

DIFESA DALLE GELATE PRIMAVERILI

NOTE TECNICHE 2024¹



INDICE

Tipologie di gelate tardive	2
Inquadramento e andamento dei fenomeni in Emilia-Romagna, distribuzione ed intensità	3
I mezzi di avvertimento del rischio gelata	4
Cambiamenti climatici e risposta fisiologica delle piante	6
Metodi di difesa	7
Il problema della disponibilità di acqua	13
Allegati:	18

¹ Il contenuto è stato aggiornato dalla Tavola Rotonda “Metodi di difesa dalle gelate tardive: il punto di vista degli esperti” del 18/12/2023 e disponibile a questo link:

https://www.youtube.com/watch?v=poB_qSr7hXw&t=15s

TIPOLOGIE DI GELATE TARDIVE

In generale “la gelata” è l’abbassamento termico (temperatura in °C, gradi centigradi, sotto lo zero), nelle ore notturne, con la minima in quelle prossime all’alba. Fenomeno che determina danni alla parte vegetante delle piante, in relazione allo stadio di ripresa vegetativa in cui si trovano (**vedere tabelle in appendice**).

GELATA PER IRRAGGIAMENTO

In passato era generalmente la tipologia di fenomeno più frequente. L’abbassamento termico è dovuto alla perdita di calore per “irraggiamento”. Normalmente il fenomeno si verifica nel seguente modo: **nelle ore diurne, correnti provenienti dai settori settentrionali apportano aria fredda e secca con un abbassamento consistente delle temperature (più forte verso il tramonto e al tramonto), che comunque si mantengono ad alcuni gradi centigradi sopra lo zero**. Durante la notte cessano i movimenti avvevati alimentati dall’insorgenza di correnti d’aria più o meno intense durante il giorno e l’aria fredda tende a ristagnare. Il terreno perde calore in superficie per irraggiamento ed abbassa la sua temperatura; gli strati di terreno e l’aria che si trovano a contatto con la superficie, ad una temperatura maggiore rispetto a quest’ultima, cedono a loro volta calore e si raffreddano. Questo processo si propaga negli strati superficiali del terreno e dell’aria via via più lontani dalla superficie. La perdita di calore per irraggiamento è contrastata solo da alti valori di umidità dell’aria.

La temperatura minima si raggiunge di solito in prossimità dell’alba ed è tanto più bassa quanto minori sono la temperatura e l’umidità al tramonto e l’assenza di vento nel corso della notte.

Il profilo di temperatura nelle ore più fredde segue la regola dell’inversione termica, con temperature minime registrate in prossimità del suolo e temperature che aumentano con la quota, anche in modo consistente (5 – 6 °C) in soli 3 – 4 metri. Questa situazione meteorologica determina i danni tipicamente osservati nei frutteti: la parte inferiore delle piante risulta priva di frutti, i danni si presentano consistenti anche nella zona compresa tra 2 e 3 metri di altezza, mentre la parte più alta delle chiome appare perfettamente fruttificata (se la gelata è per irraggiamento); nei fondovalle e nelle aree prossime a dossi, la perdita di frutti può interessare anche la parte più alta della chioma anche nella gelata per irraggiamento.

GELATA PER AVVEZIONE

È **determinata direttamente da aria fredda di correnti settentrionali o orientali che abbassano la temperatura** fino a diversi gradi sotto i zero gradi centigradi (0 °C), con presenza o assenza di vento, a partire dalle ore diurne, intensificandosi durante quelle notturne e magari per alcuni giorni.

GELATA MISTA

Il termine stesso indica un **mix fra “irraggiamento” (componente principale) e la “convezione”**, che può essere corrente fredda saltuaria o costante e di diversa intensità. **Situazione più complicata per l’efficacia dei vari sistemi antibrina**, per la maggior complessità e variabilità del fenomeno, anche all’interno del medesimo appezzamento coltivato.

INQUADRAMENTO E ANDAMENTO DEI FENOMENI IN EMILIA-ROMAGNA, DISTRIBUZIONE ED INTENSITÀ

Le frequenze degli eventi rilevate negli ultimi 60 anni da ARPAE sono:

- **Temperature:** è evidente una tendenza all'amplificazione della distribuzione, cioè un aumento della variabilità, come era lecito attendersi, nelle temperature più alte, ma più sorprendentemente anche in quelle più basse. Nello specifico, per le temperature minime è stato fatto un confronto tra il primo trentennio (1961-1990) e il secondo (1991-2020), che ha evidenziato almeno +1°C di differenza nella stagione invernale fra il secondo e il primo periodo. Il che significa un anticipo del periodo vegetativo primaverile. Si è riscontrato, inoltre, un aumento della variabilità tra marzo e aprile, con aumento di frequenze degli episodi di gelate in alcune decadi. Secondo Meteo Center questo trend di aumento delle temperature nell'ultimo trentennio si registra in Italia ma anche all'estero. C'è anche da sottolineare che in epoca recente si sono stabiliti anche dei record di minime nel mese di aprile negli anni 1997, 2003 e 2020. Uno dei motivi potrebbe essere che nel periodo invernale il vortice polare è più profondo del normale, soprattutto nel vertice polare stratosferico, e questo si può riscontrare anche nel mese di dicembre 2023. Si è inoltre riscontrato, visto che stratosfera e troposfera si comportano in modo opposto (se si raffredda una si riscalda l'altra), che il raffreddamento del vortice stratosferico rimane in inverno concentrato sui vertici polari, poi in primavera tende a frantumarsi, quindi, i lobi di aria fredda tendono a scendere a latitudini più meridionali. Questo può essere uno dei motivi dell'aumento delle ondate di freddo primaverile insieme all'aumentata variabilità, che sono più rare ma anche più intense, cioè ascrivibili a variazioni del livello di circolazione generale dell'atmosfera.
- **Previsioni:** i modelli più studiati a livello internazionale sull'andamento delle temperature nel futuro (ferme restando le attuali condizioni delle emissioni e altre concause) indicano che al 2070 dovrebbe esserci un aumento generale ulteriore delle temperature medie, ma soprattutto delle massime. Dovrebbero aumentare un po' meno le temperature minime, anche se in questo caso c'è una forbice di incertezza più ampia. La cosa più importante è che aumenterà ancora la variabilità dei fenomeni. Quindi eventi di maggior caldo ed eventi di freddo più rari ma intensi. Quindi il trend degli ultimi 30 anni si potrebbe amplificare in futuro. Si potrebbero verificare aumenti di 1-1,5°C di temperatura media, considerando che l'area mediterranea è una area hotspot, cioè dove i cambiamenti climatici si verificano in modo più accentuato. La media mondiale di aumento della temperatura, dal 1980 è di 0,8°C, mentre in Italia è pari a 1,7 °C. Per quanto riguarda la tipologia delle gelate: le gelate avvelte sono generalmente invernali, cioè quando afflussi di aria fredda dal nord-est portano un abbassamento delle temperature negative principalmente sui rilievi. È vero che ultimamente anche in primavera abbiamo visto spesso la forma mista: prima arriva un'irruzione di aria fredda e poi segue qualche nottata serena e quindi subentra la componente di gelata per irraggiamento. La forma mista è la più frequente in collina, con una certa prevalenza di quelle per irraggiamento in pianura. Si può prevedere però che in futuro la componente avvelta potrà essere meno frequente in primavera, perché i flussi di aria fredda potrebbero giungere con più fatica nelle nostre zone visti i cambiamenti in corso.

