



RASSEGNA BIBLIOGRAFICA SU INDICATORI DI STRESS TERMICO

Key words: heat stress, heatwaves, temperature threshold, hydrocooling, sprinkler cooling irrigation, microsprayer frost protection, Vitis Vinifera

ONDATE DI CALORE

Caravia L., et al. "Application of sprinkler cooling within the bunch zone during ripening of Cabernet Sauvignon berries to reduce the impact of high temperature." Australian journal of grape and wine research 23.1 (2017): 48-57.

Caso di Studio	
Localizzazione	Adelaide, Australia
Tipo di suolo	--
Varietà di vite	Cabernet Sauvignon

Obiettivo: individuare i benefici di un sistema di climatizzazione tramite evaporazione, posizionato all'interno della chioma della vite, con l'obiettivo di mitigare gli effetti delle alte temperature sulla composizione delle bacche durante la maturazione.

Metodologia:

Applicazione di un sistema di irrigazione con sprinkler interno alla chioma, azionato al raggiungimento della temperatura di **38°C** (previsioni che annunciano più giorni consecutivi con temperature superiori ai 38°C). Il sistema viene azionato ogni 10 minuti per 20 s.

Risultati:

- Grazie all'attivazione dell'irrigazione con sprinkler, si verifica una **riduzione di temperatura interna alla chioma tra i 2.5 e i 5°C** (misurata sulle foglie attraverso termografia ad infrarossi) e un aumento dell'umidità relativa.
- L'effetto climatizzante è dovuto ad una combinazione di climatizzazione tramite evaporazione e dell'azione legata alla temperatura più fredda dell'acqua che viene utilizzata. Questo genera un microclima interno alla chioma più fresco che ha effetto sulle foglie e sulle bacche per convezione.
- Si verifica un **aumento delle dimensioni delle bacche** nei campioni trattati, associato ad un **aumento del contenuto di zuccheri**.
- Si registra una tendenza ad accumulare maggiori quantità di antociani e sostanze fenoliche nelle bacche sottoposte ad irrigazione con sprinkler.
- La reattività delle bacche è legata al grado di stress idrico e termico della vite durante il periodo di maturazione.



Greer Dennis H., Weedon Mark M. (2016) Establishing the temperature dependency of vegetative and reproductive growth processes and their threshold temperatures of vineyard-grown Vitis vinifera cv. Semillon vines across the growing season. Functional Plant Biology 43, 986-1001 (solo abstract)

Caso di Studio	
Localizzazione	New South Wales, Australia
Tipo di suolo	--
Varietà di vite	Semillon (vino bianco)

Obiettivo: individuare la relazione tra la temperatura e i processi di crescita della vite e identificare la soglia di temperatura oltre la quale si registrano danni

Metodologia:

Monitoraggio della qualità delle bacche e della crescita delle piante che sono state sottoposte ad un sistema di regolazione della temperatura con sprinkler. La temperatura non deve superare rispettivamente i 30, 35 e 40°C in ciascuna delle 3 parcelle sperimentali.

Risultati:

- Molti dei processi dipendenti dalla temperatura diminuiscono linearmente tra i 30 e i 40°C.
- Lo studio conferma un valore soglia di temperatura pari a **35°C**, oltre il quale c'è una **riduzione di accrescimento e di accumulo di zuccheri**. A **40°C** invece ci sono effetti negativi su **tutti i processi di crescita**.

Greer, Dennis H., and Mark M. Weedon. "Does the hydrocooling of Vitis vinifera cv. Semillon vines protect the vegetative and reproductive growth processes and vine performance against high summer temperatures?" Functional Plant Biology 41.6 (2014): 620-633.

Caso di Studio	
Localizzazione	New South Wales, Australia
Tipo di suolo	--
Tipo di pianta	Semillon

Obiettivo: analizzare gli impatti di un sistema di climatizzazione con sprinkler per proteggere la vite da frequenti ondate di calore

Metodologia:

È stato installato un sistema di climatizzazione sopra chioma attraverso micro-sprinkler, la cui attivazione è fissata ad una temperatura superiore alla **soglia di 35°C**. Viene effettuato il monitoraggio dei dati climatici e di quelli legati alla fisiologia della pianta

Risultati:

- Le piante trattate con azione climatizzante raggiungono **temperature interne alla chioma di 7-8°C inferiori alla temperatura dell'aria**.
- La quantità d'acqua utilizzata per la climatizzazione con micro-sprinkler è modesta ed evapora completamente senza contribuire alla parte d'acqua fornita al terreno.



