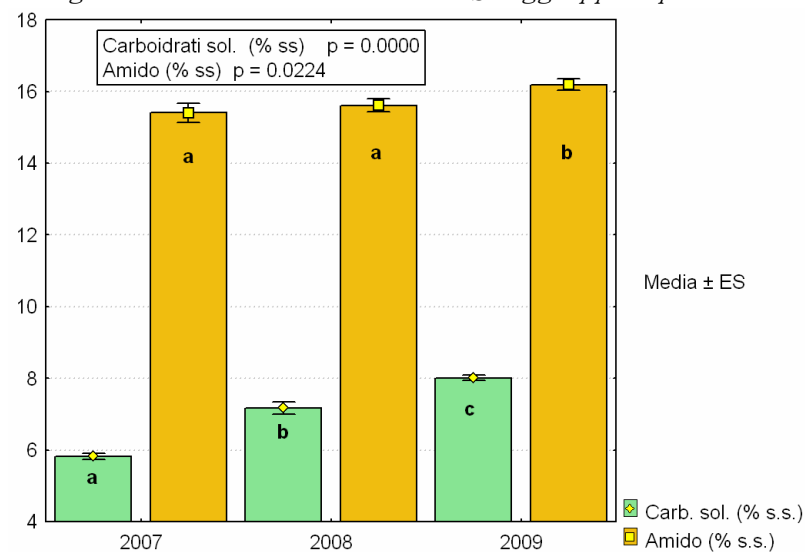
Tabella 38 – Test di significatività univariati per amido

Fattore variabilità	Significatività
Anno	*
Varietà	***
Vigore	***
N° gemme	ns
Defogliazione	ns
Diradamento	ns

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

La variabilità annuale del contenuto in CNS manifesta sempre lo stesso andamento sia per zuccheri solubili sia per amido (*fig. 36*), e complessivamente risulta evidente che il tenore in amido si mantiene costante o presenta un lieve incremento.

Figura 36 – Contenuto medio CNS raggruppato per anno

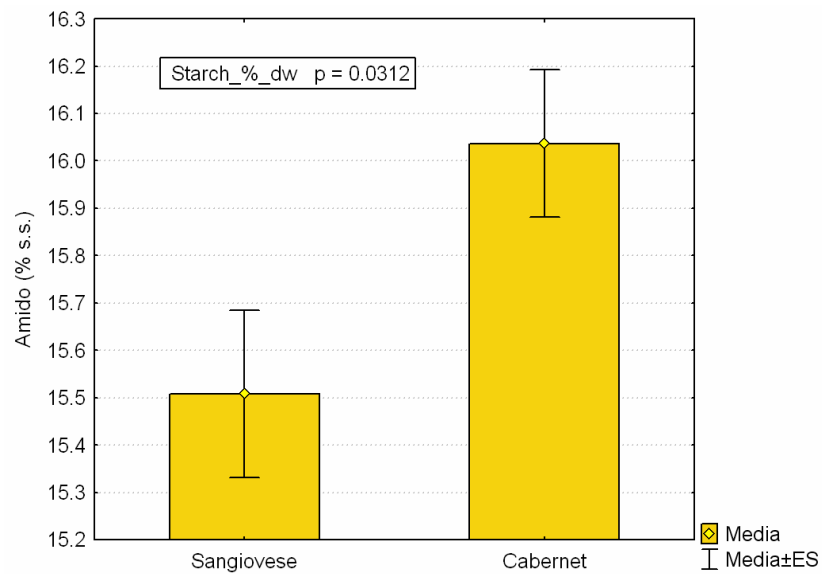


Durante l'inverno, nel tralcio in riposo, si ha la trasformazione di amido in zuccheri, indipendentemente dalla temperatura, nella fase in cui il controllo del riposo è di tipo ormonale. Nella seconda fase, di riposo esogeno, indirizzato dalle condizioni climatiche, lo stesso processo fisiologico prosegue in relazione alle temperature esterne. Il calo dell'amido e l'incremento degli zuccheri avvengono nel tralcio a partire dalla caduta delle foglie e raggiungono, nel periodo più freddo dell'anno quando si campionano i materiali vegetali, rispettivamente la quantità minima e massima.