I MEZZI DI AVVERTIMENTO DEL RISCHIO GELATA

a) Il servizio di previsione rischio da gelata e l'avvertimento: alert

1) L'Arpae Emilia-Romagna da una decina di anni ha messo a punto un modello che si basa sull'andamento tipico del raffreddamento notturno in caso di gelata radiativa, quando c'è un abbassamento che dipende molto dalle condizioni iniziali, cioè quelle del tramonto, in particolare temperatura e umidità, che da diversi studi sembrano le variabili che più influenzano il raffreddamento. È un modello puntuale, non distribuito, applicato attualmente a 5 punti rappresentativi delle aree frutticole: Vignola (MO), Granarolo Faentino (RA), Copparo (FE), Martorano (FC), Sasso Morelli (BO). Il servizio è disponibile alla seguente pagina: <https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/meteo/previsioni-meteo/previsioni-agrometeo/previsioni-gelate-tardive>



Fig. 1. Stazione meteo Aziendale

2) Appena si dispone dei dati del tramonto, si possono elaborare i dati di raffreddamento potenziale dell'aria che poi vengono inseriti nel sito. È una previsione a breve termine con la quale viene fornito anche il margine di incertezza che permette all'agricoltore di conoscere la probabilità di andare sotto 0 °C. Questo modello tiene però conto solo del raffreddamento potenziale ma non dell'eventuale effetto della ventilazione che può rimescolare gli strati d'aria. È un modello cautelativo, che fornisce cioè la peggiore delle ipotesi.

3) Una valutazione del rischio da gelata con anticipo di qualche giorno, basata sulle condizioni sinottiche previste, viene invece diffusa con avvisi tramite e-mail.

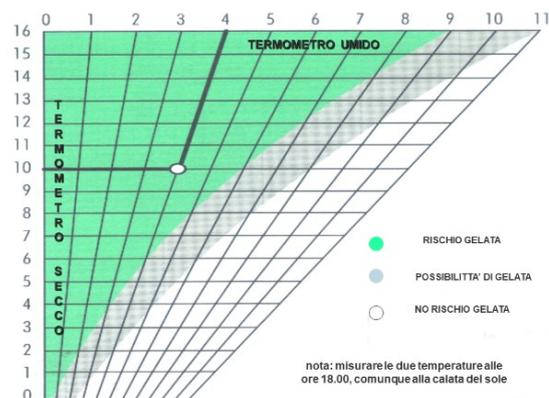


Fig. 2. Diagramma previsione gelata

b) Verifica tramite strumenti in campo

Il metodo più collaudato di previsione è quello della **verifica della differenza dell'andamento delle temperature, fra un termometro normale (bulbo asciutto) e un termometro a bulbo bagnato (tenuto inumidito con acqua).**

Le temperature vanno misurate nel campo soggetto a difesa antibrina, a partire dal crepuscolo (ore 18.00 e dintorni, ora solare) e per le diverse ore successive. I termometri vanno principalmente posti a 50-60 cm dal suolo.



Fig. 3. Termometro a bulbo umido

Se la differenza di valore fra i due termometri aumenta, in poche ore, di diversi gradi centigradi, significa che l'aria sta rapidamente perdendo umidità e con cielo sereno e assenza di vento, aumenta la probabilità di abbassamento termico sotto lo zero gradi centigradi, soprattutto verso il mattino successivo. **Conclusion: bisogna attivarsi per l'avvio della difesa antibrina, in relazione al sistema impiegato, già dalla tarda serata.**

Sono ovviamente impiegabili anche strumenti (termometri) derivati, come nodi da stazioni meteo aziendali e che saranno principalmente "sensori termometrici asciutti". Meglio ancora se dotati di "sensori termometri bagnati", alcuni presenti in commercio.

c) Altri servizi vari Alert Gelate

Esistono altri servizi di Alert gelate che sono messi a disposizione (come servizio alert) da enti pubblici riconosciuti o privati e che non si elencano per correttezza del diritto di concorrenza sul mercato commerciale. Sono rintracciabili su siti web, oppure per informazione tramite pubblicità diretta di chi li immette sul mercato. A parte i servizi alert erogati da vari Enti Pubblici e che sono ufficialmente a disposizione di tutti.

CAMBIAMENTI CLIMATICI E RISPOSTA FISIOLÓGICA DELLE PIANTE

Quello che si sta verificando negli ultimi inverni sono regimi termici che registrano temperature minime attorno allo zero e massime intorno agli 11-12°C. Entro questi intervalli (temperature e periodo) tutti i modelli più accreditati che calcolano il soddisfacimento del fabbisogno in freddo dicono che ogni giorno sono 24 ore che aggiungiamo a quel monte ore con cui noi esprimiamo il fabbisogno in freddo. Paradossalmente il problema nasce dai comportamenti di queste temperature. Temperature superiori o inferiori non completerebbero il fabbisogno. Quindi per una classica nettarina come Big Top, che ha un medio fabbisogno in freddo, di circa 600-650 ore, bastano 30 giornate. Si arriva perciò a metà gennaio con questo parametro già soddisfatto. Di lì in poi la dormienza si trasforma in eco-dormienza, cioè le gemme risponderanno alle temperature su stimolo degli apparati radicali. Se a ciò seguono mesi di febbraio con temperature miti, ecco che tutta la ripresa vegetativa, che è guidata dalle temperature, anticipa moltissimo. Nel 2020 al 15 febbraio, susini cino-giapponesi e peschi erano completamente fioriti con una sovrapposizione di fioritura che fa capire che quei calendari di fioritura che ci insegnavano una volta, per susino cino-giapponese, albicocco, pesco ecc., non valgono più. Questo è il quadro davanti al quale ci troviamo. Ovviamente, più prosegue lo sviluppo degli organi vegetativi più aumenta il grado di idratazione dei tessuti. Questo vuol dire che bastano temperature non troppo rigide, per provocare dei danni: con il congelamento si formano dei cristalli che lacerano le membrane che perdono la loro funzione di filtro, così è compromessa la funzionalità della cellula, quindi di un tessuto, quindi di un organo. Perciò andando avanti nella stagione aumenta la sensibilità a temperature sempre meno fredde. Nel 2023 la gelata principale in Emilia-Romagna si è verificata il 6 di aprile, ma due anni fa (2021) si verificò il 26 di aprile. Così avanti nel tempo ce ne sono state raramente. Il 26 di aprile 1 grado sottozero è letale per molte specie. In questo periodo nei tessuti l'acqua rappresenta l'85% in peso. Il tipo di gelata inoltre è importante: andrebbe considerata la difesa in funzione del tipo di gelate che si verificano con maggiore frequenza. La temperatura minima di -8°C raggiunta il 6 aprile 2023 fa pensare, per esempio, a dei fronti freddi, e a dei cunei freddi rispetto ai quali la difesa con sistemi che funzionano in condizioni di gelate per inversione termica hanno dei limiti di funzionamento.