- L'inizio dell'espansione fogliare viene ritardata e l'intero processo dura più a lungo (conferma che sia un processo dipendente dalla temperatura). Si verifica anche una **maggiore attività fotosintetica**.
- Si registra un **umentato peso secco delle bacche** (quindi maggiore produzione) e la loro crescita è anticipata e dura più a lungo.
- La fase di maturazione delle bacche è più veloce e alla vendemmia le bacche hanno accumulato **più zuccheri** (crescita sempre lineare lungo il periodo ma con tassi più alti di accumulo)

Greer, D. H. (2013). The impact of high temperatures on Vitis vinifera cv. Semillon grapevine performance and berry ripening. Frontiers in plant science, 4, 491

Caso di Studio	
Localizzazione	New South Wales, Australia
Tipo di suolo	--
Varietà di vite	Semillon (vino bianco)

Obiettivo: determinare l'impatto dell'ondata di calore del 2009 su vigneto, considerando la maturazione, la produzione d'uva e gli scambi gassosi

Metodologia:

Per identificare gli effetti sulla vite delle alte temperature prolungate (14 giorni consecutivi con **temperatura dell'aria > 40°C**), i risultati ottenuti sulle piante esposte all'ondata di calore sono stati paragonati con quelli ottenuti su piante protette da teli che riducono l'impatto della radiazione solare

Risultati:

- Gli effetti maggiori dell'ondata di calore si ripercuotono sulla maturazione: si verifica una **riduzione del tasso di maturazione del 50%**, ritardo nella vendemmia e alta incidenza di avvizzimento e bruciature delle bacche. La produttività non è stata intaccata.
- **La temperatura all'interno della chioma supera di 2°C quella dell'aria** nei giorni più caldi.
- L'attività fotosintetica si è ridotta del 35% e la traspirazione è quasi triplicata a causa della aumentata conduttanza stomatica.
- Una potenziale soluzione è l'utilizzo di **layer protettivi** sulla pianta che **riducono la temperatura all'interno della chioma di 4.5°C in media**, con picchi di 6°C nelle ore più fresche della giornata.

Aljibury, F. K., et al. "Grape response to cooling with sprinklers." American Journal of enology and viticulture 26.4 (1975): 214-217.

Caso di Studio	
Localizzazione	Reedley, California
Tipo di suolo	Argilloso-limoso-ghiaioso
Varietà di vite	Chardonnay - Semillon - Chenin blanc

Obiettivo: identificare la risposta della vite alla climatizzazione per migliorare la qualità del vino (maggiore acidità, pH più basso, a parità di contenuto di zuccheri e di livello di maturazione)



Metodologia:

Al superamento dei **32°C (soglia di qualità)** e dall'inizio dell'invasatura, viene applicata periodicamente l'irrigazione con sprinkler, che prosegue fino alla vendemmia. Vengono effettuate delle misurazioni di temperatura dell'aria, delle foglie, delle bacche e del suolo.

Risultati:

- **Temperature superiori a 37.8°C causano danni** da bruciatura solare, deidratazione delle bacche, riduzione del tasso di crescita dei germogli, minore acidità, pH più alto, modifica nella colorazione. Lo scopo dello studio non è la protezione dallo stress termico, quindi viene fissata una soglia più bassa per condizionare solo la qualità del vino.
- Gli effetti della sprinkler irrigation (con **soglia a 32°C**) vengono descritti in termini di **maggiori dimensioni delle bacche, di ridotta domanda evapotraspirativa** (come mostrato dalla mappatura dell'umidità del suolo) e di **temperature di foglie e bacche più basse di 5-10°C**, rispetto a quelle non trattate. Si nota anche una quantità inferiore di solidi solubili totali (TSS) presenti nelle bacche, legata probabilmente al rallentamento dell'attività fotosintetica (legata al calo della temperatura), al rallentamento del movimento degli zuccheri dalle foglie al frutto oppure all'utilizzo degli zuccheri per sostenere un'augmentata crescita dei germogli.

Anconelli, S., et al. "Impianti climatizzanti soprachioma contro le ondate di calore." Rivista di frutticoltura e di ortofloricoltura 82.2 (2018): 40-45.

