IVES Technical Reviews
vigna & vino

https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2026.9820

Affrontare le ondate di calore: punti chiave per implementare strategie di mitigazione per la sopravvivenza dell'uva

Julia Gouot-Davoust[1], Celia Barril[2], Jason Smith[2,4], Bruno Holzapfel[3,4], Leigh Schmidtke[2,4], Joanna Gambetta[5]

[1] VITINNOV, Bordeaux Sciences Agro, ISW, F-33175 Gradignan cedex, France
[2] School of Agricultural, Environmental and Veterinary Sciences, Faculty of Science and Health, Charles Sturt University, Locked Bag 588, Wagga Wagga, 2658, NSW, Australia
[3] Wagga Wagga Agriculture Institute, NSW Department of Primary Industries and Regional Development, Pine Gully Road, Wagga Wagga, NSW 2650,
[4] Gulbali Institute, Charles Sturt University, Mumbarra Drive, Wagga Wagga, New South Wales 2678
[5] School of Environmental and Life Sciences, The University of Newcastle, Brush Road, Ourimbah, NSW 2258, Australia

Gli eventi di calore estremo sono diventati più frequenti e possono avere un impatto significativo sulle colture agricole, compresa la viticoltura. Dagli anni Settanta, sia la durata sia la frequenza di questi eventi sono aumentate, causando perdite di resa e alterazioni negative della composizione dell'uva dovute a modifiche della maturità tecnologica, aromatica e fenolica, oltre ad altre problematiche rilevanti come le scottature solari[1]. Comprendere perché, quando e come ciò avviene è fondamentale per aiutare a mitigare gli effetti del calore estremo sull'uva, sulla vite e sul vino e garantire la sostenibilità dei vigneti, la resa e la qualità del vino[2].

Risposta delle piante al calore

Il calore estremo e le ondate di calore causano danni di varia entità, a seconda della loro durata, intensità, momento in cui si verificano e presenza di altri fattori di stress ambientale[1]. In generale, l'aumento delle temperature tende a ridurre la fotosintesi e ad aumentare la traspirazione. Sebbene le viti possano tollerare il calore e la siccità singolarmente, hanno difficoltà a far fronte alle ondate di calore in condizioni di deficit idrico. Lo stress idrico è aggravato dal ritardo nella chiusura degli stomi da parte delle piante per regolare l'aumento della temperatura, soprattutto nelle varietà anisoidriche e nei terreni altamente drenanti (ad esempio sabbiosi). In condizioni di calore estremo e stress idrico simultanei, si verificano cedimenti idraulici e morte cellulare, con conseguente appassimento delle chiome che aumenta l'esposizione dei frutti e la temperatura dei grappoli.

Lo stress termico influisce in modo significativo sulla composizione dell'uva e sulla qualità del vino, alterando il contenuto di zuccheri, acidi, aminoacidi e metaboliti secondari[2] e portando a una diminuzione della qualità e a vini sbilanciati con un contenuto di etanolo più elevato.

Danni subletali e letali agli acini

Gli eventi di calore possono essere classificati come subletali o letali a seconda della temperatura e del grado di danno. Mentre gli eventi subletali (>35 °C) modificano la composizione degli acini e riducono la qualità complessiva, gli eventi letali (>40 °C) di solito portano a perdite significative di resa.

L'imbrunimento da scottatura solare (IS), una forma subletale di danno, è causato da una combinazione di radiazioni e temperature elevate. Si osserva principalmente dopo l'invaiatura e si manifesta con macchie gialle, marroni o bronzo sul lato del frutto esposto al sole; il colore di queste lesioni dipenderà dal colore dell'acino ed é più evidente nelle uve bianche che in quelle nere[1]. I sintomi principali dell'IS si osservano sulla buccia, che perde il suo colore verde a causa della degradazione della clorofilla, diventa marrone a causa dell'ossidazione dei polifenoli[3] e si ispessisce. Le uve bianche colpite sviluppano lesioni marroni, mentre quelle nere perdono il loro colore a causa della degradazione degli antociani. Sebbene siano state segnalate variazioni nel contenuto di zuccheri e acidi, l'IS colpisce principalmente la buccia e non influisce sulla polpa, mentre altri effetti sembrano essere principalmente correlati alle alte temperature piuttosto che all'IS stesso. Bassi livelli di IS inducono un accumulo di importanti composti aromatici come il linalolo e l'α-terpinene, ma livelli di danno più elevati provocano la loro degradazione e la perdita degli aromi floreali e fruttati importanti per la tipicità del vino. In generale, l'IS porta a un'alterazione della qualità del frutto e a perdite economiche che possono arrivare fino al 50 % del valore del raccolto. È difficile trovare informazioni sulle conseguenze dell'IS sulla qualità del vino, tuttavia alcuni rapporti hanno indicato un aumento dell'amarezza e dell'imbrunimento (ossidazione) dei vini bianchi. Le viti sottoposte a stress idrico sono meno sensibili all'IS grazie a un migliore adattamento alla luce e ai composti fotoprotettivi[1].