METODI DI DIFESA

In relazione alla **maggiore sensibilità delle piante al momento della gelata**, per via delle fasi fenologiche di rottura gemme ed oltre già in essere al momento dell'evento, sul territorio dell'Emilia-Romagna le specie arboree più sensibili sono, in ordine decrescente di rischio: **mandorlo, albicocco, actinidia, pesco (percoche, pesche e nettarine), ciliegio, susino, pero, melo e vite**. L'ordine indicato tiene ovviamente anche conto del periodo nel quale la specie rompe le gemme e/o entra in fioritura ed oltre. La vite è (non sempre) la specie meno a rischio perché fra quelle indicate è l'ultima a germogliare in primavera. Attenzione però che nel 2021 la vite era già a germoglietto in essere al momento dei fenomeni gelivi e quindi ha subito in diversi casi danni significativi. Nel 2022 e in particolare nel 2023 era a sua volta in anticipo di rottura gemme e primo germogliamento. Ancora da verificare appieno il comportamento delle diverse varietà di noce da frutto, coltura entrata in coltivazione da alcuni anni in regione.

ACQUA, SOTTO FORMA DI PIOGGIA SOPRACHIOMA

Fonda i suoi presupposti sul principio che bagnando in continuo la pianta la cessione del calore dell'acqua (che si trova a temperatura di almeno 7-8 °C sopra zero, soprattutto se da fonti sotterranee) e il suo **raffreddamento fino al congelamento, assorbono l'abbassamento termico del germoglio/fiore/frutticino e lo mantengono di poco al disotto della temperatura di 0° C. Ogni grammo d'acqua che congela libera 80 calorie.**

Richiede molta attenzione nella corretta progettazione dell'impianto, per uniformare la bagnatura sull'appezzamento e non ammettere errori grossolani nella gestione. Se l'impianto si ferma durante l'erogazione, cessa ovviamente l'apporto di calorie dovuto al congelamento dell'acqua.

In questo caso il danno potrebbe essere superiore a quello che si registrerebbe in assenza del sistema antibrina. Si impiegano soprattutto irrigatori a schiaccio, di tipologie predisposte appositamente per la gestione "pioggia antibrina", usati poi anche per l'irrigazione a pioggia soprachioma. Può essere anche basato sull'impiego di minirrigatori posizionati sul filare, per bagnare direttamente solo gli stessi. Sono in fase di verifica anche irrigatori a intermittenza (denominati pulsar) in grado di ridurre i volumi d'acqua erogati con pari risultato d'efficienza ed efficacia rispetto a quelli già conosciuti. Occorre fare molta attenzione che nella fase di intermittenza (quella non erogante) non ci sia congelamento dell'acqua nell'irrigatore o nei tubi.



Fig. 4. Impianto a pioggia soprachioma

I fondamenti del metodo a "pioggia soprachioma" sono:

1. Coprire uniformemente tutte le parti della pianta, soprattutto quelle già in vegetazione/fioritura, per formare uno strato di ghiaccio continuo che riduce l'abbassamento termico degli organi già in vegetazione (si aggiunge poi l'effetto positivo del calore ceduto all'ambiente dall'acqua che congela sul suolo, meglio se inerbito);
2. Mantenere l'uniformità di bagnatura su tutti gli organi in vegetazione per evitare rischi di concentrazione di ghiaccio su parti differenti fra loro;
3. Bagnare continuamente la pianta e quindi mantenere entro l'intervallo di 1 minuto la rotazione degli irrigatori, meglio ancora entro i 30-40 secondi;
4. Utilizzare un tipo pioggia diffusa (acqua allo stato di pioggerella), ma non nebulizzata;
5. **In base alle esperienze realizzate, la quantità di acqua deve essere pari, almeno, a 3,5 - 4,5 mm/ora, in particolare per l'actinidia; la pressione all'ugello è correlata alle caratteristiche del tipo impiegato, comunque fra 3,0 - 3,5 atmosfere (atm), in relazione alle tabelle di funzionamento. In verifica la riduzione dei volumi orari erogati (per risparmio idrico), ma con risultati variabili fra le colture, le fasi fenologiche al momento dell'evento, ecc...**
6. **Non bisogna attivare il sistema in presenza di vento o di brezza** che disturbi l'obiettivo della bagnatura uniforme e continua degli organi in vegetazione. Anche perché la brezza o vento, oltre a spostare la pioggia, assorbe calore dall'ambiente circostante;
7. Bagnare uniformemente e con quantità un poco più consistenti la parte di bordo degli appezzamenti perché l'azione di congelamento dell'acqua attira aria fredda esterna all'appezzamento verso quest'ultimo.
8. **La protezione della parte bagnata, in condizioni ottimali d'impianto e d'uso, permette di sopperire a temperature minime scese a minime di - 8 °C.** Fatto salvo che la parte vegetale non sia già in stato di discreto accrescimento, come nel caso dei germogli di actinidia, per cui esista il rischio di formazione di troppo ghiaccio sui germogli.
9. L'acqua distribuita ha come effetto aggiunto anche quello di aumentare l'umidità ambientale del campo.
10. La pianta bagnata aumenta la sua sensibilità al freddo e quindi occorre fare attenzione ad eventuali nottate successive, a rischio gelata, dopo la prima. La pianta potrebbe essere già stata bagnata da pioggia meteorica anche prima della prima notte di gelata.

Per una gestione corretta dell'impianto e del sistema:

1. Occorre **far partire l'impianto con una temperatura non inferiore a +0,5 °C** (misurata dal **termometro bagnato**);
2. È necessario **fermare l'irrorazione quando la temperatura è sopra gli 0 °C (1-2 gradi °C, termometro asciutto esterno all'appezzamento)** o dopo il sorgere del sole (in presenza di ghiaccio occorre attendere che si sciogla almeno per il 75 - 80%, specialmente su actinidia e vite);
3. È opportuno fare attenzione alla maggior perdita di calore al sorgere del sole causata dall'evaporazione del ghiaccio formato in superficie, quindi aver puntato alla massima uniformità di bagnatura del frutteto;

4. Bisogna porre la **massima attenzione all'inizio dell'irrigazione nelle notti successive alla prima** perché la vegetazione bagnata nelle notti precedenti è più sensibile al freddo rispetto a quella asciutta;
5. **Non si deve azionare l'impianto con velocità del vento superiore a 3-4 mt/sec;**
6. È necessario curare il drenaggio del suolo per velocizzare la dispersione superficiale e la percolazione dell'acqua dopo lo scongelamento e ridurre quindi al minimo il rischio di successivi danni da asfissia radicale;
7. Curare le parti dinamiche dell'impianto, in particolare per quelli che hanno in azione motopompe a gasolio/benzina o pompe elettriche. Per **evitare le interruzioni di funzionamento che provocherebbero danni peggiori.**
8. Porre attenzione alla dimensione dello strato di ghiaccio che via via si forma, soprattutto su piante in avanzata formazione germogli, perché il peso del ghiaccio può romperli.

