

A. Cicogna,  
A. Bellan,  
D. Giaiotti

CSA -  
Centro Servizi  
Agrometeorologici  
per il Friuli-V. G.

AGROMETEOROLOGIA

## Previsioni di gelata in Friuli-Venezia Giulia

Viene descritto un metodo in grado di valutare la variazione delle temperature notturne e di prevedere l'inizio di una gelata

Per gelata si intende un fenomeno meteorologico caratterizzato da un forte abbassamento della temperatura dell'aria che a partire da valori positivi raggiunge valori inferiori allo zero. Ovviamente pericolose per la frutticoltura sono quelle gelate che si verificano in primavera inoltrata o, solo nel caso dell'actinidia, ad inizio novembre. Dal punto di vista degli effetti visivi possiamo distinguere due tipi di gelata: con deposito di ghiaccio (brinata) e senza deposito di ghiaccio (gelata nera).

Il primo caso si verifica quando l'umidità dell'aria è elevata (80-90%). La brina si forma in seguito all'abbassamento della temperatura del vapore acqueo, per cui esso condensa e contemporaneamente o successivamente ghiaccia, depositandosi su fiori, foglie, rami ed erba in un sottile strato. La temperatura a cui il vapore comincia a condensare è detta temperatura di rugiada e quando questa temperatura viene raggiunta ogni ulteriore abbassamento termico è frenato dall'energia che l'acqua rilascia condensando e congelandosi sulle superfici. Quando invece l'umidità dell'aria è molto bassa (40-60 % o anche meno), la tem-

peratura scende senza che il vapore contenuto nell'aria possa condensare e ghiacciare, per così dire «senza freni». La gelata nera è quindi più temibile della brinata perché la temperatura scende di più; inoltre, dato che l'umidità dell'aria è bassa, le piante tendono ad appassire, diminuendo così ulteriormente la propria resistenza al gelo.

Dal punto di vista dell'origine meteorologica possiamo distinguere tre tipi di gelata:

- per irraggiamento notturno;
- per avvezione;
- per evaporazione.

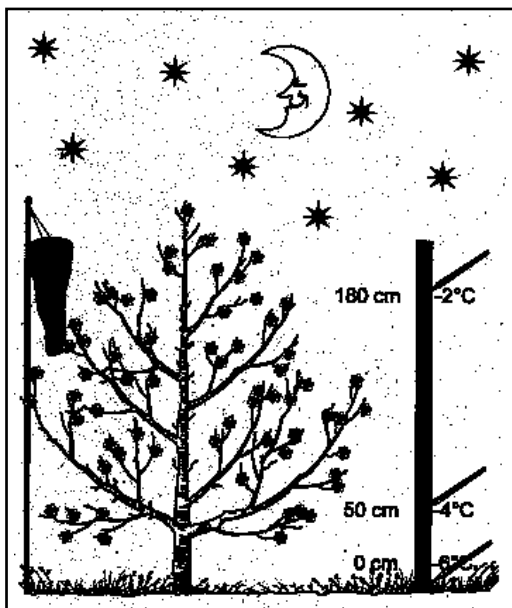
Durante la notte il terreno perde calore per irraggiamento, emette cioè raggi infrarossi che si disperdono prima nell'atmosfera e poi nello spazio. Quindi a partire dal tramonto la temperatura della superficie del terreno tende a diminuire sempre più fino a che il sole non sorge nuovamente. Anche l'aria sovrastante al terreno perde calore per irraggiamento, ma in quantità inferiore. Di conseguenza l'aria è più fredda vicino al suolo ed è più calda, ad esempio, a 2 metri d'altezza.