L'aumento di carboidrati solubili, quindi, può essere valutato come incremento netto di una parte delle sostanze di riserva, sebbene tale quota rappresenti una frazione minimale del totale rilevato come CNS. Infatti, se si considerano i rapporti ponderali tra le due frazioni si può ipotizzare che le variazioni dipendano sostanzialmente dalle temperature invernali differenti nelle annate.

Per quel che riguarda l'effetto varietà, Cabernet Sauvignon presenta un contenuto complessivamente più elevato di amido di riserva rispetto a Sangiovese (*fig. 37*).

Figura 37 – Valori triennali medi di amido distinti per cultivar



Nonostante l'effettiva significatività delle differenze riscontrate (*figg. 38 e 39*), non è ravvisabile nel confronto tra blocchi di PAB, un incremento proporzionale del contenuto di amido in relazione alle più elevate condizioni di vigore: infatti, nei differenti vigneti in prova si registrano andamenti differenziati. Le differenze nel contenuto in zuccheri solubili, più dipendenti dalle temperature invernali, non sono mai veramente significative.

Linea A1

Figura 38 – Medie di carboidrati solubili categorizzate per blocco di PAB

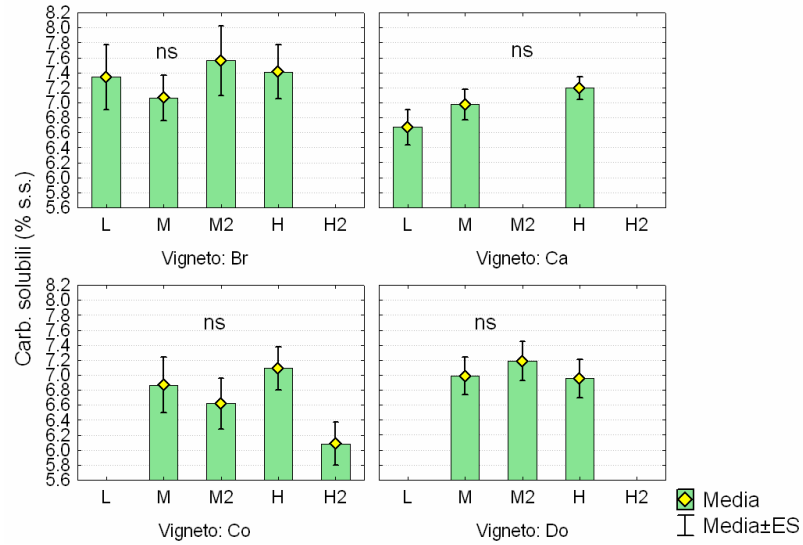


Figura 39 – Medie di amido categorizzate per blocco di PAB

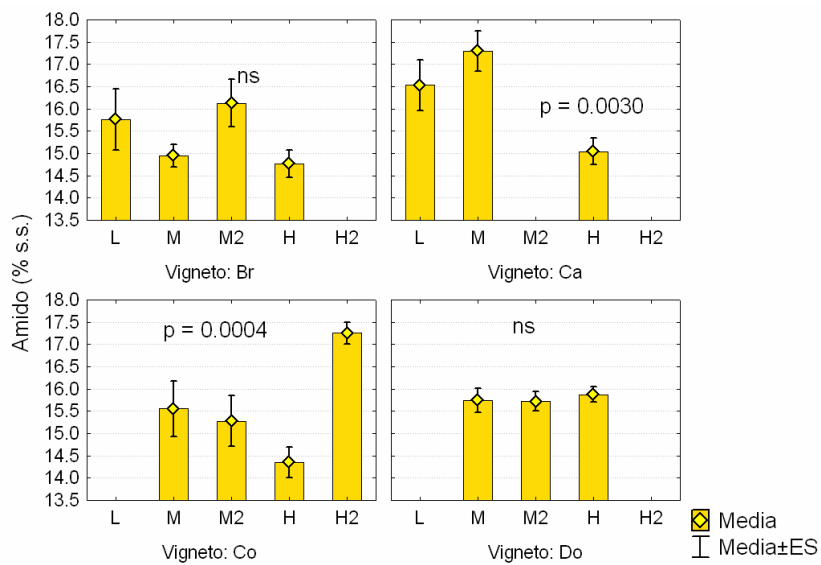


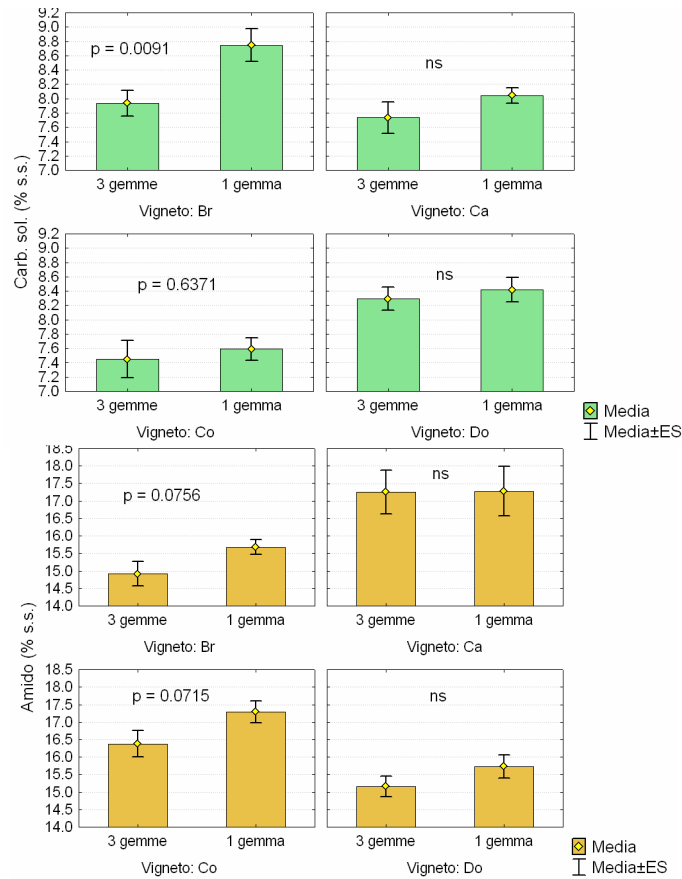
Tabella 39 – Test di significatività univariati eseguiti distintamente per anno (piano nested)

Anno	Fattore variabilità	Significatività	
		Carboidrati Solubili	Amido
2007	Varietà	0.0001	ns
	Vigore(vigneto)	0.0004	0.0000
	N° gemme	ns	ns
	Defogliazione	ns	ns
	Diradamento	ns	ns
2008	Varietà	0.0021	0.0459
	Vigore(vigneto)	0.0484	0.0000
	N° gemme	ns	0.0417
	Defogliazione	ns	ns
	Diradamento	ns	ns
2009	Varietà	0.0104	ns (0.0573)
	Vigore(vigneto)	ns	0.0000
	N° gemme	0.0099	0.0167
	Defogliazione	ns	ns
	Diradamento	ns	ns

L'applicazione dell'analisi univariata in funzione delle diverse annate ha permesso di evidenziare alcune differenze significative a carico di carboidrati solubili ed amido relativamente all'effetto del numero di gemme per sperone (tab. 39).