Il problema del sistema sopra chioma sono i **consumi di acqua**. Con sesti di impianto per gli irrigatori utilizzati di 14 x 16, con rotazione degli irrigatori minore di 1 minuto, portate che vanno da 3,5 a 4,5 mm/ora, abbiamo fino a 50 m³/ha/ora tenuto conto della sovrapposizione di parte delle aree bagnate. Nell'ipotesi che siano attivati per circa 8 ore in una nottata, si hanno consumi di 400m³/notte.

Gli **irrigatori pulsar** a basso consumo di acqua, dalla recente esperienza della Fondazione Mach di San Michele all'Adige non forniscono ancora risultati particolarmente incoraggianti. Soprattutto per le gelate con temperatura molto basse. I sistemi a impulso vanno bene, consumano meno acqua dal 30-50% in meno ma non arrivano a proteggere temperature sotto -3°C. A temperature inferiori cominciano a congelarsi e quindi perdono la loro funzionalità.

Si stanno mettendo a punto anche impianti a file strette con micro-irrigatori che bagnano a striscia, appunto per ridurre i volumi. Una esperienza interessante è stata fatta in un impianto in zona Romagna, dove su albicocco, quest'anno la temperatura è scesa a -5,7°C. Con piovosità di 3,8-4mm/ora, cioè leggermente inferiore ai sopra chioma classici, i risultati sono stati soddisfacenti.

ACQUA, SOTTO FORMA DI PIOGGIA SOTTOCHIOMA

Fonda i suoi presupposti sul principio che bagnando la superficie sotto la pianta (da mantenere preferibilmente inerbita e magari con i residui di potatura per aumentare le aree di bagnatura dell'acqua) **il congelamento dell'acqua libera calore nell'aria circostante che alzerà la temperatura della stessa fino a riportarla verso 0 °C, con differente gradiente verso l'alto.** Cessione di 80 calorie a grammo di acqua, nel passaggio dalla fase liquida a quella solida.

La fase di gestione è molto meno delicata di quella della pioggia soprachioma e anche se l'impianto



Fig. 5. Impianto antibrina sottochioma e reti

dovesse funzionare in modo irregolare per qualche ragione tecnica e/o di impiantistica, questo metodo non peggiora la situazione rispetto a quella di un testimone, perché il sistema non bagna le parti vegetanti delle piante.

Si deve garantire che il calore sviluppato porti la temperatura dell'ambiente ad un valore maggiore rispetto a quello che crea danno a quella specie in quella precisa fase fenologica, per esempio: se il pesco in fioritura resiste ad una temperatura minima di $-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, è necessario che l'impianto sottochioma sviluppi una quantità di calore che mantenga la temperatura sopra quel valore.

antigrandine



Fig. 6. Impianto sottochioma in azione

In caso di gelata per "avvezione" o "mista" si può determinare qualche difficoltà di risalita del calore verso l'alto, a causa della contrastante discesa verso il basso dell'aria fredda degli strati più alti. È quindi possibile che la protezione diminuisca dal basso verso l'alto con intensità più o meno elevata (si veda grafico a fianco). Attenzione: una leggera brezza può spostare la massa di aria calda che si è formata, dall'intero all'esterno dell'appezzamento in protezione (1,5 - 2,0 m/s);

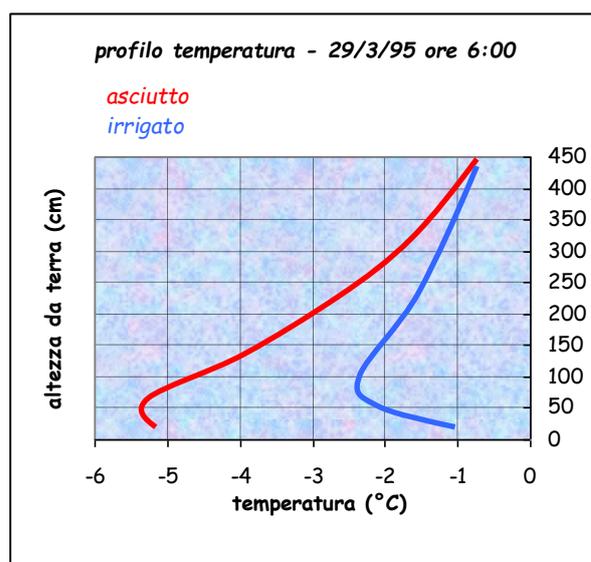


Fig. 7. Variazione del profilo delle temperature per effetto dell'irrigazione antibrina sottochioma, rispetto alla zona non protetta.

I fondamenti del metodo sottochioma sono i seguenti:

1. Formare sul suolo la maggior quantità di ghiaccio possibile, senza dispersione di acqua non gelata per drenaggio o scorrimento superficiale, onde sviluppare nell'ambiente tutte le calorie possibili;
2. **Evitare la nebulizzazione**, perché l'acqua nebulizzata tende ad evaporare per compensare la mancanza di umidità atmosferica e in questo modo sottrae calore all'ambiente invece di cederlo.
3. Più elevata è la superficie di bagnatura sul suolo e maggiore è la quantità di ghiaccio formato (di conseguenza è maggiore lo sviluppo di calore). In questo caso è **più funzionale un inerbimento non sfalcato** rispetto ad un terreno nudo, magari in presenza dei tagli di potatura;