Per quantificare questo fenomeno è stata effettuata un'analisi sui dati meteorologici raccolti dall'ERSA-CSA dal 1990 al 1998 in 10 stazioni della pianura friulana. Nei mesi di marzo, aprile, ottobre e novembre sono stati selezionati quei giorni in cui la temperatura minima, misurata a 180 cm dal suolo, è scesa sotto i -1°C. Sui 680 casi così individuati è stata effettuata l'analisi delle differenze tra le temperature minime a 180 cm e quelle a 50, 20 e a livello del suolo. Come si vede in tabella 1 la temperatura minima a 50 cm dal suolo è mediamente inferiore (circa 1.5°C) rispetto a quella a 180 cm, ma vi sono molti casi in cui la differenza è ancora maggiore. Infatti questo fenomeno, detto dell'inversione termica notturna, è tanto maggiore quanto più l'aria è limpida e tersa, non vi sono nuvole o foschie, l'umidità dell'aria è bassa e non vi è vento (fig. 1).

In queste condizioni, quando la temperatura massima del giorno è di 11-13°C, o al tra-

Tab. 1 - Analisi delle 680 notti con temperatura minima, misurata a 180 cm da terra, inferiore ai -1°C nei mesi di marzo, aprile, ottobre e novembre 1990-1998 in 10 stazioni della pianura friulana (dati Ersa-CSA).  
(\*) Differenza tra la temperatura minima misurata a 180 cm e quella, rispettivamente, a livello del suolo, 20 e 50 cm

	Differenza (*) (°C)		
	suolo	20 cm	50 cm
Media	3.4	1.6	1.4
Massima	8.8	5.8	4.1
Percentuali dei casi in cui la differenza è maggiore o uguale a:			
	%	%	%
8 °C	0.1	0.0	0.0
7 °C	1.0	0.0	0.0
6 °C	4.7	0.0	0.0
5 °C	13.1	0.1	0.0
4 °C	35.6	1.2	0.1
3 °C	59.6	11.6	2.4
2 °C	84.6	31.6	22.9
1 °C	94.4	68.5	67.6



monto di 5-6 °C, la temperatura durante la notte può scendere sotto lo zero e si verifica quindi la gelata per irraggiamento.

La gelata per avvezione invece è dovuta all'arrivo di una massa d'aria che ha una temperatura inferiore allo zero. Nella gelata per avvezione propriamente detta non vi è una «stratificazione» della temperatura nell'aria e i danni alle colture si distribuiscono, rispetto all'altezza, in modo uniforme, mentre nella gelata per irraggiamento i danni maggiori si rilevano nella parte bassa delle piante.

In realtà le gelate non sono quasi mai classificabili come gelate solo da irraggiamento o per avvezione: spesso i due fenomeni si sommano. Tipicamente in regione la gelata primaverile si verifica quando a seguito di una irruzione di aria fredda e secca, che ha portato la temperatura dell'aria a valori bassi, ma comunque sopra lo zero, segue una notte serena e senza vento in cui l'irraggiamento è molto elevato. La gelata per evaporazione non è molto comune e si verifica solo in condizioni molto particolari, cioè quando i tessuti della pianta sono bagnati da un velo d'acqua, l'umidità dell'aria è molto bassa e la temperatura dell'aria è prossima allo zero (anche se superiore). In tali condizioni e in presenza di un forte vento, l'evaporazione dell'acqua dalle superfici della pianta sottrae una grande quantità di energia ai tessuti vegetali (calore latente di vaporizzazione, 600 cal/grammo di acqua) raffreddandoli. Per pochi minuti la temperatura delle piante risulta inferiore a zero, mentre quella dell'aria rimane

