

● SPERIMENTAZIONE SU ITALIA E AUTUMN ROYAL

Varietà di uva da tavola: quale risposta allo stress idrico

di M.F. Cardone, C. Bergamini,
F. Alagna, C.R. Catacchio, P. Crupi,
M. Ventura, D. Antonacci,
R. Velasco, R. Perniola

Le varietà di vite attualmente coltivate sono il risultato della selezione operata dall'uomo e della conseguente propagazione vegetativa per l'ottenimento di varietà migliorate per caratteri di interesse per il mercato: caratteristiche qualitative e resistenze a stress biotici e abiotici.

Nonostante ciò, **le varietà attualmente diffuse presentano un elevato grado di variabilità fenotipica intervarietale. Questa variabilità è senza dubbio il risultato di una variabilità «intrinseca», cioè genomica**, da preservare e valorizzare come potenziale serbatoio di biodiversità.

Pertanto, lo studio della variabilità genomica è cruciale per la comprensione delle basi molecolari delle differenze fenotipiche osservate, anche nell'ottica di sviluppare nuovi strumenti per il miglioramento genetico.

La variabilità genomica

L'avvento delle nuove biotecnologie ha reso disponibili sequenze di interi genomi appartenenti a specie diverse e/o a individui diversi di una stessa specie.

Il loro confronto ha permesso di trovare differenze e similitudini da associare a ciò che noi vediamo, cioè il fenotipo. Esistono vari tipi di varianti nel DNA di un individuo di ciascuna specie. Tra le differenze più rilevanti che influenzano il fenotipo vi sono le varianti strutturali che possono riguardare variazioni di uno o pochi nucleotidi, dette **polimorfismi da singolo nucleotide (SNP)**, oppure differenze nel numero di copie di una stessa regione genomica, dette **varianti del numero di copie (CNV)**.

Le varietà di vite sono in grado di attivare meccanismi diversi per fronteggiare lo stress idrico; per questo conoscere le basi genetiche della risposta delle cultivar al deficit idrico può essere una solida base di partenza per impostare i piani di gestione irrigua più specifici e quindi razionali ed efficienti



Cv Autumn royal

la loro importanza nello spiegare differenze fenotipiche, quali la diversa adattabilità alle condizioni ambientali, la diversa capacità di risposta agli stimoli o agli stress biotici e abiotici. A questo punto abbiamo approfondito il ruolo di queste varianti sulla resistenza allo stress idrico, per capire e spiegare cosa rende una varietà più resiliente rispetto a un'altra.

Genotipo e risposta allo stress idrico

La vite (*Vitis vinifera* L.) è stata descritta come specie relativamente tollerante al deficit idrico con un'ampia varietà di comportamenti in risposta a tale stress.

In molte piante, a livello fisiologico, la chiusura degli stomi è una delle risposte primarie per prevenire pericolose disidratazioni.

In base alle modalità con cui ciò avviene è stata proposta una classificazione delle piante in **iso o anisodriche, a seconda che siano in grado di mantenere il potenziale idrico fogliare costante chiudendo gli stomi**, oppure di rispondere con una rapida diminuzione del potenziale idrico mantenendo quindi gli stomi aperti per periodi più prolungati.

Questa classificazione, tuttavia, per la vite non sembra essere esaustiva e il dibattito è ancora aperto: recenti studi hanno evidenziato che l'influenza del genotipo ha un peso notevole e che varietà diverse sono in grado di fronteggiare in maniera diversa condizioni di

Le prime sono le più studiate, sebbene l'impatto dei CNV sul fenotipo sia molto più grande rispetto a quello di una variante SNP.

I CNV, infatti, possono contenere anche più geni e questo vuol dire che una variante di questo tipo può determinare la presenza di un numero diverso di copie di uno o più geni in una varietà rispetto a un'altra, con effetti sul fenotipo molto più evidenti.