4. Il calore che si forma cerca di salire verso l'alto e **l'effetto di aumento di temperatura è massimo nei primi metri in altezza del frutteto/vigneto**, con valori di recupero intorno a 2-3 °C. Per cui se la minima che si raggiunge verso l'alba è inferiore ai -4,5/5,0 °C, l'efficienza del sistema può essere in parte inferiore a quella della pioggia soprachioma. La protezione delle gelate per irraggiamento, quindi risulta buona fino **-3-4 °C**. Se c'è una gelata mista con fenomeni di avvezione con spostamenti di aria fredda importanti, durante la notte, ci potrebbero essere dei limiti, come già evidenziato, per cui oggi si sta studiando il sopra chioma con impianti pulsanti, soprattutto nei frutteti in parete che limitano la distribuzione della gittata dell'acqua localizzandola sulla fila, limitando la pluviometria a 3 mm, non andando oltre ai 4-4,5 necessari nel sopra chioma tradizionale. Alcune ditte stanno sviluppando anche, nel sopra chioma, irrigatori che lavorano a bassa pressione, circa 1,5 atmosfere. Può essere un impianto da integrare all'irrigazione a goccia implementandola per le gelate primaverili. L'altro grande problema è la disponibilità di acqua. Il canale Emiliano Romagnolo, da oltre 20 anni, anticipa la partenza della stagione irrigua al 1° marzo, con una dotazione tale da garantire la distribuzione dell'acqua ai Consorzi di Bonifica che la richiedono per l'irrigazione antibrina. Ovviamente allo stato attuale del potenziale d'acqua del CER è impossibile servire tutte le aziende (anche solo frutticole e viticole) che avessero bisogno di sistemi che ricorrono all'acqua.
5. Con carenza d'acqua alla fonte o bassa portata oraria dell'impianto si può prevedere il funzionamento dell'impianto a settori, ma occorre una certa sicurezza che comunque la quantità di calorie immessa nell'ambiente mantiene la temperatura al di sopra del limite di sensibilità della fase fenologica in atto. Ultime esperienze sconsigliano di usare questa modalità perché nella fase di sosta dei settori in alternanza di erogazione potrebbe formarsi ghiaccio negli irrigatori fermi o nelle condotte.
6. **La "nebulizzazione" del frutteto/vigneto, per aumentare l'umidità ambientale a fini di una riduzione dell'abbassamento termico notturno**, è un altro concetto di difesa antibrina. In pratica prevede di aumentare l'umidità ambientale, cosa non facile e spesso non sufficiente se le minime notturne vanno ampliamento sotto i zero gradi centigradi. Fenomeni di funzione antibrina in tal senso sono stati visti nelle aree prospicienti il Canale Emiliano Romagnolo (pieno di acqua), grazie all'evaporazione di acqua dalla sua superficie che generalmente si trova a diversi gradi sopra lo zero, nel periodo gelate tardive. L'impianto che determina nebulizzazione dell'acqua può essere funzionale all'effetto antibrina quando l'umidità dell'aria è già discreta (in questo caso però ci sono già implicitamente meno rischi di gelata) e quando l'impianto, fatto partire con discreto anticipo rispetto all'abbassamento termico (+2/+3 °C), riesce ad alzare anticipatamente l'umidità dell'aria del frutteto e a mantenerla tale per tutto il periodo dell'evento. Modalità più complessa da gestire e quindi consigliato con riserva nelle nostre aree.

Per una gestione corretta dell'impianto e del sistema:

1. **Messa in funzione dell'impianto quando ci sono le condizioni perché l'acqua geli, quindi con la temperatura del termometro a bulbo umido non sotto + 0,5 °C**; in condizioni di ambiente predisposto a gelata notturna, il termometro a bulbo bagnato rileva infatti già, in confronto a quello a bulbo asciutto, temperature inferiori;
2. È necessario bagnare tutta la superficie possibile del frutteto, quindi è meglio sistemare i minirrigatori su tutte le file;
3. Occorre utilizzare un tipo di pioggia diffusa (acqua allo stato di piovgerella), ma non nebulizzata;

4. Sulla base dell'esperienza già acquisita, **la quantità di acqua deve essere pari ad almeno 2,0 - 2,5 mm/ora**; non è necessario alzare troppo la quantità perché comunque l'acqua deve gelare per svolgere calore e non percolare nel terreno se in esubero. Meno se ne disperde è meglio è.
5. Il sesto di montaggio degli irrigatori deve variare in funzione della gittata, della pressione, della portata e del tipo di gocce. Possibilmente per bagnare l'intera superficie sottesa. Mantenedo uniformità di bagnatura (in quantità e modalità) sull'intero appezzamento sotto difesa.
6. **L'impianto deve rimanere in funzione fino a che la temperatura esterna non risale sopra gli 0°C**, anche di poco, del termometro asciutto; infatti oltre, l'acqua distribuita non gela più;
7. Controllare il corretto funzionamento dei mini irrigatori, per non rischiare, dovessero per qualche ragione, smettere di funzionare causa ghiacciamento. Magari per pressione di funzionamento troppo bassa;
8. Attenzione ad un **controllo meticoloso del sistema filtrante** di cui sono dotati questi impianti, perché in certe condizioni di "acqua sporca" in passaggio o accumulo del filtrato, si può avere congelamento negli stessi e/o nelle condotte del sistema.

IL PROBLEMA DELLA DISPONIBILITÀ DI ACQUA

I consorzi di Bonifica di 2° grado e il CER hanno il compito di portare le risorse idriche dentro l'azienda. Oggi gli impianti di gestione idrica dei Consorzi di Bonifica e del CER distribuiscono l'acqua per l'irrigazione estiva ma non riescono a garantire l'acqua per tutti gli impianti antibrina, se questi fossero molti nella fascia d'interesse percorsa dal CER o dai canali di bonifica. L'acqua sarebbe insufficiente anche se si facesse ricorso a quella di vari fiumi. Mentre in Trentino c'è la disponibilità quasi illimitata dell'Adige, per il momento, in Romagna la situazione è differente, anche se prevale il sottochioma con consumi inferiori rispetto al soprachioma, attestati sui 24 m³/ora/ha. Per sopperire alla carenza d'acqua si può intervenire in parte con la realizzazione di laghetti aziendali o interaziendali, che raccolgano acqua autunnale e invernale, costituendo riserva sia per usi sistemi antibrina o irrigazione primaverile-estiva.

TORRI A VENTO, CON FUNZIONE ANTIBRINA

Le ventole con funzione antibrina sono costituite, in genere, da una torre alta 10m con una pala di 6 metri. La motorizzazione può essere sia con motore diesel che a gpl, di potenza in generale intorno ai 230-240 CV.

La protezione dalle brinate **basata sul rimescolamento dell'aria, parte dalla constatazione che durante le gelate per irraggiamento il raffreddamento dell'aria a contatto con la superficie del suolo e delle piante è più accentuato di quello degli strati superiori**, per effetto della discesa e compressione degli strati d'aria freddi, più pesanti. La capacità dei ventilatori antibrina di aumentare la temperatura nel frutteto dipende da diversi fattori, ma si può considerare che il risultato massimo ottenibile in termini di innalzamento termico corrisponda alla media tra la temperatura rilevata al suolo e quella dell'aria più calda degli strati soprastanti, spinti in basso dal ventilatore. Se la differenza tra le temperature degli strati che si intende miscelare è uguale o inferiore a 1 °C, dalle esperienze acquisite ad oggi risulta che non conviene avviare i ventilatori.

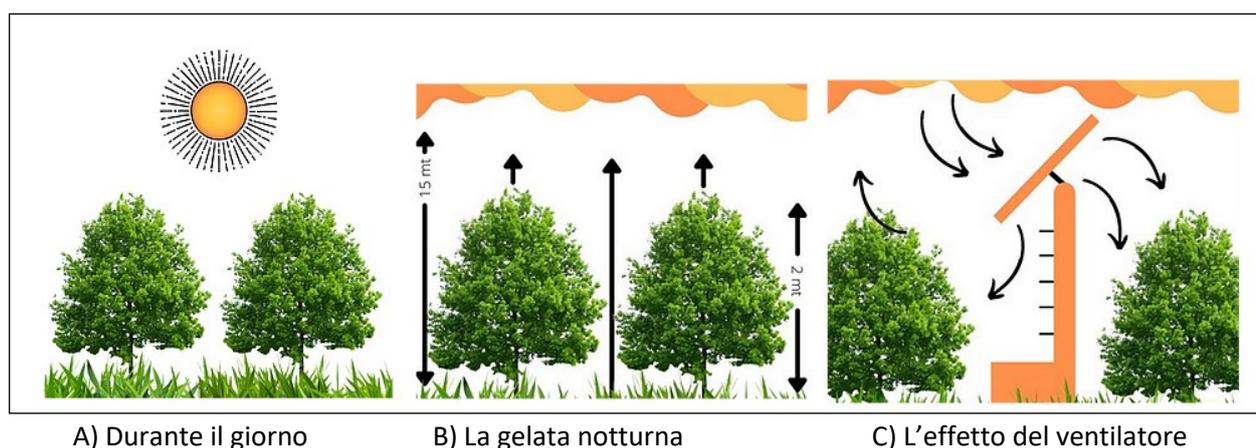


Figura 8. Schema di funzionamento del ventilatore antibrina (fonte: AID, 2021).