Danni gravi (letali) e necrosi da scottatura solare (NS) possono essere generalmente osservati a temperature dell'aria superiori a 40 °C, anche se la temperatura della superficie dei frutti (TSF) è un indicatore migliore rispetto alla temperatura ambiente, poiché la TSF può essere superiore di 12-15 °C. La NS porta alla morte cellulare, all'appassimento di interi acini e a perdite significative di resa. Un aumento della percentuale di bacche raggrinzite raccolte può anche influire sul colore e sull'aroma del vino (Figura 1A, B). Le soglie di temperatura letali per le bacche variano con la fenologia a causa dei cambiamenti nella composizione: le bacche di Syrah pre-véraison subiscono necrosi a partire da una TSF di 43 °C e da 55 °C post-véraison[4 5 6]. Altri studi hanno anche esaminato la soglia di temperatura letale per il Riesling, il Bacchus e il Calardis blanc[2]. Nel complesso, i risultati suggeriscono che la temperatura letale per gli acini di *Vitis vinifera* varia da 37 °C (durante la fioritura) a 50 °C (durante la maturazione) (Figura 1C).

La suscettibilità dell'uva all' IS e alla NS varia a seconda della varietà, dello stadio di sviluppo, del colore della buccia, della posizione del grappolo e della velocità del vento. Recenti ricerche hanno dimostrato che a in condizioni di venti molto forti, l'incidenza e la gravità della NS diminuiscono a causa della minore TSF dell'acino[7], contraddicendo gli effetti di essiccazione dell'aria talvolta segnalati dai coltivatori. Indipendentemente dal colore della buccia, sia le varietà nere che quelle bianche possono subire gravi danni da IS e NS. Tra le varietà bianche, il Moscato d'Alessandria e il Riesling sono altamente

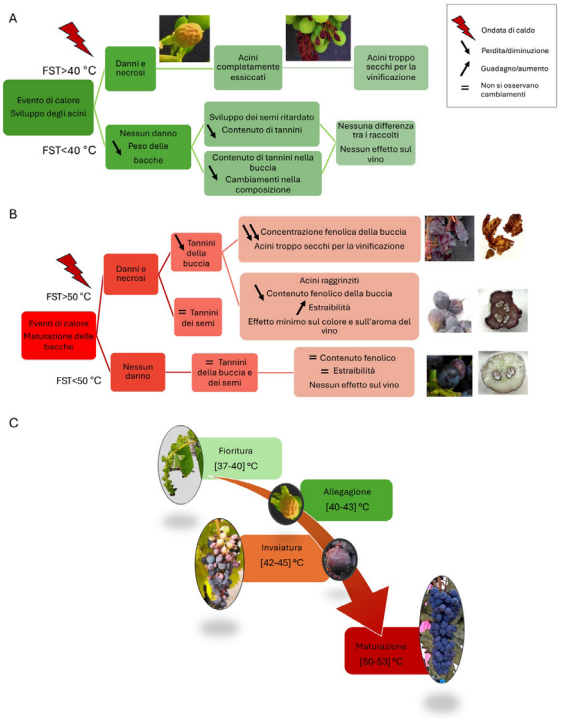


FIGURA 1. Effetto degli eventi di calore pre- (A) e post-maturazione (B) sullo sviluppo degli acini e sulla composizione dell'uva e del vino in funzione della temperatura superficiale dei frutti (TSF) e (C) Intervalli di temperatura superficiale a partire dai quali possono verificarsi danni letali per i fiori e gli acini di *Vitis vinifera*.
Le fonti utilizzate per questa figura sono disponibili su richiesta agli autori.

sensibili all'IB, mentre il Sauvignon Blanc e lo Chardonnay sono più tolleranti. L'uva presenta finestre di vulnerabilità distinte per quanto riguarda i danni da calore: il rischio di IS è più elevato dopo l'invaiatura, mentre la NS minaccia principalmente gli acini durante le prime fasi di sviluppo. Comprendere questi periodi critici è essenziale per i produttori per programmare efficacemente gli interventi di protezione.