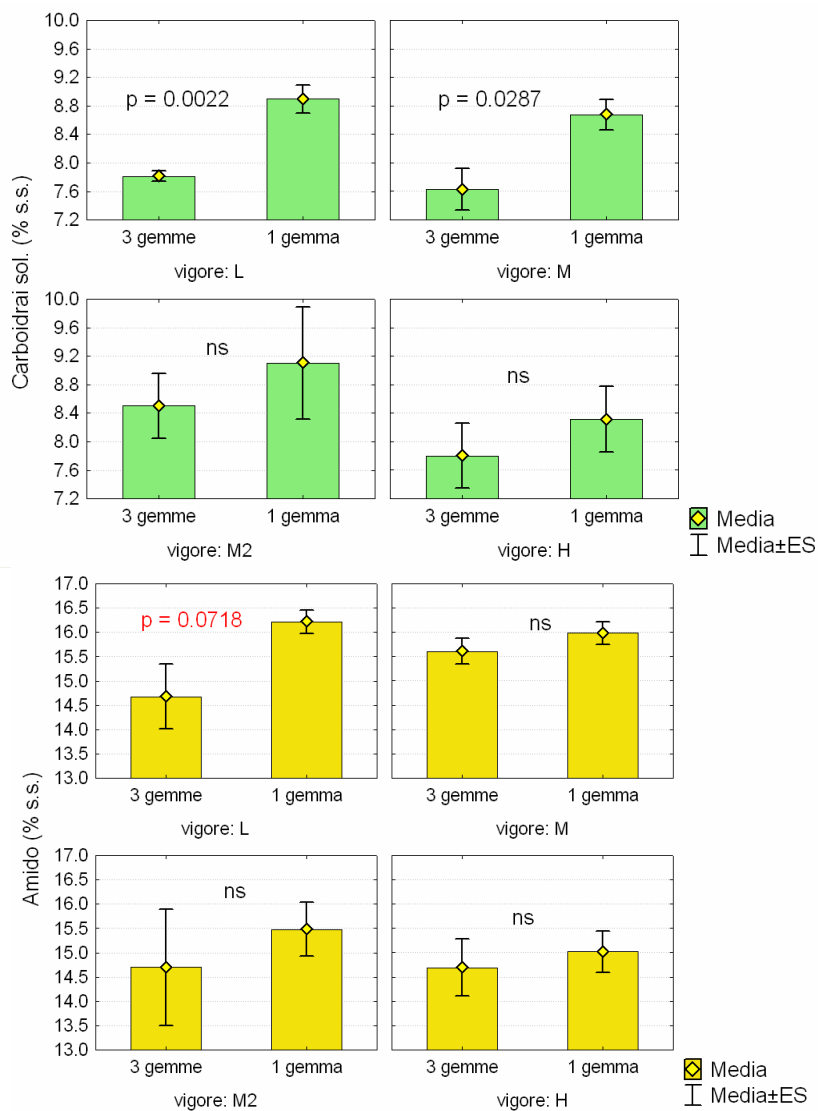
Dopo tre anni di gestione della chioma secondo il protocollo sperimentale nel vigneto di Brolio si assiste ad un calo significativo del tenore di glucosio/fruttosio e come tendenza per il contenuto in amido di riserva sulle piante condotte con 3 gemme/sperone rispetto a quella con 1 gemma/sperone (fig. 40). L'andamento si verifica come tendenza anche negli altri vigneti, sebbene l'analisi statistica non rilevi differenze apprezzabili.

Figura 40 – Carboidrati ed amido distinte per carica di gemme (2009)



Aumentando il livello di dettaglio, se si effettua l'elaborazione distinta per blocco di PAB, si nota che la significatività delle differenze è dovuta essenzialmente ai blocchi di media e bassa PAB per carboidrati solubili, ed al solo blocco a bassa PAB per l'amido (*fig. 41*).

Figura 41 – Vigneto di Brolio: medie carboidrati e amido distinte per blocco di PAB



Questo indicherebbe che il condizionamento imposto con il differente carico di gemme determina, su vegetazione con ridotta biomassa fotosinteticamente attiva, 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.