Quando si avvia il ventilatore si può indurre una rapida evaporazione sulla superficie della vegetazione e provocare una gelata per evaporazione. Più è secca l'aria, maggiore è il rischio di evaporazione dell'acqua dalla superficie della nuova vegetazione (foglie, fiori, frutticini), con ulteriore abbassamento della temperatura degli organi vegetali. In queste condizioni, **per evitare possibili danni alla partenza della ventilazione si consiglia di avviare il ventilatore quando il termometro bagnato indica valori di 3-4 °C al**

disopra della soglia considerata critica per la coltura (si veda tabella in Allegato). Data la facilità con cui si può avviare il ventilatore si consiglia di iniziare la protezione con un leggero anticipo per ridurre il più possibile eventuali situazioni di rischio. È importante tenere presente che non si deve avviare il ventilatore quando il vento supera la velocità di 3-4 metri/sec (soprattutto con gelate per “avvezione” o “miste”). Il ventilatore verrà fermato quando la temperatura, rilevata su un termometro bagnato, posto fuori dalla zona protetta, raggiunge valori positivi.

In base alle esperienze acquisite fino ad oggi occorrono due condizioni importanti per favorirne l’efficacia: aria calda in alto da riportare in basso e abbassamento termico non troppo forte e lungo. Caso soprattutto delle “gelate per irraggiamento”.

In fase di predisposizione valutare il possibile l’impatto ambientale dovuto al rumore, se le ventole sono azionate da motori endotermici. Oltre ovviamente al rumore delle ventole in movimento.

Per una gestione corretta dell’impianto e del sistema:

- **Disposizione dei ventilatori:** in base al disegno del frutteto e alla direzione di un’eventuale brezza in corso durante la nottata. In generale n. 1 ogni 2,5-3,0 ettari. Questi sono consigli proposti da costruttori e utilizzatori esteri e anche italiani. Diversi costruttori indicano valori anche più alti di superficie protetta per un ventilatore. Dipende dalle modalità costruttive della macchina e delle ventole. Da ricordare però che ogni manifestazione di gelata primaverile è fine a sé stessa per caratteristiche fisico/climatiche e può essere di modalità ed intensità diversa da zona a zona.
- **Azionamento: con temperatura sopra i 0 °C (0,5 - 1,5 °C) misurata a 1,0 - 1,5 metri da terra, dal termometro bagnato. Consiglio: 3 - 4 °C sopra la soglia critica della fase fenologica in corso.**
- Non azionare quando il vento supera i 3-4 metri/sec perché l’aria è già in rimescolamento.
- **Fermare quando la temperatura fuori area coperta ritorna sopra i 0 °C (termometro bagnato, posto dentro o fuori l’area protetta).**
- Risultati in Emilia-Romagna e per impiego su actinidia. È stato verificato in vari anni un recupero di 1,2 - 2,1 °C a partire da minime variabili fra - 3, - 4 °C in differenti fasi fenologiche: gemma gonfia, gemma rotta, germoglio a 5 cm o 10 cm. Altre osservazioni indicano risultati di maggior performance nell’innalzamento della temperatura, ma abbastanza variabili in relazione all’intensità del fenomeno.
- In presenza di gelate di tipo “avvezione” e/o “miste” i risultati possono essere minori o in alcuni casi peggiorativi, se la ventola dovesse rimescolare aria fredda in alto e portarla poi anche in basso.

Nel marzo del 2020, in diverse aree della regione Emilia-Romagna, si sono verificate una serie di notti gelide. In totale 15 notti durante le quali la componente gelida derivante da una corrente fredda in quota era dominante. Il 24 marzo 2020 alle 18 la temperatura era già prossima agli 0°C con germogli nella actinidia di 4-5 cm e le drupacee in piena fioritura. Il tetto termico era intorno ad 1°C fino alle ore 24 circa, successivamente il perdurare del freddo in quota ha peggiorato le condizioni con una temperatura del tetto termico di - 1°C e una temperatura a mezzo metro dal livello di campagna di - 2°C sotto ventola e di 5,7 °C fuori ventola. Nonostante tutto la temperatura a 1,7 metri è rimasta a 0,8°C sopra zero evitando il congelamento dei tessuti vegetali e salvando i germogli e i fiori. La superficie coperta dalla macchina però si è ridotta notevolmente a causa del freddo intenso e a causa della durata dell’evento di circa 12 ore. I costruttori, per la tipologia di ventole sopra indicate, indicano una copertura efficace di circa 3 ha, ma nel

caso di più macchine (batteria) l'azione simultanea delle ventole può migliorare l'azione di protezione delle piante.

VENTILATORI MOBILI E A BASSO IMPATTO ACUSTICO

Alcuni comuni considerando che i frutteti sono molto vicini ai centri abitati, non autorizzano l'impiego di ventole, oppure i vincoli normativi sono tali che è difficile avere l'autorizzazione. Oggi sono comunque in produzione motori con schermatura antirumore e ventole meno rumorose di quelle del passato.

Sono attualmente disponibili modelli con eliche più corte e con maggior numero di pale, soluzioni che limitano la rumorosità rispetto alla tipologia più comune.

Esistono poi modelli di ventilatori mobili che possono essere spostati da un appezzamento ad un altro così da poterli usare in più momenti in base alla specie e alla fase fenologica sensibile al gelo nel momento in cui esiste il rischio.



Foto 9. Ventolone

“CANDELE”, A PARAFFINA O PELLET LEGNA, GENERATORI DI CALORE IN FUNZIONE ANTIBRINA

Le “candele”, chiamate anche “bugie” dalla nomenclatura francese, sono contenitori in metallo (bidoni) che bruciano paraffina (tipi più usati sono da 5 - 10 Kg) oppure pellets di legna. **Vanno disposti sull’apezzamento in modo regolare, in misura di 300-500 ad ettaro e la funzione è semplicemente quella di generare calore dalla combustione del comburente che si espande all’intorno alzando la temperatura per tenerla intorno o sopra i 0° C;** un “bidone” di paraffina da 10 Kg può funzionare 2-3 notti, in relazione al numero di ore di attività.