Caso di Studio	
Localizzazione	Provincia di Ferrara
Tipo di suolo	--
Tipo di pianta	Pero e melo

Obiettivo: paragonare gli effetti di un sistema di irrigazione a goccia e di uno combinato a goccia + sprinkler su coltivazione di pero e melo nel contesto del ferrarese (clima caldo umido – notte fino a 100% umidità che riequilibra le condizioni diurne)

Metodologia:

Soglia per attivazione sprinkler = previsione di temperature superiori ai **33°C** per più giorni consecutivi
Monitoraggio di temperatura delle foglie e dei frutti, temperatura e umidità ambientali, fenomeni di accrescimento dei frutti, scambi gassosi e potenziali idrici.

Risultati:

- Maggiore attività fotosintetica del pero, ma non del melo, in corrispondenza dell'intervento
- Riduzione dei fenomeni di scottatura sui frutti nel melo
- Nessun incremento di produzione e benefici microclimatici legati alla giornata dell'evento
- Tasso di crescita del frutto incrementato quando viene attivata l'irrigazione climatizzante
- La misura di scambi gassosi indica che non c'è stata riduzione di stress idrico nel pero, valutato attraverso la misura dei potenziali idrici.
- **La sperimentazione non mostra risultati tanto incoraggianti da promuovere questa tecnica.** Probabilmente i risultati sono molto dipendenti dalla specifica collocazione del campo analizzato e dal tipo di coltura analizzata.



Deligios, Paola A., et al. "Climate change adaptation and water saving by innovative irrigation management applied on open field globe artichoke." Science of the Total Environment 649 (2019): 461-472.

Caso di Studio	
Localizzazione	Sardegna
Tipo di suolo	Terreni franco argillosi, capacità ritentiva tra il 25 e il 33 %
Tipo di pianta	Carciofo

Obiettivo: sviluppare un nuovo sistema di irrigazione, per la coltivazione della pianta di carciofo, che possa mitigare gli effetti delle ondate di calore, migliorare la produttività e risparmiare risorsa idrica. In particolare, si vuole verificare se lo stato fisiologico della pianta possa trarre benefici dalla mitigazione del microclima interno alla chioma.

Metodologia:

Vengono confrontati gli effetti di due trattamenti irrigui: *i)* irrigazione tradizionale a goccia, gestita secondo l'esperienza degli agricoltori; *ii)* irrigazione climatizzante con nebulizzatori, gestita per contrastare gli effetti delle ondate di calore.

L'irrigazione climatizzante viene attivata al superamento di una soglia di temperatura (25°C) nelle ore centrali della giornata, attraverso un sistema di elettrovalvole automatizzate.

Vengono eseguite misure della fisiologia della pianta (traspirazione, conducibilità stomatica, temperatura fogliare e attività fotosintetica) con uno strumento a raggi infrarossi che misura gli scambi gassosi (CIRAS-2, Portable Photosynthesis Systems (PP-System)). Vengono monitorate le condizioni meteo e i contenuti di umidità volumetrica del suolo a diverse profondità.

L'irrigazione climatizzante è stata applicata solo durante la fase fenologica in cui le conseguenze dello stress termico sono più critiche per la pianta.

Risultati:

- La parcella trattata con irrigazione climatizzante mostra temperature fogliari più basse e un livello di attività fotosintetica maggiore rispetto alla parcella trattata tradizionalmente.
- La produzione di carciofi è superiore del 30% a quella ottenuta con irrigazione tradizionale.
- L'utilizzo dell'irrigazione climatizzante permette di risparmiare il 34% d'acqua.
- Complessivamente l'applicazione dell'irrigazione climatizzante risulta essere una strategia efficace per mitigare gli effetti del cambiamento climatico e delle ondate di calore.

Guidoni S., et al. "Variabilità del microclima del vigneto e maturazione dell'uva Nebbiolo." Quaderni della Scuola di Specializzazione in Viticoltura ed Enologia (2013)

Caso di Studio	
Localizzazione	Sinio, Cuneo (420 m s.l.m)
Tipo di suolo	--
Varietà di vite	Nebbiolo

Obiettivo: studio della variabilità del microclima in funzione dell'esposizione e della vigoria del vigneto ed i suoi effetti sulla maturazione e sulla composizione delle uve



Metodologia:

Misura in continuo della radiazione fotosinteticamente attiva sopra e sotto chioma, della temperatura dell'aria sopra e sotto chioma e della temperatura degli acini. Analisi della composizione chimica delle bacche e analisi dei parametri qualitativi dei mosti.