Strategie di mitigazione delle ondate di calore

Il successo di qualsiasi strategia di mitigazione dipende dalla comprensione di quando gli acini siano a rischio di danni letali (Figura 1C), dal fatto che la TSF differisce dalla temperatura dell'aria prevista e dall'efficacia delle strategie scelte.

La maggior parte delle strategie prevede di massimizzare il raffreddamento traspirativo e ridurre al minimo l'intercettazione delle radiazioni per mantenere le chiome e l'uva il più fresche possibile. A tal fine, i metodi includono l'aumento dell'irrigazione, la gestione della chioma (potatura, tipo/altezza del traliccio, rimozione delle foglie), l'ombreggiatura, la gestione della fila centrale, gli spray riflettenti, i nebulizzatori nella chioma, la progettazione del vigneto (orientamento delle file, colture di copertura) e la scelta delle varietà di uva[8] (Figura 2). Queste strategie hanno efficacia variabile e possono essere classificate in base alla loro capacità di ridurre la temperatura dell'aria/della chioma e la TSF (Figura 3). Variano anche in relazione al costo, alla sostenibilità e alla scala alla quale possono essere implementate. La loro efficacia dipenderà dalle temperature massime raggiunte, dalla rapidità con cui vengono implementate e dalla fase fenologica.

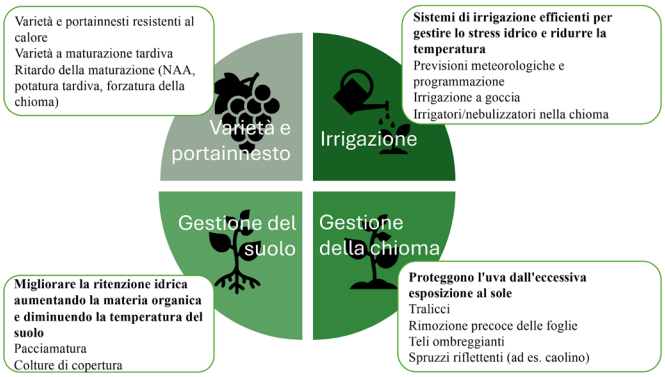


FIGURA 2. Strategie di mitigazione delle ondate di calore.

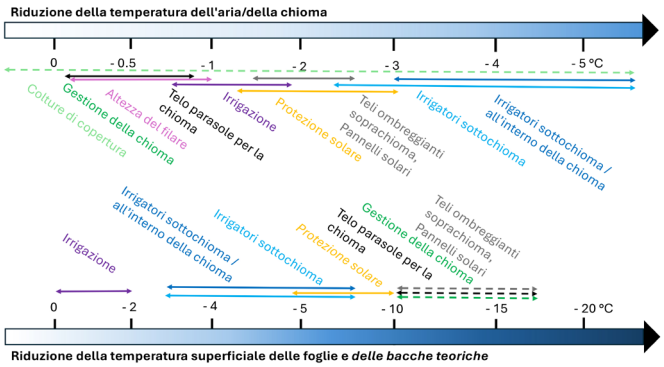


FIGURA 3. Riduzione della temperatura della chioma, delle foglie e degli acini mediante diverse strategie di mitigazione nei vigneti (linee continue: valori misurati negli articoli di riferimento; linee tratteggiate: valori teorici).
Le fonti utilizzate per questa figura sono disponibili su richiesta agli autori.