Fig. 10. Candele calorifere

Per cercare la maggior efficienza economica del sistema si possono “accendere” i bidoni **a gruppi di 100 alla volta**, sempre coprendo omogeneamente l’intera superficie da proteggere, **a partire dalla sera in cui la temperatura si avvicina a 0°C e continuando nella notte fino ai 300-400 per ettaro**, in funzione del controllo e verifica degli abbassamenti di temperatura all’esterno del campo e del mantenimento sopra i 0 °C all’interno. **200 bruciatori/ha sembrerebbero sufficienti per avere un’ottima protezione. Inizio accensione con temperature di 2-3 °C sopra zero del termometro bagnato. Le candele si spengono quando la temperatura del termometro asciutto (esterno al frutteto/vigneto) torna sopra i 0 °C.**

I costi del sistema, materiali e impegno manodopera, sono elevati e l’aumento del prezzo del pellet li ha incrementati ulteriormente. Il sistema va quindi preventivamente definito con il proprio tecnico e/o fornitore. È un mezzo di difesa che si usa soprattutto quando non si riescono ad utilizzare altri mezzi: piccoli appezzamenti, perimetri irregolari o aree “in punta”.

BRUCIATORI/FROSTBUSTER (DIFFUSORI DI CALORE IN MOVIMENTO) O DIFFUSORI DI VAPORE CALDO A LIVELLO DEL SUOLO

Sono macchine mobili trainate da un trattore o portate. Secondo alcuni costruttori le loro macchine coprono la superficie di circa 6-10 ha. Girando con il trattore lungo le fila del frutteto/vigneto il ventilatore spinge l’aria calda generata dal “combustore” ad una certa distanza, che può essere di 40-50m per ogni lato. Ogni 8-10 minuti si passa nello stesso punto. La presentazione tecnica di diversi tipi di queste macchine indica che **funzionano con la “transizione di fase”. In pratica sfruttando la formazione di brina che libera molta energia calorifica che serve per proteggere le piante.** Un vantaggio di questi sistemi è quello di essere un sistema mobile. In alcuni casi, sempre secondo il parere di vari costruttori, può migliorare l’allegagione a differenza dei sistemi ad acqua e ovviamente può essere usato dove non c’è disponibilità di questa.

In generale il bruciatore è alimentato a gpl (gas propano liquido) che riscalda l’aria a 80-85°C. Oppure si usa

materiale solido (balle di legno di risulta) soprattutto quelli che producono vapore tramite caldaia, da diffondere in ambiente. L'aria calda viene diffusa nel frutteto tramite 2 bocche laterali. Occorre tornare il più frequentemente possibile su ogni punto "in riscaldamento" dell'appezzamento, per cui se la velocità è intorno ai 6-7 km ora, si torna sullo stesso punto ogni 25 minuti, se la superficie è di un ettaro. Bisogna, possibilmente, tornare sul punto precedente, anche solo in 8-12 minuti. Perciò uno dei punti di criticità è proprio il tempo elevato richiesto all'operatore per il periodo di rischio. Nel caso dei diffusori di vapore acqueo che deve costituire una "barriera" protettiva all'abbassamento termico nelle parti basse del frutteto/vigneto, la superficie coperta da una macchina è dichiarata maggiore dai costruttori, ma servono ancora osservazioni sul campo del metodo. La presenza di termometri in vari punti dell'appezzamento gestito, per verificare l'andamento della temperatura (altezza: 50-100 cm da terra) è funzionale alla gestione. Anche in questo caso, come per le torri a vento occorre fare attenzione ai rumori di disturbo alla quiete pubblica, generati dal sistema in movimento durante la notte. Ovviamente le esperienze con questo sistema sono molto legate alle caratteristiche della macchina impiegata e alla sua capacità calorifera. Vanno anche valutati attentamente sia le modalità di funzionamento che i costi.

PROTEZIONE CON LE RETI ANTIGRANDINE TRADIZIONALI

Ovviamente **aperte, in generale è stato verificato un recupero di 1,0-1,3 °C sotto le stesse, ma questo valore dipende dal tipo di gelata (intensità e modalità, durata)**. Con eventi meteo predisponenti alla gelata, mantengono un grado di umidità maggiore all'interno del frutteto/vigneto che riduce in parte l'abbassamento termico. Presenti in genere per la funzione antigrandine, in diversi casi vengono aperte anche dove esistono già sistemi antibrina diversi. Per aumentare l'effetto di riduzione di potenziali danni dalla gelata. La chiusura anche laterale delle reti contiene inoltre lo spostamento delle masse d'aria fredda nel caso di una gelata mista.

PROTEZIONE CON LE RETI ANTIPIOGGIA

Vale quanto detto in relazione alle reti antigrandine, con **ulteriore vantaggio sul mantenimento di un certo ambiente umido** interno nel frutteto/vigneto, che mitiga la caduta di temperatura. L'efficacia però è da verificare in relazione alla modalità (intensità, durata) della gelata.

INTERVENTI ALLE COLTURE

Per tutti quei mezzi/metodi, molto "estemporanei" (ritardanti della ripresa vegetativa, protettivi della vegetazione, ecc.), **non ci sono ancora significativi risultati positivi (con riscontri oggettivi confrontabili) degni di consigliarne lo sviluppo su ampia scala e di facile applicazione**. Anche se nascono da valutazioni scientifiche che si possono considerare funzionali, soprattutto per ridar vigore alla pianta nel post fenomeno gelata che abbia determinato danni parziali, dalle verifiche svolte fino ad oggi si è visto di tutto, ma senza correlazione positive tali da definire una linea tecnica possibile. Diversi prodotti sono impiegati anche in previsione del fenomeno gelata con l'ipotesi di aumento della maggior resistenza fisiologica dell'organo vegetante. Per ora i risultati sono da studiare, viste le molteplici e complicate variabili in gioco.

ALLEGATI:

1. Tabella orientativa delle temperature critiche delle principali piante da frutto- Snyder at al., 2005

SPECIE	STADIO FENOLOGICO	10% DANNO	90% DANNO
Albicocco	Gemma rigonfia	- 4,3 °C	- 14,4 °C
	Calice visibile	- 6,2 °C	- 13,8 °C
	Inizio fioritura	- 4,9 °C	- 10,3 °C
	Piena fioritura	- 4,3 °C	- 6,4 °C
	Scamiciatura	- 2,6 °C	- 4,7 °C
	Ingrossamento frutto	- 2,3 °C	- 3,3 °C
Ciliegio	Gemma rigonfia	-11,1 °C	- 17,9 °C
	Bottoni visibili	- 2,7 °C	-6,2 °C
	Separazione dei bottoni	- 2,7 °C	-4,9 °C
	Inizio fioritura	- 2,8 °C	- 4,1 °C
	Piena fioritura	- 2,4 °C	- 3,9 °C
	Allegagione	- 2,2 °C	- 3,6 °C
Pesco	Gemma rigonfia	-7,4 °C	- 17,9 °C
	Calice visibile	- 6,1 °C	-15,7 °C
	Corolla visibile	- 4,1 °C	- 9,2 °C
	Inizio fioritura	- 3,3 °C	- 5,9 °C
	Piena fioritura	- 2,7 °C	- 4,4 °C
	Caduta petali	- 2,7 °C	- 4,9 °C
	Scamiciatura	- 2,5 °C	- 3,9 °C
Susino	Gemma rigonfia	- 11,1 °C	-17,2 °C
	Bottoni visibili	- 8,1 °C	- 14,8 °C
	Bottoni bianchi	- 4,0 °C	-7,9 °C
	Inizio fioritura	- 4,3 °C	- 8,2 °C
	Piena fioritura	- 3,1 °C	- 6,0 °C
	Caduta petali	- 2,6 °C	- 4,3 °C
Pero	Apertura gemme	- 8,6 °C	- 17,7 °C