Risultati:

- L'esposizione del filare determina la quantità di radiazione incidente sulla superficie fogliare, mentre la vigoria della vegetazione ha determinato quanto di questa radiazione ha raggiunto i grappoli. L'orientamento più sfavorevole è quello con esposizione a sud.
- La localizzazione del filare in una zona collinare più arieggiata può abbassare la temperatura sopra chioma, senza sortire effetti benefici su quella all'interno della vegetazione (microclima).
- L'inerbimento dell'interfila può mitigare il riscaldamento proveniente dalla radiazione riflessa dal suolo, con effetti benefici sui processi metabolici. Gestione di chioma e interfila in modo diverso rispetto al microclima presente.

Webb L. et al. (2009) "Extreme heat: managing grapevine response based on vineyard observations from the 2009 heatwave across south-eastern Australia" Australian Viticulture

Obiettivo: analizzare, tramite un sondaggio tra gli agricoltori del sud-est dell'Australia, gli effetti legati all'ondata di calore australiana del 2009

Risultati:

- Ondata di calore del 2009 (14 giorni consecutivi con temperature superiori ai 40°C) è stata associata a condizioni molto asciutte.
- È stato riportato che i danni non sono legati alle elevate temperature in sé ma piuttosto alle strategie che sono state messe in campo prima e durante l'evento (es. il prolungarsi così a lungo dell'ondata di calore è stato un evento senza precedenti e ha colto gli agricoltori impreparati; molte zone sono coltivate senza irrigazione o comunque non c'è stata la possibilità di accedere a forniture d'acqua supplementari)
- È utile pensare ad una pianificazione delle strategie di adattamento sul lungo, medio e breve termine. Si tratta di una pianificazione che minimizzi i rischi lungo tutto il corso dell'anno, dal momento che le strategie che aiutano ad affrontare i periodi più caldi possono essere invece dannose nei mesi più freddi.
- Elementi legati al maggior contenimento dei danni:

1- IRRIGAZIONE

- Riportare il contenuto d'acqua alla capacità di campo prima dell'ondata di calore (per massimizzare il potenziale di raffreddamento per traspirazione), cercando poi di mantenere questo livello il più possibile¹.
- Le piante con portainnesti più resistenti alla siccità hanno subito meno danni, in quanto il loro apparato radicale è più esteso. Si riportano infatti maggiori danni dove ci sono stati impedimenti nella crescita delle radici.

¹ Anche in Hayman, Peter, et al. "Managing grapevines during heatwaves." Grape and wine research and development corporation (2012)



- In casi di scarsità d'acqua, la crescita si è bloccata a causa della sinergia tra ridotta evaporazione e un alto livello di calore assorbito.
- Può essere utile sviluppare dei metodi di previsione meteo sia sul medio che sul breve termine.

2- CHIOMA E COPERTURA

- Le bacche scoperte sono state le più danneggiate. È possibile migliorare la protezione dei grappoli con "lazy-lift fruit wire" = i fili in tensione tra i pali del vigneto che reggono la pianta possono essere allentati in modo che la chioma protegga le bacche dai raggi solari diretti (tecnica da applicare sul lato occidentale per filari con orientamento nord-sud). Contestualmente privilegiare il mantenimento di ampie chiome.
- Dove il terreno nella zona interfilare è scoperto, la radiazione solare riflessa dal terreno aumenta i danni sui grappoli posti più in basso. Può essere opportuno posizionare del pacciame sotto le piante e delle zolle erbose tra un filare e l'altro.

3- FENOLOGIA

- Le bacche colpite durante la fase di invaiatura hanno subito i danni maggiori, seguite da quelle in fase di pre-invaiatura e poi da quelle in fase di post-invaiatura. (in relazione allo stress termico)
- Dove le foglie sono state danneggiate o sono seccate, si è assistito ad un conseguente impatto sulla maturazione delle bacche, con un ritardo o un blocco nell'accumulo degli zuccheri.

4- ORIENTAMENTO

- I filari più colpiti sono stati quelli posizionati con orientamento NORD-SUD (la parte esposta ad ovest riceve le radiazioni solari dirette durante le ore più calde del pomeriggio).