Recentemente abbiamo pubblicato il primo atlante di varianti genomiche in vite (Cardone *et al.*, 2016), evidenziando che *V. vinifera* presenta una notevole variabilità e plasticità genomica. Confrontando queste regioni in varietà di uva da tavola abbiamo evidenziato

TABELLA 1 - Effetto del regime irriguo sulla qualità delle uve rispetto alla combinazione nesto/portinnesto ⁽¹⁾

Cultivar	Autumn royal						Crimson seedless						Summer royal								
	Portainnesto			140Ru			34EM			140Ru			34EM			140Ru			34EM		
	Stato idrico	SI	DI	FI	SI	DI	FI	SI	DI	FI	SI	DI	FI	SI	DI	FI	SI	DI	FI		
Peso grappolo (g)	1.200a (600)b	1.900 (800)	2.500 (200)	1.600 (300)	2.000 (1.000)	2.600 (800)	900 (200)	1.130 (60)	1.800 (400)	990 (180)	1.100 (200)	1.500 (500)	400 (110)	550 (40)	780 (130)	570 (130)	400 (110)	730 (90)			
Peso acino (g)	5,0 (0,2)	7,8 (0,2)	8,6 (0,3)	7,3 (0,2)	8,1 (0,8)	8,2 (0,4)	4,8 (0,5)	5,99 (0,13)	6,1 (0,5)	4,8 (0,4)	5,7 (0,4)	6,4 (0,2)	4,1 (0,3)	5,3 (0,3)	7,2 (0,5)	3,6 (0,6)	5,85 (0,19)	6,8 (0,3)			
pH	3,72 (0,06)	3,88 (0,13)	3,93 (0,04)	3,77 (0,06)	3,97 (0,06)	3,76 (0,06)	3,75 (0,05)	3,65 (0,06)	3,54 (0,04)	3,53 (0,05)	3,43 (0,04)	3,48 (0,04)	3,53 (0,04)	3,58 (0,04)	3,73 (0,04)	3,33 (0,03)	3,74 (0,03)	3,79 (0,03)			
Acidità tartarica (g/L)	2,9 (0,3)	5,6 (0,3)	3,4 (0,2)	2,81 (0,14)	2,5 (0,3)	3,0 (0,3)	4,2 (0,3)	4,48 (0,17)	5,3 (0,3)	4,64 (0,13)	5,2 (0,4)	5,4 (0,4)	4,9 (0,3)	4,27 (0,18)	3,96 (0,18)	5,7 (0,4)	3,47 (0,19)	5,7 (0,3)			
Solidi solubili totali (°Brix)	14,0 (0,9)	15,4 (0,4)	15,2 (0,4)	14,2 (0,4)	15,9 (0,4)	14,6 (0,6)	22,3 (1,4)	17,5 (0,9)	17,3 (0,6)	17,8 (0,4)	17,5 (0,4)	18,5 (0,7)	15,1 (0,4)	21,2 (0,6)	19,9 (0,6)	16,2 (0,4)	20,8 (0,4)	18,8 (0,6)			
Resistenza alla penetrazione (kg)	0,12 (0,04)	0,11 (0,03)	0,13 (0,03)	0,014 (0,02)	0,015 (0,05)	0,12 (0,02)	0,18 (0,06)	0,17 (0,15)	0,30 (0,04)	0,17 (0,02)	0,19 (0,02)	0,28 (0,05)	0,11 (0,02)	0,23 (0,06)	0,16 (0,05)	0,16 (0,04)	0,16 (0,04)	0,19 (0,03)			
Resistenza allo schiacciamento (kg)	1,4 (0,3)	2,2 (0,6)	2,3 (0,4)	1,7 (0,4)	2,9 (1,6)	2,2 (0,3)	1,2 (0,4)	1,9 (1,1)	2,1 (0,6)	1,8 (0,18)	1,9 (0,2)	2,3 (0,6)	1,2 (0,2)	1,1 (0,4)	1,6 (0,3)	1,3 (0,10)	1,7 (0,2)	1,2 (0,4)			
Resistenza al distacco(kg)	0,6 (0,3)	0,9 (0,5)	0,5 (0,3)	0,5 (0,08)	0,6 (0,13)	0,3 (0,11)	1,0 (0,4)	1,2 (0,5)	1,1 (0,2)	0,3 (0,14)	0,5 (0,2)	0,6 (0,3)	0,6 (0,13)	0,6 (0,3)	0,9 (0,14)	0,7 (0,06)	0,5 (0,3)	0,7 (0,3)			
Polifenoli totali (mg/g)	8,7 (0,03)	9,6 (0,3)	6,2 (0,3)	7,7 (0,15)	9,0 (0,8)	6,7 (0,4)	3,3 (0,10)	2,2 (0,8)	2,0 (0,3)	2,6 (0,13)	2,9 (0,15)	1,8 (0,2)	10,2 (1,1)	9,1 (0,4)	6,9 (0,11)	23 (5)	10,2 (0,5)	7,2 (0,7)			
Antociani totali (mg/g)	7,227 (0,004)	4,943 (0,011)	4,28 (0,02)	5,090 (0,016)	4,60 (0,07)	4,555 (0,019)	0,884 (0,011)	1,0 (0,3)	0,633 (0,018)	0,880 (0,006)	0,730 (0,012)	0,605 (0,007)	4,49 (0,07)	7,40 (0,04)	5,477 (0,017)	2,52 (0,10)	6,79 (0,08)	6,0 (0,3)			