superiore. **Effetti delle gelate e sensibilità delle colture**

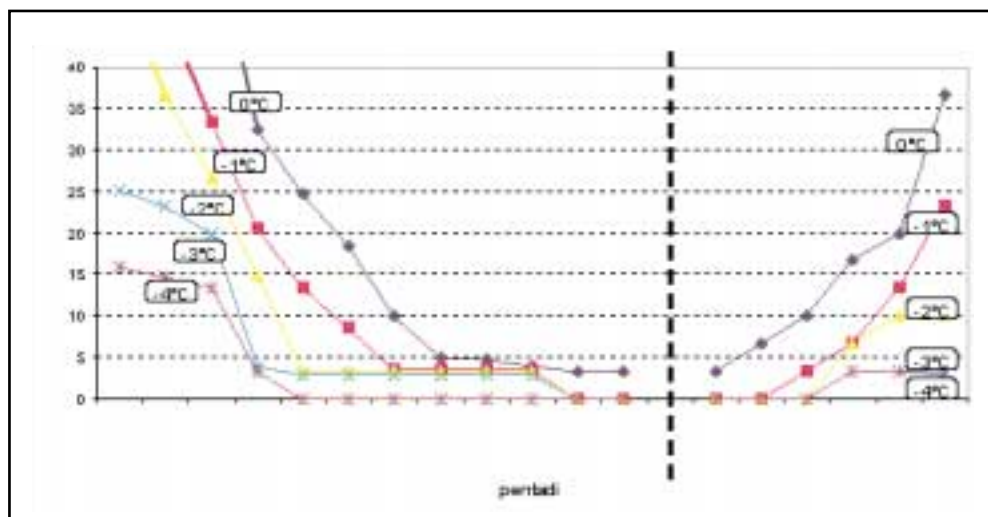
Durante una gelata l'acqua contenuta negli spazi intercellulari congela e, aumentando di volume, comprime le cellule danneggiandole. Ovviamente i danni sono più o meno importanti a seconda dell'epoca in cui la gelata si verifica o, in altri termini, in funzione dello stadio di sviluppo (fenologico) delle piante. Un forte abbassamento della temperatura che si verifica quando le piante sono ancora in pieno riposo vegetativo non dà problemi seri: le gemme dormienti di melo o pero possono resistere fino a temperature di -15°C; ben diverso è quando la gelata si verifica alla fioritura o in allegazione.

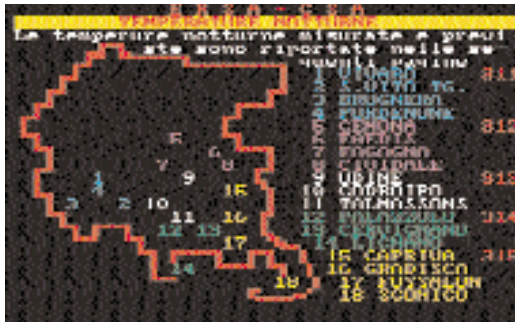
In linea di massima tanto più è avanzato lo sviluppo fenologico, tanto meno la pianta potrà resistere al gelo. La soglia di temperatura a cui iniziano i danni dipende oltre che dallo sviluppo, anche dalla specie o addirittura dalla cultivar. In via orientativa si può affermare che in fioritura temperature inferiori a -2/-3 °C sono pericolose per drupacee e pomacee, mentre nella vite tali temperature possono provocare danni già all'apertura delle gemme (Probsting *et al.*, 1971).

Nell'actinidia, che è la specie più sensibile ai ritorni di freddo primaverili tra le colture arboree coltivate in regione, quando i bottoni fiorali sono visibili, temperature di -1/-2°C possono determinare gravi danni. Sempre per quanto attiene l'actinidia esiste un rischio gelata anche in autunno, quando eventuali gelate precoci possono compromettere la produzione.

