

IL CLIMA E LE PIANTE, AGROMETEOROLOGIA

- *Studio del ruolo dei parametri climatici sulle produzioni vegetali, mediante la comprensione delle leggi che governano l'evolversi dei fenomeni atmosferici ed il loro effetto sulla crescita dei vegetali.*
- *Studio concentrato a livello di microclima (pochi metri al di sopra del suolo) che è il clima in cui vivono le piante*
- *Note le leggi è possibile prevedere (prev. met), manipolare (frangiventi, serre, difesa da gelate) e utilizzare al meglio (architettura pianta, concimazione carbonica) il microclima.*
- *Strumenti per la misura dei parametri climatici.*

Meteorologia: *studio fisico - deterministico dei fenomeni atmosferici e del loro effetto sulle colture agrarie (agrometeorologia).*

Climatologia: *studio statistico - descrittivo dei fenomeni meteorologici e delle loro modificazioni in rapporto alle condizioni geografiche (mappe climatiche)*

IL CLIMA E LE PIANTE AGRARIE

CLIMA: “ *la risultante di tutti i fenomeni meteorici che caratterizzano lo strato medio dell’atmosfera in un determinato punto della superficie del globo*”

La conoscenza del clima è importante per:

- *Caratterizzare una zona (per individuare la specie più conferenti)*
- *Individuare in momento ottimale per effettuare interventi sul suolo e colture(es. calcolo E.T)*
- *Attuare lotta guidata. (peronospora reg di 3 –10)*
- *Prevenire danni alle colture (gelo e brina)*

Per l’ agricoltura i più importanti fattori climatici sono.

Radiazione

Temperatura

Umidità

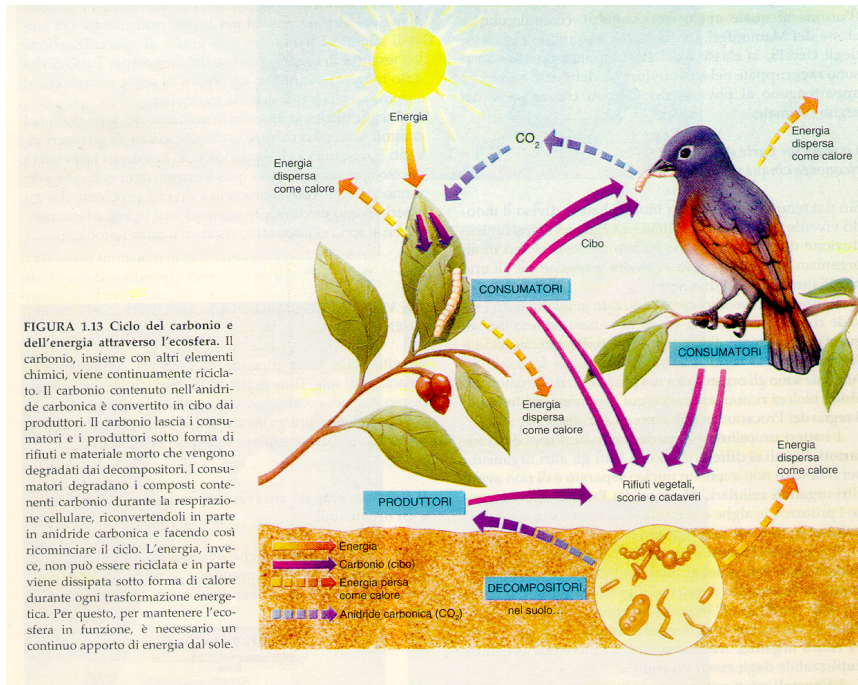
Idrometeore

Vento

le infezioni primarie di *P. viticola* prendono avvio quando si verificano contemporaneamente tre condizioni: almeno 10° C di temperatura, 10 millimetri di pioggia caduti nelle 48 ore e una lunghezza di germogli di almeno 10 centimetri. (“Regola dei tre dieci”, Baldacci, 1947).

RADIAZIONE SOLARE

TRASMISSIONE DI ENERGIA MEDIANTE ONDE ELETTROMAGNETICHE



*La fonte principale di energia del pianeta terra è il **sole** dove, in seguito ad una serie di reazioni nucleari, la massa è trasformata in energia secondo la famosa reazione di Einstein*

$$E = mc^2$$

La radiazione solare è pertanto la principale forma di energia per tutti i processi meteorologici, fisici e biologici del pianeta.