Significatività ⁽²⁾

	peso grappolo	peso acino	pH	acidità	solidi solubili totali	resistenza penetrazione	resistenza schiacciamento	resistenza distacco	polifenoli totali	antociani totali
Cultivar	***	***	***	***	***	***	**	n.s.	***	***
Portinnesto	n.s.	*	***	n.s.	*	n.s.	n.s.	***	***	***
Apporto idrico	***	***	***	*	***	*	*	n.s.	***	***
Cultivar x portinnesto	n.s.	**	***	***	*	n.s.	n.s.	**	***	***
Cultivar x apporto idrico	n.s.	***	***	***	***	*	n.s.	n.s.	***	***
Apporto idrico x portinnesto	n.s.	*	**	***	*	n.s.	n.s.	n.s.	***	***
Cultivar x apporto idrico x portinnesto	n.s.	***	***	***	***	n.s.	n.s.	n.s.	***	***

(¹) Per ogni misurazione è indicata la media derivante da tre repliche biologiche e tra parentesi sono riportate le deviazioni standard.

(²) Secondo il t-student. n.s. = non significativo.

I dati nel complesso mostrano che il portinnesto e il livello di irrigazione hanno un ruolo diretto sulla qualità delle uve in termini di qualità morfologiche, come il peso acino, e sulla composizione chimica. Nel complesso il 140Ru consente il raggiungimento di performance migliori.

scarsa disponibilità idrica.

Dai nostri studi abbiamo evidenziato che **l'effetto del deficit idrico (water deficit, WD) è dipendente da diversi fattori: condizioni climatiche durante la fase di crescita, condizioni del suolo, tempi di somministrazione irrigua, ma anche genotipo della varietà e del portinnesto utilizzato.**

In considerazione di ciò, nell'ambito del progetto PON2_ECO-P4, presso il Centro CREA – Viticoltura ed Enologia di Turi (Bari), abbiamo valutato la risposta di diverse varietà di uve da tavola a

un ridotto apporto irriguo direttamente in campo.

Per ciascuna tesi sono stati impostati due trattamenti irrigui, basati sulla percentuale di richiesta netta di irrigazione calcolata come:

$$[\text{NIR} = \text{ETc (evapotraspirazione) - pioggia efficace}] \text{ dalla fioritura alla raccolta}$$

indicando come controllo-irrigazione piena (**full irrigation, FI**) e **deficit irriguo (WD)** rispettivamente

il 100 e il 60% del NIR. **Il monitoraggio dello stato idrico della pianta è stato realizzato mediante analisi del potenziale idrico fogliare.** Per valutare le relazioni esistenti fra le risposte delle viti alla ridotta disponibilità idrica e le loro caratteristiche genetiche abbiamo usato un approccio integrato che include studi agronomici, fisiologici e genomico-trascrittomici. Abbiamo, così, evidenziato che la variabilità genetica «intrinseca» di ciascuna varietà influenza la diversa abilità delle varietà di vite nel respon-

dere a condizioni di ridotta disponibilità idrica.