Vari studi (Testolin *et al.*, 1995) dimostrano, infatti, che quando la temperatura del frutto scende al di sotto dei -3.5 °C, il frutto stesso si congela e quindi non è più commercializzabile. Secondo altri autori (Zuccherilli, 1994), dei danni a carico della zona apicale del frutto si

Fig. 2 - Stazione di Udine: frequenza con cui almeno in un giorno per pentade si sono raggiunte temperature uguali o inferiori a 0, -1, -2, -3, -4 °C, misurate a 180 cm da terra, nel trentennio 1961-1990 (Dati Min LL.PP.)





possono già verificare a  $-2^{\circ}\text{C}$ .  
**Frequenza delle gelate in Regione**

Sebbene le gelate primaverili tardive non siano comuni nella pianura del Friuli-Venezia Giulia, l'analisi di trenta anni di dati termici giornalieri a Udine (misurati a 180 cm di altezza) ci mostra come la possibilità di raggiungere temperature di  $-2/-3^{\circ}\text{C}$  si protrae fino al 20 aprile (fig. 2). In autunno il rischio di gelate pericolose è forse minore, ma comunque non trascurabile.

Un'analisi a più largo raggio indica come il pericolo delle gelate risulti più elevato nella bassa friulana e allo sbocco delle valli, mentre sia meno consistente nell'alta pianura.

### Previsioni delle gelate

Per avere informazioni su possibili gelate con uno o due giorni di anticipo, ricordiamo che il Centro Servizi Agrometeorologici (CSA), Centro che per conto dell'ERSA si occupa di agrometeorologia, durante i periodi a rischio emette delle previsioni specifiche per le gelate, che vengono poi diffuse tramite diversi canali d'informazione.

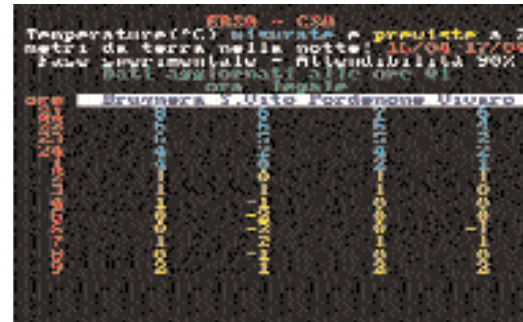
Un ulteriore servizio che in questo campo il CSA si appresta a fornire sono le previsioni a breve termine delle temperature minime notturne (now-casting).

Tale nuovo servizio si giustifica perché le previsioni diventano tanto più affidabili e precise quanto più sono a breve termine.

Al tramonto, durante i periodi a rischio, verranno emesse delle previsioni sull'andamento della temperatura nel corso della notte su 18 località della regione dove sono situate le stazioni meteorologiche della rete osservativa ERSA-CSA. Tali previsioni saranno rielaborate ogni ora, fino all'alba, e via via messe in linea sul Teletext dell'emittente televisiva Telefriuli (fig. 3).

Le previsioni orarie verranno effettuate mediante un modello di simulazione denominato ANGELA (Algoritmo di Newcasting per

Fig. 3 - Sulle pagine 310-315 del teletext dell'emittente Telefriuli durante i periodi con rischio di gelate verranno effettuate ogni ora le previsioni sull'andamento della temperatura notturna in 18 località della Regione (a sinistra). Le temperature realmente misurate vengono indicate in celeste, quelle previste in giallo (a destra)



le GELate) sviluppato dai tecnici del CSA.

Il modello ANGELA si basa su un algoritmo molto semplice, quello di Reuter (1949), che descrive l'andamento della temperatura al suolo durante la notte in funzione del tempo:

$$T_n = T_{\text{tram}} - k(n)^{0.5}$$

dove:

$T_n$  è la temperatura a n ore dal tramonto;

$T_{\text{tram}}$  è la temperatura al tramonto;

k è il coefficiente di decadimento della temperatura in funzione del tempo;

n è il numero di ore trascorse dal tramonto.

Con questa formula, una volta determinato il coefficiente di decadimento della temperatura, è possibile stabilire il momento in cui la temperatura scende sotto lo zero. Se ciò si verifica prima dell'alba, si avrà la gelata. Con la medesima formula, noto il coefficiente di «decadimento» e la durata della notte, è possibile stabilire anche l'intensità della gelata (temperatura minima assoluta).