RADIAZIONE SOLARE

Nei confronti delle piante

E.S.

1) Creazione di s.o. attraverso la fotosintesi: $6CO_2 + 6H_2O \longrightarrow 6CH_2O + 6O_2$

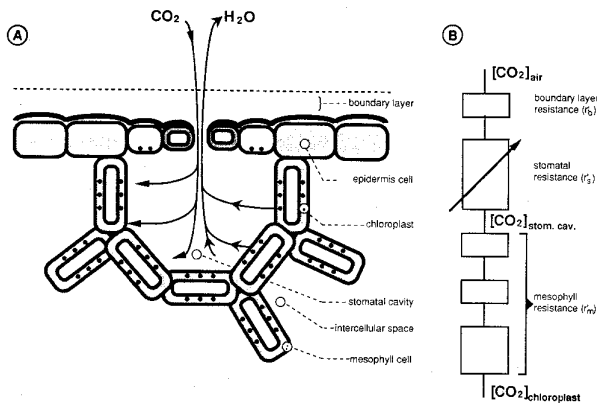


figure 2.1 Cross-section of a leaf through a stoma (a), indicating components of resistances to CO₂ diffusion (b).

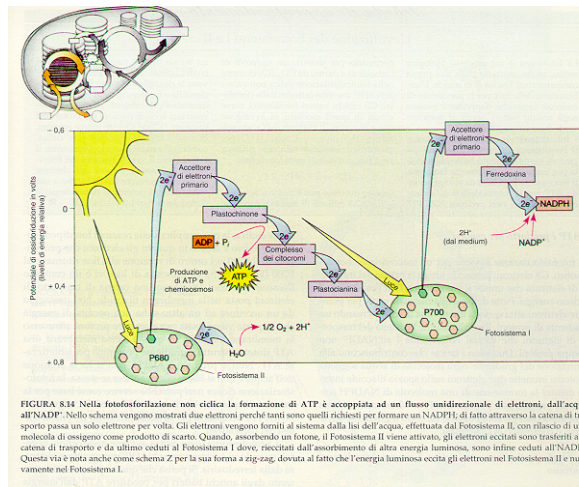


FIGURA 8.14 Nella fotofosforilazione non ciclica la formazione di ATP è accoppiata ad un flusso unidirezionale di elettroni, dall'acqua all'NADP⁺. Nello schema vengono mostrati due elettroni perché tanti sono quelli richiesti per formare un NADPH; di fatto attraverso la catena di trasporto passa un solo elettrone per volta. Gli elettroni vengono forniti al sistema dalla lisi dell'acqua, effettuata dal Fotosistema II, con rilascio di una molecola di ossigeno come prodotto di scarto. Quando, assorbendo un fotone, il Fotosistema II viene eccitato gli elettroni eccitati sono trasferiti alla catena di trasporto e da ultimo ceduti al Fotosistema I dove, ricevuti dall'assorbimento di altra energia luminosa, sono infine ceduti all'NADP⁺. Questa via è nota anche come schema Z per la sua forma a zig-zag, dovuta al fatto che l'energia luminosa eccita gli elettroni nel Fotosistema II e nuovamente nel Fotosistema I.