Deficit idrico e qualità di varietà differenti

Il primo step del lavoro è stato quello di valutare la diversa risposta a un ridotto apporto irriguo di tre varietà da tavola apirene (Autumn royal, Summer royal e Crimson seedless) in combinazione con i portainnesti 140Ru e 34EM, scelti con caratteristiche agronomiche differenti e maggiormente diffusi negli areali di coltivazione pugliesi.

Complessivamente i risultati evidenziano che sia il genotipo del portinnesto sia il livello di irrigazione hanno un'influenza diretta sulla qualità delle uve, sia su parametri come la dimensione della bacca o la resistenza al distacco, sia sulla composizione chimica dei grappoli in condizioni di restrizione idrica (tabella 1). Inoltre, le cultivar innestate sul 140Ru hanno mostrato parametri qualitativi migliori rispetto alla combinazione con il portinnesto 34EM.

Sulla base di questi risultati abbiamo impostato una seconda prova per confrontare due varietà innestate sullo stesso portinnesto 140Ru.

Autumn royal, valutata nella prima prova, è stata confrontata con Italia, varietà di riferimento nell'areale di coltivazione delle uve da tavola.

A conferma di quanto osservato nella prova precedente, **la riduzione di apporto irriguo influenza il potenziale idrico fogliare e complessivamente lo stato idrico della pianta peggiora, sebbene il declino del potenziale idrico sia più rapido per Autumn royal rispetto alla cv Italia** (grafico 1 e tabella 2).

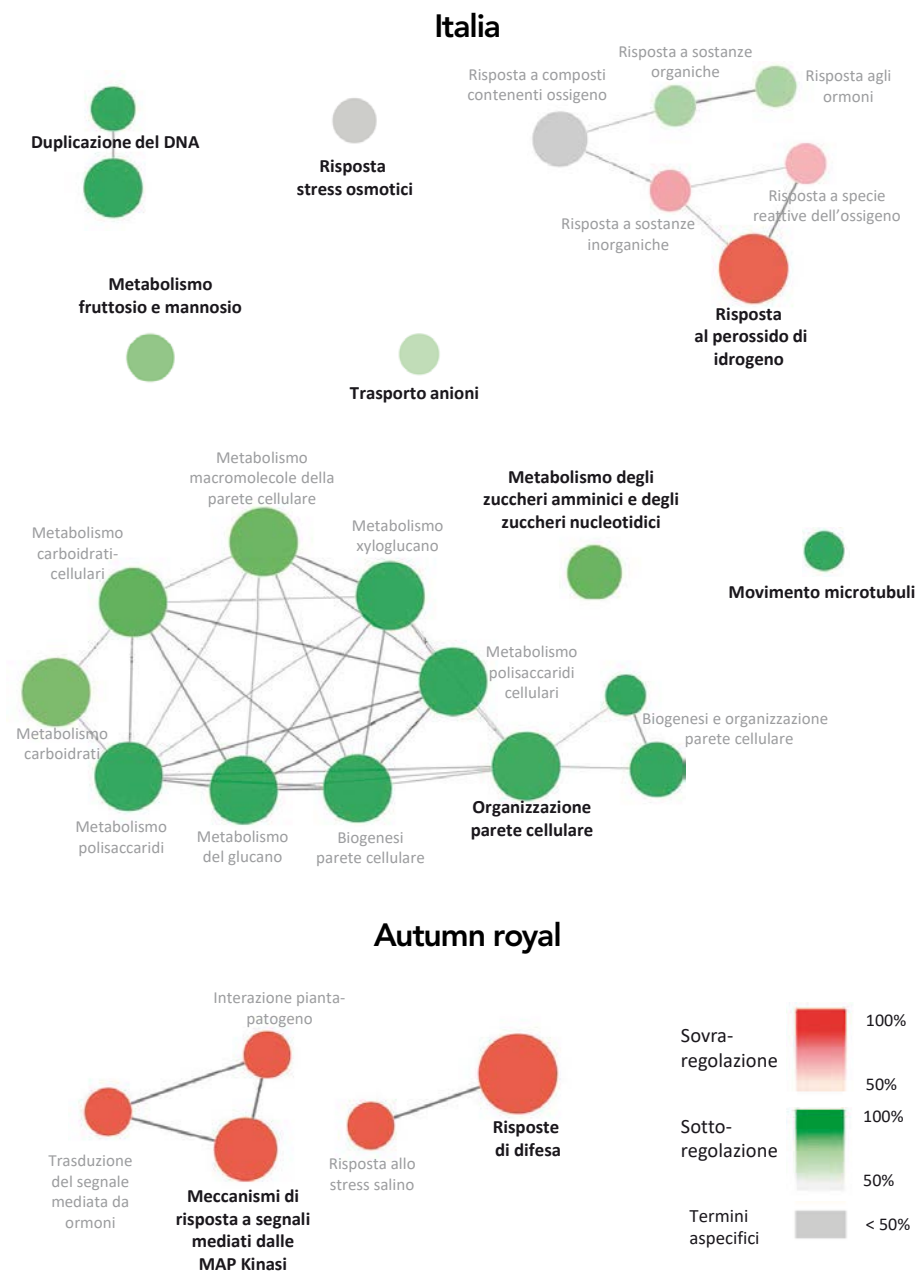
Confrontando i dati fisiologici abbiamo constatato che la condizione di deficit idrico porta a una diversa percezione dello stress idrico da parte delle due varietà e risulta in una migliore efficienza intrinseca di uso dell'acqua in Autumn royal, rispetto a Italia.