Va evidenziato, inoltre, che la verifica effettuata utilizzando legno dell'anno, rappresentativo comunque anche delle riserve permanenti aeree come riscontrato in bibliografia, come previsto dal piano sperimentale, aveva lo scopo di evitare asportazioni distruttive più invasive (apparati radicali). D'altro canto l'asportazione del legno annuale è una pratica comunemente utilizzata nelle operazioni di potatura, diversamente dalla estirpazione che comporterebbe costi elevati e non sarebbe proponibile a livello tecnico operativo.

L'analisi di amido e carboidrati sulla porzione ipogea, per contro, potrebbe dare esiti più evidenti anche circa l'effetto delle altre tecniche di gestione della chioma, cosa che non si è registrata effettuando la sola analisi del legno dell'anno.

9. Conclusioni e prospettive

La prerogativa delle linee sperimentali agronomiche A1 ed A2 è stata quella 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 determinante per rendere manifesto quello che è un fattore primario di controllo della variabilità dei risultati vegeto-produttivi e qualitativi. L'individuazione e la gestione delle aree di biomassa fotosinteticamente attiva (aree PAB) è risultata essenziale anche nello specifico della presente linea di ricerca. Pertanto, le aree PAB sono risultate il fattore che, dopo le variabili annata e condizioni pedoclimatiche (effetto vigneto), consente maggiormente un controllo dei risultati produttivi. Si consideri che la determinante fondamentale delle grandi differenze all'interno del vigneto è quella pedologica che, come tale, è stabile nel tempo; su questa si inseriscono le condizioni di variabilità climatica che possono modificare anche consistentemente la situazione della vegetazione durante la stagione vegeto-produttiva. L'individuazione di vigneti con una situazione sito-specifica molto differente, in grado di spaziare dalla grande variabilità esistente a Brolio sino all'uniformità di Donna Olimpia, ha permesso di definire modalità di intervento differenziate. Il concetto base su cui impostare eventuali azioni specifiche deve partire dalla possibilità di poter gestire in modo conveniente la variabilità realmente esistente e misurabile. In senso lato, ogni vigneto deve essere considerato a sé stante, e le decisioni di intervento con le tecniche colturali vanno studiate caso per caso.

Nei vigneti a **Sangiovese** le aree naturalmente più consone all'ottenimento degli obiettivi aziendali sono quelle a basso-medio vigore. L'applicazione delle tecniche di gestione della *canopy* ha mostrato che 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. Le conseguenze sulla qualità dei mosti 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 sconsiglia un utilizzo durevole di tale opzione. L'effettuazione della defogliazione ha avuto un effetto positivo nell'incrementare il potenziale zuccherino, l'acidità titolabile e il contenuto in antociani e polifenoli totali. Il diradamento della metà dei grappoli ha determinato un aumento del °Brix solo su un vigneto (Cortigliano) ed un decremento generalizzato dell'acidità titolabile. Non si deve trascurare comunque che esiste un effetto sinergico di queste due ultime tecniche che, insieme, magnificano l'effetto positivo sull'accumulo di zuccheri. La situazione di Cortigliano evidenzia che, in questo senso, i migliori risultati si ottengono sui blocchi di PAB inferiore, mentre risposte positive auspicabili nelle aree ad alto PAB derivanti dall'utilizzo congiunto di defogliazione diradamento, sono la riduzione dell'acidità e l'incremento in antociani e polifenoli. A Brolio solo nei blocchi a bassa e media PAB defogliazione e diradamento hanno sortito qualche effetto positivo sull'accumulo in antociani anche se le migliori performance si ottengono dalla sola defogliazione. In quest'ultimo vigneto è consigliabile una raccolta più precoce dei blocchi a bassa-media PAB per evitare di entrare in fase di degradazione delle sostanze antiossidanti, anche perché l'incremento del °Brix rischia, permanendo ulteriormente le uve su pianta, di essere eccessivo per una corretta fermentazione. Per le aree a maggior PAB si consiglia di posticipare la raccolta soddisfacendo anche l'obiettivo di un tenore zuccherino congruo. La tipologia di copertura vegetale più auspicabile è quella a medio-basso vigore sulla quale l'effetto più utile è quello dell'esposizione dei grappoli alla radiazione solare attraverso

la defogliazione. Nelle aree a PAB maggiore è auspicabile mettere in atto quelle tecniche agronomiche (riduzione degli apporti idrici e delle fertilizzazioni, azotate *in primis*) che riducano la vigoria e modifichino l'equilibrio vegeto-produttivo.