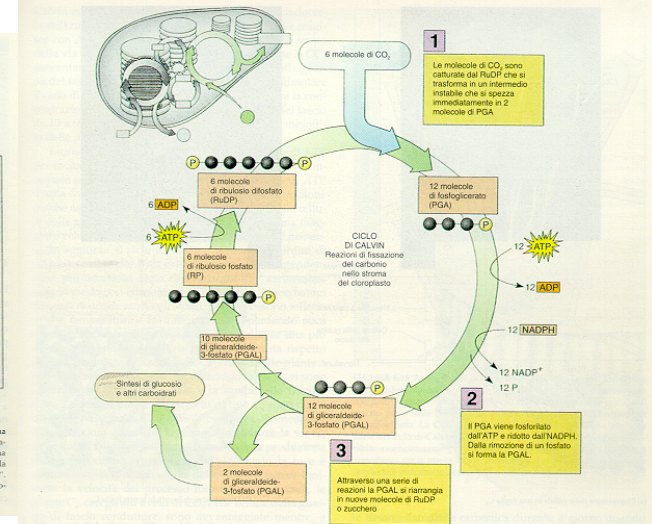


FIGURA 8.17 Il ciclo di Calvin è la via più comune per la fissazione del carbonio nelle piante. Il disegno mostra come si debbano "fissare" incorporare in uno scheletro carbonioso preesistente sei molecole di CO₂ per produrre uno zucchero a sei atomi di carbonio come il glucosio. Due molecole di gliceraldeide 3-fosfato (PGAL) lasciano il ciclo per ogni glucosio formato. Sebbene queste reazioni non richiedano direttamente la luce, l'energia che muove il ciclo di Calvin proviene da ATP ed NADPH che sono i prodotti delle reazioni fotodipendenti.

diffusione della CO₂

processo fotochimico

processo biochimico

2) Meccanismi di regolazione (fotoperiodismo, fototropismo etc.)

RADIAZIONE SOLARE

Una radiazione elettromagnetica ha una doppia natura (dualismo onda – corpuscolo) che si esprime a seconda del fenomeno studiato

- Onda E.M***
- Quanto (o particelle) di energia***

Onda elettromagnetica

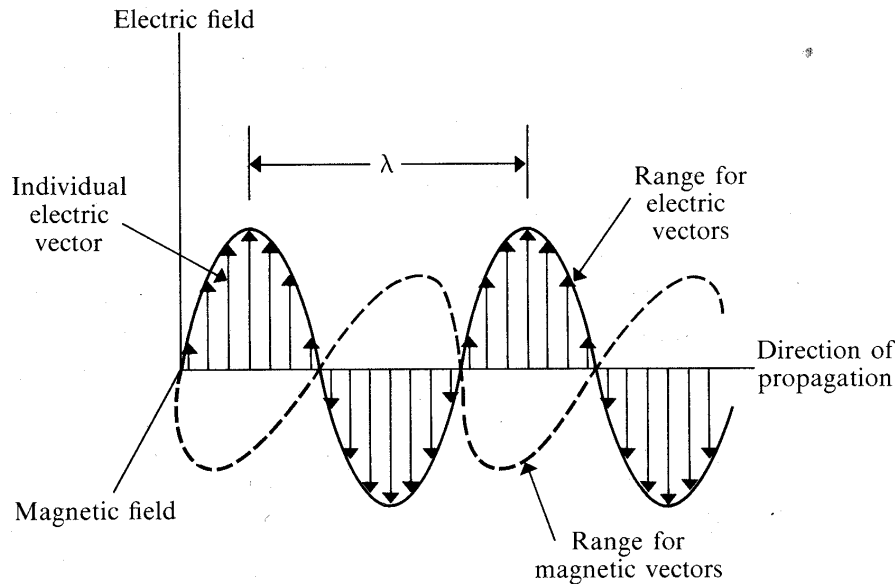


Figure 4.1

Light can be represented by an electromagnetic wave corresponding to oscillations of the local electric and magnetic fields. The oscillating electric vectors at a particular instant in time are indicated by arrows in the diagram. A moment later, the entire pattern of electric and magnetic fields will shift in the direction of propagation of the wave. A wavelength (λ) is the distance between two successive points of the same phase along the wave.

Elementi caratterizzanti

Lunghezza d'onda

(λ in mm)

Frequenza

(ν in Hz s^{-1})