In questa prova apici dei germogli in condizioni di FI e WD sono stati campionati e utilizzati per studi molecolari sul DNA e sull'RNA.

Autumn royal e Italia

Per far luce sulla diversa capacità di percepire e fronteggiare lo stress idrico osservata tra le cultivar Autumn royal e Italia abbiamo integrato per la prima volta dati di trascrittomico con dati

FIGURA 1 - Analisi dei pathway metabolici coinvolti nella risposta al deficit idrico per le cultivar Italia e Autumn royal



La dimensione del nodo è proporzionale alla significatività statistica dell'analisi, il colore **rosso** indica sovraregolazione; il colore **verde** sottoregolazione.

È evidente che lo stress induce in Italia la modulazione di molti pathway metabolici rispetto alla risposta limitata dell'Autumn royal. Inoltre nella cultivar Italia c'è una sottoespressione dei metabolismi primari come metabolismo dei carboidrati e polisaccaridi e una sovraespressione dei geni di risposta alle specie reattive dell'ossigeno come il perossido di idrogeno che si sviluppano normalmente in risposta agli stress. Al contrario in Autumn royal c'è una sovraespressione di geni coinvolti nelle risposte di difese sia a stress abiotici sia biotici.

genomici, analizzando le variazioni di espressione genica e cercando varianti tra le due cultivar nei geni coinvolti nella risposta allo stress idrico. Questo ci ha permesso di **identificare nuovi geni candidati responsabili del diver-**

so adattamento delle varietà studiate al WD e coinvolti nella risposta genotipo-dipendente allo stress idrico.