L'elevata variabilità dei valori di azoto e di calcio in relazione alle annate, suggerisce di monitorare le fertilizzazioni basandosi su dati meteorologici. In particolare sul Sangiovese, varietà più sensibile a nutrizioni azotate ai limiti dell'ottimalità, si consigliano interventi in annate molto calde e a ridotte precipitazioni, solo in condizioni di blocchi a bassa o media PAB. Poiché l'assorbimento dei nutrienti, ed in particolare dell'azoto, viene favorito da umidità del suolo superiori o da integrazione con piccoli apporti idrici, si consiglia in generale, qualora fosse possibile, di utilizzare la fertirrigazione che consente una migliore efficienza di utilizzo e può contribuire così al minor impatto ambientale.

Per contro, in blocchi ad alta PAB si consiglia di fertilizzare solo con basse dosi di azoto ad anni alterni.

Per il Cabernet, tali indicazioni assumono la medesima valenza, sebbene si sottolinei che tale varietà è meno sensibile a condizioni di limitazioni azotate in campo.

In linea generale, altro elemento da monitorare più accuratamente è sicuramente il potassio, in quanto i valori osservati nella sperimentazione delineano un quadro di nutrizione potassica ai limiti della criticità. Pertanto, occorrerà assicurare almeno 70-80 unità di K_2O /ettaro*anno. La situazione dei vigneti allevati a **Cabernet Sauvignon** è di più difficile interpretazione anche perché, a nostro avviso, quello di Donna Olimpia è di fatto omogeneo, con una variabilità interna nulla, perlomeno nella porzione di esso in cui si è effettuata l'indagine sperimentale. Anche in questo caso le aree del vigneto meno vigorose sono quelle che naturalmente forniscono uve migliori.

L'incremento del numero di gemme/ceppo ha determinato un decremento del °Brix, del pH e del potassio sul vigneto di

Cacciagrande ed un incremento dell'acidità e dell'acido tartarico generalizzato. Tale risultato rafforza la convinzione di sconsigliare la scelta di aumento del numero di gemme, già esposti a proposito di Sangiovese, estendendola anche per la cultivar Cabernet Sauvignon.

La defogliazione ha aumentato il °Brix, il pH ed i polifenoli a Cacciagrande, gli antociani solo a Donna Olimpia diminuendo l'acidità titolabile ovunque. Il diradamento ha avuto quale effetto positivo generale un calo dell'acidità totale, che risulta anche dall'effetto di interazione con la defogliazione, un incremento del grado zuccherino, evidente nelle aree a bassa PAB, ed un aumento nella dotazione di antociani. Quest'ultima tecnica a Donna Olimpia ha avuto esito deprimente sul tenore in polifenoli, mentre nel vigneto Maremmano l'effetto è sempre positivo sulle tesi con carico di gemme/ceppo inferiore e maggiormente nei blocchi a bassa PAB. Sulle medesime potature corte non va trascurato l'effetto negativo sui polifenoli che deriva applicando contemporaneamente i trattamenti di defogliazione e di 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 (utilizzo o meno del diradamento dei frutti) alla luce dei miglioramenti qualitativi che preferenzialmente si vogliono ottenere secondo gli obiettivi enologici che si intendono perseguire.

Bibliografia

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.

PORRO D., CESCHINI A., DORIGATTI C., STEFANINI M., 2001. *Use of SPAD meter in diagnosis of nutritional status in apple and grapevine*. Acta Horticulturæ, 564: 243-252.