Velocità di propagazione

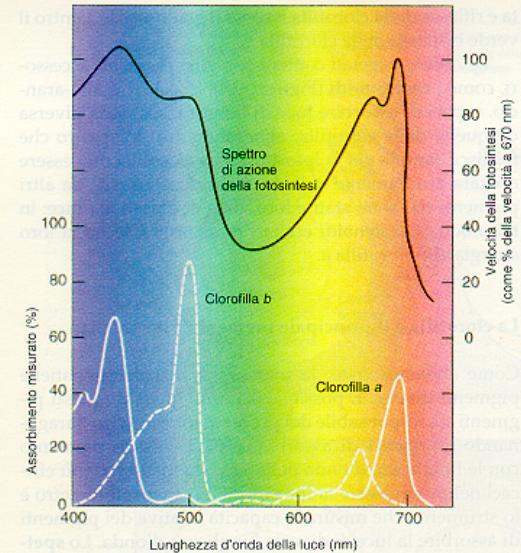
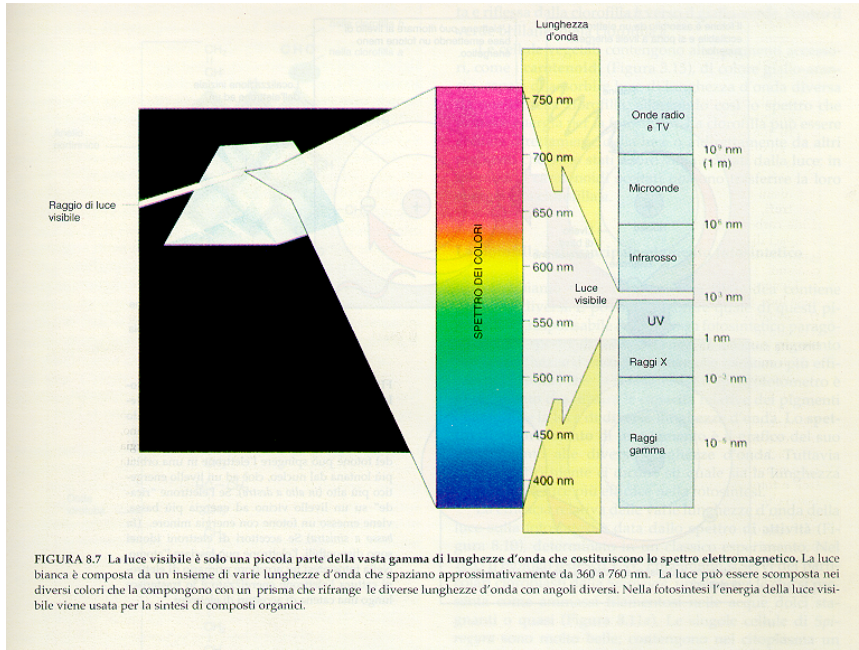
($c=299.800\text{Km/h}$)