In primo luogo abbiamo valutato la risposta precoce allo stress idrico (2 giorni dalla rilevazione della con-

TABELLA 2 - Parametri misurati per le due cv Italia (It) e Autumn royal (AR) soggette alle diverse condizioni di irrigazione

Campione	Misura di scambi gassosi ed efficienza fotosintetica					Complessivamente, sebbene evidente una condizione di stress in entrambe le varietà, si osserva una migliore efficienza intrinseca d'uso dell'acqua in Autumn royal.
	tasso di fotosintesi A ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$)	conduttanza stomatica gs ($\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$)	tasso di traspirazione E ($\text{mmol}/\text{m}^2\text{s}$)	efficienza dell'uso dell'acqua intrinseca A/gs ($\mu\text{mol}/\text{mol}$)	efficienza di uso dell'acqua istantanea A/E ($\mu\text{mol}/\text{mmol}$)	
It FI	9,54 ± 2,65	0,19 ± 0,07	5,47 ± 1,62	56,92 ± 23,14	1,89 ± 0,71	
It WD	9,47 ± 2,85	0,15 ± 0,05	4,53 ± 1,45	67,16 ± 19,44	2,22 ± 0,64	
AR FI	8,10 ± 1,38	0,12 ± 0,02	3,50 ± 0,47**	69,22 ± 8,56	2,33 ± 0,41	
AR WD	7,96 ± 4,57	0,09 ± 0,05	3,16 ± 1,68*	89,7 ± 23,28	2,58 ± 0,70	

Campione	Effetto del deficit idrico sui parametri produttivi e di qualità cv Italia e Autumn royal							
	grappoli (n.)	peso grappolo (g)	produzione vino (kg)	peso fresco bacca	solidi solubili totali (°Brix)	pH	acidità titolabile (g/L)	°Brix/acidità titolabile
It FI	33,40 ± 5,76	857,83 ± 127,68	28,65 ± 0,74	10,37 ± 2,02	17,00 ± 0,00	3,49 ± 0,01	5,53 ± 0,29	30,78 ± 1,62
It WD	27,30 ± 4,99**	811,75 ± 168,12**	22,16 ± 0,84	9,99 ± 2,49	16,10 ± 0,14	3,49 ± 0,06	4,35 ± 0,11	37,02 ± 0,58
AR FI	12,60 ± 8,91	2.555,20 ± 181,01	32,20 ± 1,61	8,63 ± 0,27	15,20 ± 0,40	3,35 ± 0,22	3,93 ± 0,04	38,65 ± 1,41
AR WD	13,40 ± 6,80	1.485,74 ± 648,80**	19,91 ± 4,41**	5,01 ± 0,20	14,03 ± 0,85	2,92 ± 0,28	3,72 ± 0,06	37,74 ± 1,68

FI = full irrigation; WD = deficit idrico.

Le misure di scambi gassosi ed efficienza d'uso dell'acqua sono state rilevate 2-3 giorni dopo l'irrigazione differenziale, in corrispondenza della prima variazione significativa di potenziale fogliare. Si riporta la deviazione standard gli asterischi indicano i valori statisticamente significativi secondo il t-student.

dizione di stress delle viti) sull'espressione dei geni nelle due cv Italia e Autumn royal in condizione di FI e WD.

Tali analisi sono state effettuate tramite saggi microarray che consentono di valutare la variazione di espressione di migliaia di geni contemporaneamente.

I nostri risultati hanno evidenziato che è proprio nelle prime fasi della risposta allo stress che sono più evidenti le differenze indotte dal genotipo.

La condizione di stress idrico imposta, infatti, ha determinato una variazione di espressione di più di 1.000 geni nella cv Italia, ma di soli 29 geni nella cv Autumn royal.

Analizzando nel dettaglio i pathway metabolici in cui sono coinvolti i geni diversamente espressi nei nostri saggi, a parte la differenza di risposta quantitativa, abbiamo osservato alcuni aspetti condivisi dalle due varietà.

Come già evidente in altri lavori, il deficit irriguo induce una modulazione dei geni di risposta agli stimoli ambientali, agli stress abiotici, agli stimoli mediati da ormoni come l'acido abscissico (ABA), ma anche dei geni coinvolti nel metabolismo di carboidrati, proteine, azoto; oltre che dei geni coinvolti nella risposta allo stress ossidativo e nella risposta immunitaria primaria delle piante come le proteine di difesa.

Si dimostra così che esistono dei meccanismi primari estremamente conservati che agiscono in maniera

generale in risposta a condizioni di stress biotici e abiotici.

