FrostGuard
di Rivalta Stefano

BERD© – Bilancio Energetico Radiativo Dinamico

Trattato di micrometeorologia applicata alle gelate radiative

Concetto sviluppato da Stefano Rivalta nell'ambito dello studio delle gelate radiative e della modellazione della temperatura minima notturna.

1. Premessa

Il raffreddamento notturno in condizioni radiative non è un processo lineare, uniforme e costante. Esso rappresenta invece il risultato di un bilancio energetico in continua evoluzione tra suolo, aria, contenuto di vapore, emissione radiativa verso il cielo e capacità del sistema suolo-atmosfera di redistribuire internamente il calore residuo. In una notte favorevole alla gelata, la temperatura non scende seguendo una retta, ma descrive una curva complessa, nella quale si osservano accelerazioni, rallentamenti e transizioni di regime. Il BERD nasce proprio dall'osservazione sistematica di questa dinamica.

2. Definizione operativa del BERD

Il BERD – Bilancio Energetico Radiativo Dinamico è una fase intermedia del raffreddamento notturno nella quale il sistema non interrompe la perdita energetica, ma modifica temporaneamente il proprio modo di raffreddarsi. Operativamente, il BERD si manifesta come un tratto della curva termica in cui la discesa perde regolarità: può rallentare, quasi arrestarsi per un breve intervallo, oppure mostrare una transizione progressiva verso un diverso regime di decadimento. Non si tratta quindi della fine del raffreddamento, ma del momento in cui il sistema entra in una nuova configurazione energetica.

3. Struttura generale del raffreddamento notturno

Nel suo schema più tipico, il raffreddamento radiativo può essere letto in tre fasi:

- una prima fase di discesa rapida, spesso caratterizzata da forte pendenza;
- una fase intermedia, corrispondente al BERD, in cui il sistema mostra un rallentamento o una riorganizzazione;
- una fase finale di ulteriore raffreddamento, in genere più lenta, con pendenza inferiore rispetto alla prima.

4. Posizione del BERD nella curva

L'osservazione sistematica delle notti radiative, con cielo sereno e assenza di vento, mostra che il BERD si colloca generalmente:

- nell'intorno del **38% del tempo** trascorso tra il tramonto e il sorgere del sole;
- in corrispondenza di una perdita di temperatura pari a circa il **62% della discesa totale** compresa tra il valore al tramonto e la minima prevista.

Le due proporzioni sono complementari: nel punto BERD la frazione di notte trascorsa è all'incirca uguale alla frazione di discesa termica che resta ancora da compiere. La relazione è coerente con la forma tipica della curva di raffreddamento radiativo, nella quale la temperatura scende rapidamente nelle prime ore dopo il tramonto e rallenta poi in modo progressivo, con un andamento prossimo a quello descritto da Brunt (calo proporzionale alla radice quadrata del tempo).

Il BERD si distingue però dalla curva teorica: dove questa prosegue in modo continuo, la curva reale mostra in quel tratto un rallentamento, un plateau o un rimbalzo, seguito da un nuovo regime di discesa con pendenza inferiore.

Si tratta di una regolarità empirica: il BERD cade tra il **57% e il 67%** della discesa totale, con una prevalenza intorno al **62%**. In presenza di vento, nuvolosità o avvezione di aria fredda, la posizione del BERD si sposta o il fenomeno diventa poco leggibile.

5. Condizione fondamentale per individuarlo a priori

Il BERD è riconoscibile con chiarezza solo se si possiede una stima credibile della minima notturna prevista.

Via S. Giuseppe, 1 48026 Godo di Russi - RA
P.IVA 02567780396
web: www.antibrinainfrutticoltura.it
mail: frostguard@libero.it

6. Morfologia del BERD

Il BERD può presentarsi come:

- un plateau evidente di alcuni minuti;
- un semplice rallentamento della discesa;
- una temporanea quasi-stazionarietà;
- una variazione graduale della pendenza senza vero plateau netto.

7. Rapporto tra BERD e intensità della minima

Quando la minima non è particolarmente severa, il BERD può esprimersi con plateau più lunghi. Nelle notti più intense, il BERD si comprime.

8. BERD in area negativa

Il BERD può manifestarsi anche con temperature inferiori a 0 °C.

9. Natura fisica del fenomeno

Il BERD rappresenta una ristrutturazione del bilancio energetico nello strato limite, nella quale il sistema passa da una fase dominata dal gradiente termico e dalla perdita radiativa diretta a una fase in cui assumono maggiore rilevanza i flussi interni, il contenuto di vapore e l'inerzia termica del suolo.

10. Il BERD non coincide con la fine del raffreddamento

Il BERD non rappresenta mai la fine del decadimento termico.

11. Distinzione tra BERD e punto di rugiada (Td)

Il BERD non va confuso con il raggiungimento del punto di rugiada (Td).

Il raggiungimento del Td introduce condizioni favorevoli alla condensazione (rugiada, nebbia), generando un rilascio di calore latente che può temporaneamente contrastare il raffreddamento. Questo effetto può determinare un rallentamento o un momentaneo arresto della discesa termica.

Tuttavia, tale dinamica non implica necessariamente un cambiamento del regime di decadimento. Se la perdita radiativa complessiva resta intensa, la curva può proseguire con pendenza simile alla fase precedente.

Il BERD rappresenta invece una transizione strutturale del sistema: è il momento in cui il bilancio energetico si riorganizza e la curva entra in un nuovo regime di raffreddamento. Il cambiamento di inclinazione della curva termica è quindi un fenomeno post-BERD, e non una conseguenza automatica del raggiungimento del punto di rugiada.

12. Dinamica post-BERD

Dopo il BERD la discesa continua ma con pendenza inferiore.

13. Interpretazione energetica complessiva

Il BERD segna il passaggio da perdita radiativa diretta a riequilibri interni del sistema.

14. Continuità del fenomeno

Il BERD è sempre presente anche quando poco visibile.

15. Significato micrometeorologico

Il BERD è un indicatore della dinamica dello strato limite.

16. Implicazioni operative

Il BERD non deve essere interpretato come segnale di sicurezza.

17. Sintesi conclusiva

Il BERD è il passaggio tra due regimi di raffreddamento.

18. Principio conclusivo

Il raffreddamento non si interrompe nel BERD.
Nel BERD il sistema si riorganizza.
Dopo il BERD emerge il nuovo regime di decadimento.

Via S. Giuseppe, 1 48026 Godo di Russi - RA
P.IVA 02567780396
web: www.antibrinainfrutticoltura.it
mail: frostguard@libero.it