G.P Swinburn - Scholefield Robinson Mildura. "Vineyard cooling. A literature review". Victorian & Murray Valley Winegrape Growers Council (2003)

Background dell'azione climatizzante su vigneto

- L'acqua può agire da agente climatizzante secondo 3 meccanismi:
 1. Climatizzazione per convezione (convective cooling) – l'acqua evaporando nell'aria, raffredda l'aria che raffredda la pianta per convezione
 2. Climatizzazione per dilavamento (hydro cooling) - l'acqua raffredda direttamente le foglie e le bacche assorbendo il calore
 3. Climatizzazione per evaporazione (evaporative cooling) – l'acqua evapora dalle foglie e dai frutti con un'azione di raffreddamento.

Tutti e tre i meccanismi agiscono contemporaneamente, ma il metodo di applicazione dell'acqua, il clima e la quantità d'acqua applicata determinano il contributo relativo di ciascun meccanismo.

- Se lo stato idrico del suolo e della pianta è buono, la differenza di temperatura tra l'aria e le foglie è di 2/3°C, mentre se si verifica una mancanza d'acqua questa differenza può arrivare anche a 10°C. Inoltre, **superata una certa soglia di temperatura e oltre un certo livello di stress idrico, la pianta chiude del tutto gli stomi riducendo la traspirazione e quindi l'attività fotosintetica.**



GELATE TARDIVE PRIMAVERILI

Jorgensen, G., et al. "Microsprayer Frost Protection in Vineyards." CATI Publication 960803 (1996).

Caso di Studio	
Localizzazione	Los Alamos, California
Tipo di suolo	--
Tipo di pianta	Chardonnay

Obiettivo: investigare l'efficacia di microsprayer e sprinkler per la protezione dalle gelate sulla vite, valutando anche i consumi idrici

Metodologia:

vengono monitorate temperatura di aria e gemme insieme ad umidità relativa all'interno dei filari, oltre che alle variabili climatiche esterne al filare, per entrambi i trattamenti.

Risultati:

- **I metodi di protezione dalle gelate devono essere attivati prima che venga raggiunta la temperatura critica di 0°C** (in particolare per la protezione con sprinkler irrigation). Infatti, quando gli sprinkler vengono attivati, si assiste ad un iniziale calo della temperatura dovuta all'evaporazione². Questo calo di temperatura iniziale può danneggiare la pianta se l'irrigazione viene attivata troppo tardi.
- Anche bassi punti di rugiada possono accentuare questo problema. Per evitare danni legati a queste due condizioni, gli sprinkler dovrebbero essere attivati a 1.1°C se il punto di rugiada è pari a -4.4°C o superiore; ad 1.7°C se il punto di rugiada è compreso tra i -6.7 e i -5 °C; a 2.2°C se il punto di rugiada è tra -9.4 e -7.2 °C. Queste raccomandazioni vanno seguite solo se è stata prevista una gelata.
- **Gli sprinkler dovrebbero essere spenti quando la temperatura dell'aria è risalita a 1.1°C.**
- L'utilizzo di microsprayer fa ottenere gli stessi risultati in termini di protezione dalle gelate, ma con un risparmio d'acqua dell'80%

² Anche in Trought, M. C., G. S. Howell, and Neil J. Cherry. "Practical considerations for reducing frost damage in vineyards." (1999).



Trought, M. C., G. S. Howell, and Neil J. Cherry. "Practical considerations for reducing frost damage in vineyards." (1999).

Caso di Studio	
Localizzazione	Report per i viticoltori della Nuova Zelanda
Tipo di suolo	--
Tipo di pianta	--

- L'irrigazione tramite sprinkler sopra chioma, che diffondono acqua sulla pianta, è la strategia più efficace di protezione dalle gelate.
- **Quando la temperatura scende sotto gli 0°C, le gemme vengono ricoperte da uno strato di ghiaccio che però viene avvolto dall'acqua allo stato liquido emessa dagli sprinkler.** Il processo, che porta l'acqua emessa dagli sprinkler a congelarsi, libera il calore latente necessario a mantenere la temperatura intorno alle gemme pari a 0°C, proteggendole così dai danni ai tessuti legati a temperature più basse.
- È importante applicare una quantità d'acqua sufficiente per mantenere lo strato liquido intorno al ghiaccio che avvolge le gemme.
- La velocità di rotazione degli sprinkler deve essere sufficiente ad evitare che l'acqua, tra un passaggio e l'altro, congeli sulla pianta.