Tuttavia, Autumn royal ha mostrato una risposta non solo più limitata, ma più specifica: il deficit irriguo induce dei cambiamenti nell'espressione di geni direttamente coinvolti nella risposta allo stress idrico, modulando ad esempio proteine di disidratazione, metabolismo dell'azoto e trasduzione dei segnali mediati dall'ABA.

Questa specificità nella risposta di Autumn royal potrebbe dipendere da tempi di risposta differenti: è possibile infatti che questa varietà risponda più lentamente allo stress e che possa ampliare il numero di geni modulati successivamente (figura 1).

Questo tipo di risposta potrebbe essere più vantaggiosa: in questo modo, infatti, la pianta è in grado di attivare le sue risposte di difesa più gradualmente – solo in condizioni di stress prolungato – evitando, così, un dispendio eccessivo di risorse ed energia se non necessario. Questo ci permette di affermare che **Autumn royal presenta un miglior adattamento rispetto alla cv Italia a condizioni di deficit irriguo negli areali di coltivazione considerati e una maggiore resilienza allo stress idrico.**

Questo è anche coerente con l'origine di queste due varietà: Autumn royal è un incrocio realizzato e selezionato in California, in un ambiente molto caldo e siccitoso; Italia, invece, è un incrocio

realizzato e selezionato nel nostro Paese, in condizioni pedoclimatiche contraddistinte da maggiore disponibilità idrica e minori eccessi termici rispetto al clima della California.

I geni coinvolti

Da cosa dipende questa maggiore resilienza? La novità più rilevante del nostro lavoro risiede, appunto, nell'aver cercato di capire le basi molecolari di queste risposte genotipo-specifiche osservate, andando a guardare le differenze esistenti tra le due cultivar a livello di DNA (SNP e CNV) nei geni diversamente espressi in risposta al deficit irriguo.

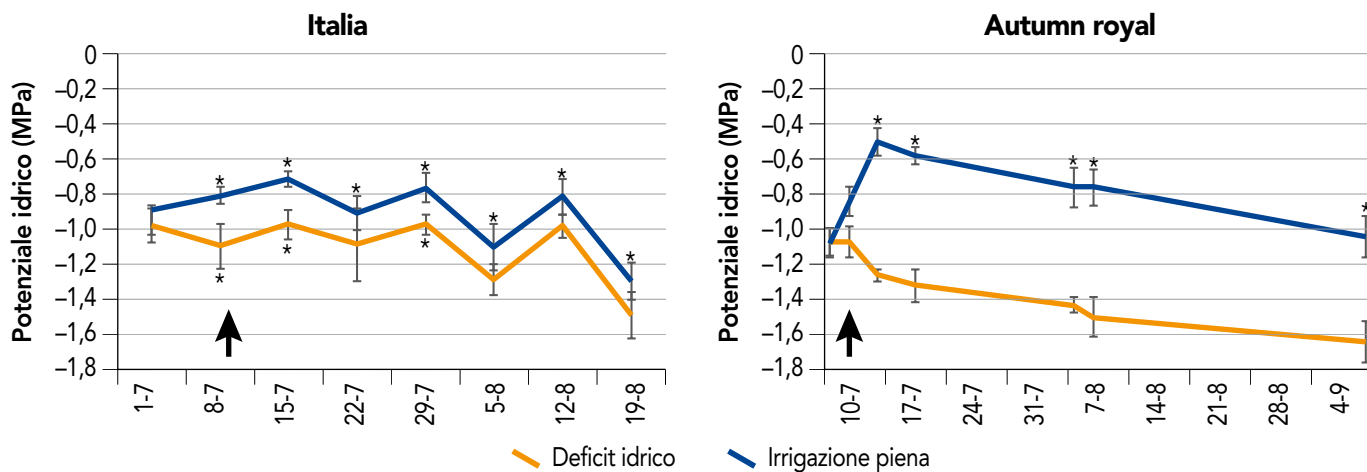
Abbiamo così trovato che **quasi 500 geni espressi diversamente in risposta al deficit irriguo presentano varianti genomiche (159 CNV e 336 SNV).**

È possibile quindi ipotizzare che queste differenze a livello di DNA siano responsabili delle differenze trovate a livello di espressione di questi geni in risposta al WD.