SPECIE	STADIO FENOLOGICO	10% DANNO	90% DANNO
Melo	Mazzetti fiorali	- 4,3 °C	- 9,6 °C
	Mazzetti divaricati	- 3,1 °C	- 6,4 °C
	Inizio fioritura	- 3,2 °C	- 6,9 °C
	Piena fioritura	- 2,7 °C	- 4,9 °C
	Caduta petali	- 2,7 °C	- 4,0 °C
	Gemma d'inverno	-11,9 °C	-17,6 °C
	Rottura gemma	- 7,5 °C	-15,7 °C
	Punte verdi	- 5,6 °C	- 11,7 °C
	Orecchiette di topo	- 3,9 °C	- 7,9 °C
	Mazzetti affioranti	- 2,8 °C	- 5,9 °C
	Bottoni rosa	- 2,7 °C	- 4,6 °C
	Apertura fiore centrale	- 2,3 °C	- 3,9 °C
	Piena fioritura	- 2,9 °C	- 4,7 °C
Vite	Allegagione	- 1,9 °C	- 3,0 °C
	Gemma cotonosa	- 10,6 °C	- 19,4 °C
	Punta verde	- 6,1 °C	- 12,2 °C
	Apertura gemme	- 3,9 °C	- 8,9 °C
	Prima foglia	- 2,8 °C	- 6,1 °C
	Seconda foglia	- 2,2 °C	- 5,6 °C
	Terza foglia	- 2,2 °C	- 3,3 °C
	Quarta foglia	- 2,2 °C	- 2,8 °C
Actinidia	Gemma dormiente		- 18,0 °C
	Germogliamento		- 3,0 °C
	Inizio accrescimento		- 2,0 °C
	Foglie espanse		- 1,5 °C
	Bottoni fiorali distinguibili		- 1,0 °C

2. Tabella riepilogativa delle modalità di funzionamento consigliate per i vari sistemi

Sulla base delle informazioni raccolte, confrontando le diverse esperienze riscontrate sul territorio dell'Emilia-Romagna, pur considerando la particolarità del fenomeno gelate, qui si riassumono le modalità di inizio/fine attivazione degli impianti sopra illustrati.

METODO DI DIFESA	QUANDO ATTIVARE (T° in °C)	TERMOMETRO A BULBO ASCIUTTO/BAGNATO	QUANDO INTERROMPERE (T° in °C)	TERMOMETRO A BULBO ASCIUTTO/BAGNATO
Acqua a soprachioma pioggia	0,5	Bagnato	1,0-2,0	Asciutto
Acqua a sottochioma pioggia	0,1-0,2	Asciutto	0,2-0,3	Asciutto
Ventole	0,5-1,5 oppure (3,0-4,0 sopra soglia critica fase fenologica)	Bagnato	0,1-0,5	Bagnato
		Bagnato	0,1-0,5	Bagnato
Candele per calore ambientale	2-3	Bagnato	0,1-0,5	Asciutto
Bruciatori in movimento per calore ambientale	2-3	Bagnato	0,1-0,5	Asciutto

Note importanti:

- L'allerta rischio gelata va messo a fuoco soprattutto la sera precedente l'ipotesi del verificarsi del fenomeno, **seguendo gli "alert"** (esempio, quello dell'Arpae Emilia-Romagna, al sito <https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/meteo/previsioni-meteo/previsioni-agrometeo/previsioni-gelate-tardive>).
- Oppure **monitorando la differenza di temperatura** fra termometro a bulbo bagnato e termometro a bulbo asciutto, dalla scomparsa del sole (circa dalle 18.00, orario solare) a seguire per 3-4 ore. Se la differenza aumenta, via via, di 2-3-4-5 °C significa che con cielo sereno e assenza di vento, l'umidità dell'aria è in forte diminuzione e quindi aumenta il rischio di gelata notturna.
- I sistemi di difesa, **basati sull'impiego dell'acqua, vanno azionati in assenza di vento**, in particolare il soprachioma.
- Per i sistemi con distribuzione **dell'acqua sottochioma, controllare attentamente la pulizia continua dei filtri**, onde evitare blocco del funzionamento regolare del sistema.
- Se la gelata prevista è assimilabile ad una per **avvezione o mista, occorre fare attenzione all'efficacia delle ventole**, perché le stesse potrebbero portare in basso ulteriore aria fredda che si trova in alto al posto della presupposta aria più calda.

3. Note informative aggiuntive:

- Il **tipo di suolo e le modalità di conduzione** sono elementi importanti:
 - un suolo inerbito accumula minor calore di un suolo non inerbito e quindi si raffredda maggiormente,
 - si accumula maggior calore in un suolo non inerbito ma ben strutturato rispetto ad un suolo non inerbito e lavorato di recente,
 - si accumula maggior calore in un suolo non inerbito ma ben strutturato rispetto ad un suolo inerbito ma tagliato raso,
 - un suolo irrigato (comunque ricco di acqua) accumula maggior quantità di calore di un suolo asciutto.
- Un **fiume, un lago, un canale, un centro abitato** liberano calore.
- Un **frangivento** riduce l'intensità del raffreddamento: l'acqua si condensa sul frangivento e assorbe le onde di infrarosso delle piante e del suolo determinando un effetto serra locale; il raffreddamento però continua nella parte alta sopra il frangivento.
- Sui **pendii collinari**, il suolo inerbito rallenta la discesa verso il basso delle correnti fredde.
- Il **livello di danno** è correlato alle minime raggiunte, al tempo di permanenza sotto i 0 °C, alla sensibilità della fase fenologica in atto e al numero di giorni nei quali si ripete e prolunga il fenomeno.
- Il fenomeno **"gelata tardiva"** non è generalmente omogeneo su ampio territorio; dipende dalla sua intensità (origine, temperatura minima raggiunta, durata), dalla fase fenologica della coltura in quell'ambiente, dall'altezza dei terreni rispetto al livello del mare. In Emilia-Romagna ci sono aree più predisposte di altre, perché i fenomeni sono di solito più intensi e frequenti, in buona parte in relazione alla posizione di accumulo delle correnti fredde di quelle aree e/o alla loro altezza sul livello del mare (per esempio: le aree della zona pianeggiante del comune di Spilamberto e del comune di Faenza).