$$\nu \lambda = c$$

RADIAZIONE SOLARE

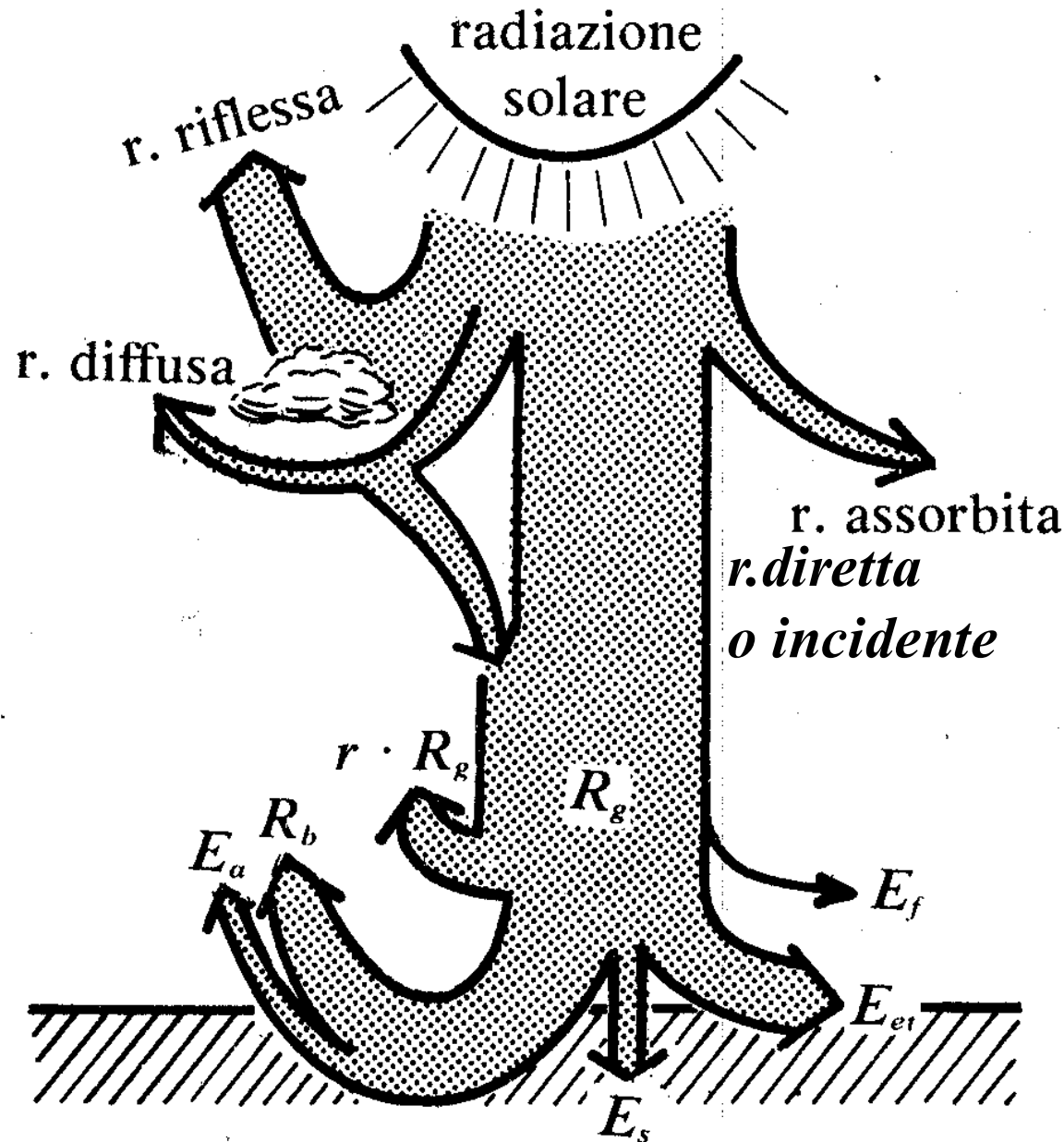
Il sole produce onde elettromagnetiche di lunghezza d'onda compresa tra 0,3 e 30,0 μm

Tipo di radiazione	Frequenza hertz	Lunghezza d'onda μm
Onde elettriche	$0 - 10^4$	$\infty - 3 \cdot 10^{10}$
Onde radio	$10^4 - 10^{11}$	$3 \cdot 10^{10} - 3 \cdot 10^3$
Infrarosso	$10^{11} - 4 \cdot 10^{14}$	$3 \cdot 10^3 - 7.5 \cdot 10^{-1}$
Visibile	$4 \cdot 10^{14} - 7.5 \cdot 10^{14}$	$7.5 \cdot 10^{-1} - 4 \cdot 10^{-1}$
Ultravioletto	$7.5 \cdot 10^{14} - 3 \cdot 10^{18}$	$4 \cdot 10^{-1} - 10^{-2}$
Raggi X	$3 \cdot 10^{16} - 3 \cdot 10^{20}$	$10^{-2} - 10^{-6}$
Raggi γ	$3 \cdot 10^{20} - 3 \cdot 10^{21}$	$10^{-6} - 10^{-7}$



Le piante utilizzano per la fotosintesi le o.e.m. di lunghezza d'onda compresa tra 0,4 e 0,7 μm (PAR), che corrisponde all'incirca al visibile