Un esempio esplicativo è rappresentato dal **gene RD22** che codifica per una proteina di risposta alla disidratazione con un ruolo chiave nel mantenere l'integrità cellulare sotto condizioni di stress e considerata come un link tra le vie di risposta mediate dall'ABA e le altre vie di risposta a stress abiotici.

Nei nostri esperimenti questo gene ha mostrato una sovraespressione

GRAFICO 1 - Andamento del potenziale idrico fogliare in Italia e Autumn royal durante l'intera stagione irrigua



* indica differenze statisticamente significative rispetto alla condizione di irrigazione piena, calcolate con test di t-student. La freccia indica la data del prelievo dei campioni nelle analisi molecolari. Le barre indicano la deviazione standard.

in Italia rispetto ad Autumn royal in condizione di restrizione idrica.

Le analisi genomiche hanno evidenziato che Italia presenta anche un maggior numero di copie di questo gene rispetto ad Autumn royal.

È dunque questo maggior numero di copie che potrebbe determinare la sovraespressione e a sua volta la diversa percezione dello stato di stress da parte delle due cultivar. Situazioni simili sono state descritte per altri geni coinvolti nelle vie di segnale mediate dall'ABA, dimostrando che i meccanismi di percezione dell'ABA e di risposta agli stimoli mediate da questo ormone hanno un ruolo chiave nella risposta genotipo-specifica allo stress idrico.

Le diverse varietà cioè sono in grado

di rispondere diversamente allo stress idrico, perché diversa è la loro capacità di percezione dello stress. Questo è strettamente dipendente dalla capacità adattativa di ciascuna varietà agli areali di coltivazione.

I nostri dati suggeriscono, inoltre, che l'incremento dell'ABA e/o della capacità di percezione dell'ABA nella cv Italia possa portare all'attivazione-repressione di geni responsabili delle risposte ai segnali e di fattori di trascrizione ABA mediate, come quelli appartenenti alle famiglie geniche AP2/AREB e MYB. Questi ultimi sarebbero così in grado di modulare la regolazione dei geni correlati in maniera specifica allo stress idrico come RD22.

Irrigare secondo la varietà

È ormai sempre più evidente che in viticoltura, come in agricoltura in generale, i soli interventi gestionali non siano sufficienti a fronteggiare le nuove sfide imposte dal cambiamento climatico e dal mercato. Un maggior margine è possibile valorizzando le proprietà «intrinseche» delle varietà esistenti. Per poter far questo è necessario conoscere e comprendere queste proprietà. Il nostro lavoro, frutto dell'integrazione di competenze diverse, mette in luce che ciò dipende proprio dalla variabilità genomica. Ogni varietà è unica perché unico è il suo genoma e dunque comprendere le differenze a livello genomico è fondamentale per capire le ragioni di questa unicità e per valorizzarla.

Dai nostri studi emerge che il diverso adattamento e la diversa resilienza alla restrizione idrica dipendono da differenze insite nel genoma di ciascuna varietà e la conoscenza di queste differenze è il presupposto per mettere a punto nuove strategie che non solo tengano conto dell'influenza del genotipo, ma se ne avvalgano per definire protocolli di gestione irrigua varietà-specifici che potranno consentire in futuro una reale gestione irrigua razionale e sostenibile.

Maria Francesca Cardone
Carlo Bergamini, Pasquale Crupi
Donato Antonacci
Riccardo Velasco, Rocco Perniola
 CREA - Centro di ricerca Viticoltura ed Enologia
Fiammetta Alagna
 Enea, Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile
 Matera

Claudia Rita Catacchio, Mario Ventura
 Università degli studi di Bari



V Questo articolo è corredato di bibliografia/contenuti extra. Gli Abbonati potranno scaricare il contenuto completo dalla Banca Dati Articoli in formato PDF su: www.informatoreagrario.it/bdo