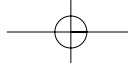
L'algoritmo di Reuter, come molti altri algoritmi comunemente usati in questo campo, ipotizza che la temperatura notturna diminuisca secondo un certo profilo, ma in realtà la velocità di decadimento della temperatura può essere accelerata o ritardata in seguito al variare delle condizioni meteorologiche (copertura del cielo, ventosità, ...).

Per questo motivo, nel modello ideato dal CSA, ogni ora viene effettuata una verifica delle temperature effettivamente raggiunte ed il sistema viene eventualmente ritardato.

Dal punto di vista operativo ANGELA viene attivato al tramonto, quando viene effettuata una prima stima del coefficiente di decadimento termico k sulla base dei dati misurati nelle stazioni e delle temperature minime previste per la notte dai previsori del CSA. Per ogni stazione viene così costruita una prima curva di decadimento della temperatura.

Allo scadere di ogni ora succes-





siva al tramonto, sulla base della temperatura effettivamente misurata e dello scostamento tra questa e la temperatura prevista nell'ora precedente, viene corretta l'equazione di decadimento della temperatura. Nella correzione della curva di decadimento si tiene conto anche delle temperature contemporaneamente misurate nelle altre stazioni meteorologiche della rete.

Il modello è stato verificato su 1675 casi con temperature minime inferiori a 0 °C registrati dal 1990 fino al 1998 in 10 stazioni della pianura friulana nei mesi di marzo, aprile, ottobre e novembre.

Come mostra la figura 4 l'accuratezza delle previsioni, definita come differenza tra la temperatura prevista e quella misurata, è tanto migliore quanto più le temperature previste sono vicine nel tempo. Infatti, nelle previsioni a un'ora più del 50% delle differenze tra temperatura prevista e misurata sono comprese tra +1 e -1 °C, mentre a 6 ore in questa classe vi sono solo il 30% dei casi e a 12 ore il 20%.

È interessante notare che il modello ANGELA è «pessimista», cioè la percentuale dei casi in cui la temperatura prevista è significativamente superiore a quella verificata è sempre molto bassa. Ciò non rappresenta un limite del modello, ma è stato voluto per evitare che previsioni troppo ottimiste causino gravi danni alle colture.

### Difesa delle colture

Una volta previsto il pericolo cosa fare per difendere le colture?

L'unico mezzo efficace per la difesa dalle gelate è oggi rappresentato dall'irrigazione antibrina. Infatti l'acqua congelandosi cede energia all'ambiente (calore latente di congelamento 80 cal/grammo di acqua) rallentando

### Bibliografia

Probsting E.L., Tukey R.B., Mills H., 1971. Critical temperatures from blossom buds. Wash. State Agr. Ext. Circ., pag. 369-374

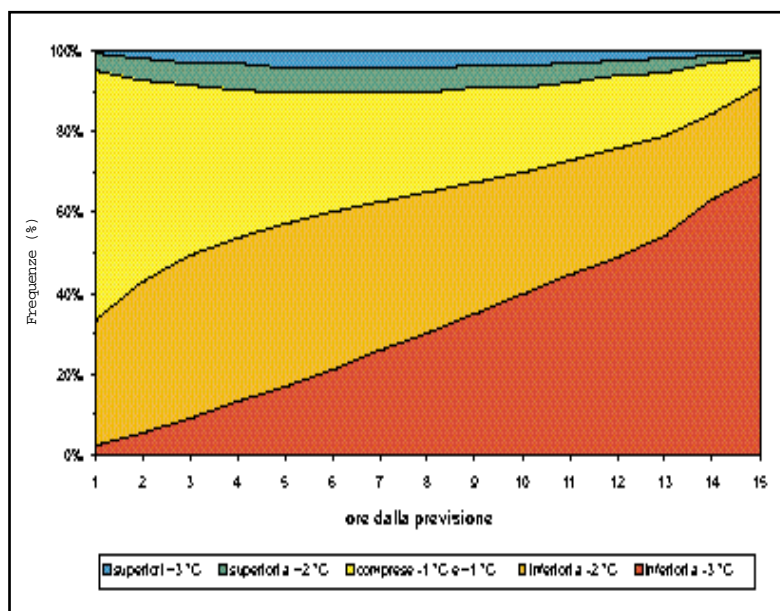
Testolin R., Costa G., 1995. Ice Nucleation temperatures in kiwifruit. Scientia Horticulturae 61 pag. 29-36