Il consiglio più comune è quello di irrigare prima e durante un'ondata di calore per bagnare il più possibile la zona delle radici, ridurre la temperatura del suolo e massimizzare il raffreddamento per traspirazione. Il momento dell'irrigazione dipende dal tipo di terreno: i terreni argillosi possono essere irrigati giorni prima di un'ondata di calore, mentre i terreni più sabbiosi dovrebbero essere irrigati il giorno o la notte prima. Sebbene ciò consenta solo una modesta riduzione della temperatura dell'aria e dei frutti, questa pratica mira a diminuire lo stress della vite e a garantire la vitalità della chioma. L'irrigazione notturna è più efficiente di quella diurna. Un uso più efficiente dell'acqua include l'uso di irrigatori a pioggia o all'interno della chioma, che riducono significativamente il deficit di pressione del vapore nell'aria e consentono una massima riduzione della temperatura della chioma. Tuttavia, qualsiasi strategia che utilizzi l'acqua dipende dalla disponibilità di acqua sufficiente per l'irrigazione, dall'esistenza di infrastrutture in grado di fornire l'acqua in tempo e dall'autorizzazione ad irrigare. Sebbene sia comune in Australia e in altre regioni irrigate, la maggior parte dei vigneti europei dipende esclusivamente dalla pioggia per l'irrigazione e può ottenere l'autorizzzione di irrigare solo in circostanze eccezionali. La pacciamatura rappresenta un'alternativa adeguata per ridurre la temperatura del suolo e il riscaldamento della zona dei grappoli e della chioma, nonché l'evaporazione dell'acqua. La gestione della chioma o l'uso di teli ombreggianti per fornire ombra ed evitare un'eccessiva esposizione al sole sono ottimi modi per ottenere una riduzione della temperatura fino a circa 15 °C. Tuttavia, questi interventi sono più fattibili se integrati nella progettazione iniziale del vigneto piuttosto che adattati alle piantagioni esistenti. I filtri solari come l'argilla (ad esempio il caolino) possono talvolta ridurre l'incidenza della SB, in particolare in prossimità della vendemmia. Questi prodotti basati sulla tecnologia delle pellicole particellari possono essere applicati in caso di ondate di calore per proteggere le chiome riflettendo la luce solare e riducendo il riscaldamento radiativo. Altri prodotti come la calce, il talco e gli antitraspiranti sono in fase di sperimentazione, con risultati variabili a seconda della copertura fogliare e dell'uva, della formulazione del prodotto, delle proprietà di adesione e dei tempi e della frequenza di applicazione in relazione agli eventi di calore.

È consigliabile combinare due o più strategie e prendere in considerazione azioni complementari durante la vendemmia (raccolta parziale delle bacche verdi, raccolta notturna, selezione delle bacche per eliminare quelle danneggiate) e in cantina (ad esempio, aggiunta di acqua ove consentito, scelta dei lieviti e delle tecniche di vinificazione, dealcolizzazione, ecc. Purtroppo, esistono poche strategie di mitigazione efficaci e realizzabili a breve termine. Se un vigneto si trova in una zona soggetta a ondate di calore, si raccomanda di prendere in considerazione soluzioni più permanenti che vanno dall'installazione di strutture ombreggianti alla riprogettazione dell'orientamento dei filari e alla riconsiderazione delle varietà coltivate. Una migliore comprensione di questi parametri aiuterà i viticoltori a scegliere il metodo di mitigazione più adatto. ■

1 Gambetta, J. M., Holzapfel, B. P., Stoll, M., & Friedel, M. (2021a). Sunburn in grapes: A review. *Frontiers in Plant Science*, 11, 604691. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.604691

2 Gouot, J. C., Smith, J. P., Holzapfel, B. P., Walker, A. R., & Barril, C. (2019a). Grape berry flavonoids: A review of their biochemical responses to high and extreme high temperatures. *Journal of Experimental Botany*, 70(2), 397-423. https://doi.org/10.1093/jxb/ery392

3 Gambetta, J. M., Romat, V., Schmidtke, L. M., & Barril, C. P. (2021b). Secondary metabolites coordinately protect grapes from excessive light and sunburn damage during development. *Biomolecules*, 12(1), 42. https://doi.org/10.3390/biom12010042

4 Gouot, J., Smith, J., Holzapfel, B., & Barril, C. (2019b). Single and cumulative effects of whole-vine heat events on Shiraz berry composition. *Oeno One*, 53(2), 171-187. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2019.53.2.2392

5 Gouot, J. C., Smith, J. P., Holzapfel, B. P., Walker, A. R., & Barril, C. (2019c). Grape berry flavonoid responses to high bunch temperatures post véraison: Effect of intensity and duration of exposure. *Molecules*, 24(23), 4341. https://doi.org/10.3390/molecules24234341

6 Gouot, J. C., Smith, J. P., Holzapfel, B. P., & Barril, C. (2019d). Impact of short temperature exposure of Vitis vinifera L. cv. Shiraz grapevine bunches on berry development, primary metabolism and tannin accumulation. *Environmental and Experimental Botany*, 168, 103866. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2019.103866

7 Muller, K., Keller, M., Stoll, M., Friedel, M. (2023). Wind speed, sun exposure and water status alter sunburn susceptibility of grape berries. *Frontiers in Plant Science*, 14, https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1145274

8 Rogiers, S. Y., Greer, D. H., Liu, Y., Baby, T., & Xiao, Z. (2022). Impact of climate change on grape berry ripening: An assessment of adaptation strategies for the Australian vineyard. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1094633. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1094633

Questo lavoro è fornito con la licenza Creative Commons Attribuzione 4.0 Internazionale