Tonioli A., Ferrari P., 1997. Le gelate tardive - Terra trentina N° 3/97 pag. 32-40

Zinoni F., 1998. L'irrigazione sottochioma per difendersi dalle gelate. Notiziario ERSA 1/98 pag. 44

Zuccherilli G., 1994. L'actinidia e i nuovi Kiwi. Edagricole, Bologna pag. 303

Fig. 4 - Accuratezza delle previsioni effettuate dal modello ANGELA su 1675 casi con temperature minime inferiori allo zero registrate dal 1990 al 1998 in 10 stazioni della pianura friulana, nei mesi di marzo, aprile, ottobre e novembre. La bontà della previsione è misurata come differenza tra temperatura prevista e quella misurata



o impedendo l'ulteriore diminuzione della temperatura. Per gelate molto intense solo l'irrigazione soprachioma risulta completamente affidabile (Tonioli e Ferrari, 1997). Tale tecnica prevede di iniziare ad irrigare appena la temperatura raggiunge lo zero e di continuare senza interruzioni fino a quando la temperatura non sia risalita di nuovo al di sopra dello zero. Con un'intensità di irrigazione di 1-1,5 mm/ora si può avere un incremento di temperatura di 4.5 °C, con intensità di 3-3.5 mm/ora si può arrivare ad un incremento di 6 °C. Con l'irrigazione soprachioma si possono limitare i danni sia delle gelate dovute all'irraggiamento notturno sia di quelle che avvengono per avvezione.

Nelle gelate dovute a irraggiamento notturno non eccessivamente intense, che sono quelle più comuni nella nostra pianura, anche l'irrigazione sottochioma può risultare efficace (Zinoni, 1998). Con questa tecnica l'incremento termico è più limitato, specie nella parte alta del frutteto; a terra, dove l'acqua congela, la temperatura va a 0 °C, a 150 cm da terra si ha un incremento termico che può arrivare a 1.5 °C rispetto alla temperatura di partenza. Per tale tecnica si può utilizzare l'impianto presente se dotato di microjet (non irrigatori a goccia) che devono bagnare tutto il terreno con una nebulizzazione non eccessiva.

Con questo tipo di irrigazione antibrina è possibile suddividere l'Azienda in settori e bagnare ogni settore per 2-3 minuti con una sosta di 6-7 minuti. In tale modo vi è un risparmio dell'acqua e dell'energia utilizzata o, a parità di costi, la superficie difesa può essere superiore.

### Conclusioni

Pur non rappresentando un'avversità molto frequente in regione, la gelata non può essere trascurata, dato che i danni che può arrecare sono molto ingenti.

Per questo, in fase di progettazione degli impianti di irrigazione è bene tener presente la possibilità di un loro utilizzo per l'irrigazione antibrina. Per esempio, negli impianti sottochioma è bene preferire i microjet rispetto agli irrigatori a goccia e prevedere la possibilità di irrigare a scacchiera l'intero frutteto.

Nei frutteti dotati di un impianto d'irrigazione è bene approntare l'attrezzatura già entro la seconda decade di marzo, in modo da poter eventualmente intervenire. Negli actinidieti è bene mantenere l'efficienza degli impianti irrigui fino a novembre.

Inoltre, i sistemi di previsione ed allarme forniti dal CSA possono rappresentare per gli agricoltori un valido aiuto per affrontare e prevenire questa avversità atmosferica.