BILANCIO ENERGETICO



$R.g. = \text{radiazione globale}$

$R.g. = r. \text{ diretta} + r. \text{ diffusa}$

$R.n. = \text{radiazione netta}$

$R.n. = R.g. (1-\alpha) + Rc \downarrow - Rc \uparrow$

$\alpha = \text{coefficiente di riflessione}$

$Rc = r. \text{ a corta lung. d'onda}$

Per colture agrarie $\alpha = 0.23$

$R.n. = E_a \downarrow E_s \downarrow E_{et} \downarrow E_f$

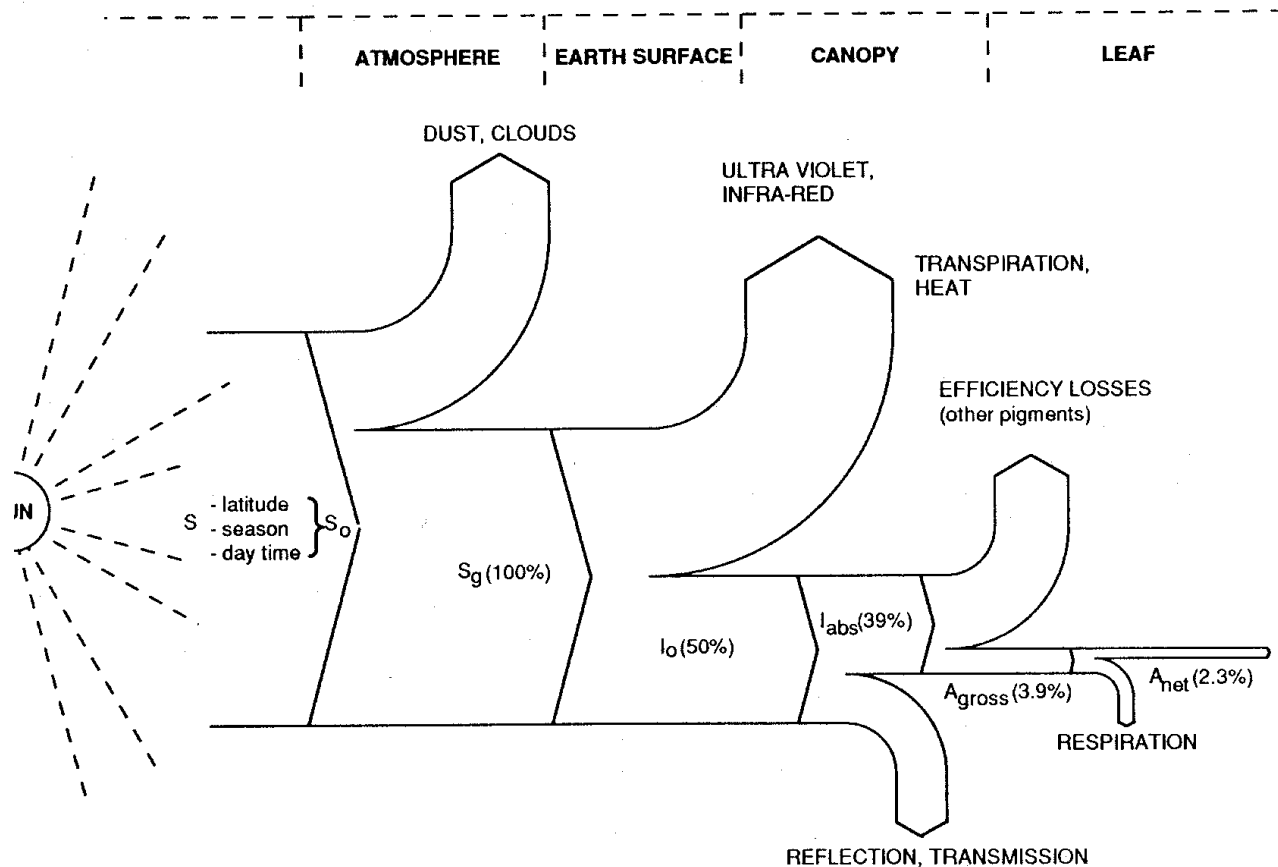
$E_a = \text{energia per riscaldare l'aria}$

$E_s = \text{energia per riscaldare il suolo}$

$E_{et} = \text{energia per l'evapotraspirazione}$

$E_f = \text{energia per la fotosintesi}$

In seguito a tutti i fenomeni di dispersione della radiazione nel suo tragitto dal sole alle foglie che compongono la copertura vegetale, l'efficienza fotosintetica, cioè il rapporto tra il contenuto energetico della biomassa e la radiazione solare disponibile, è molto bassa e varia nei nostri ambienti dal 2 al 5%.



Energy flow in crop production. The numbers in brackets are indicative.

ation, S_o = incoming radiation at the earth's atmosphere, S_g = global radiation, I_o = incident PAR (photosynthetically active radiation), red PAR, A_{gross} = gross assimilation, A_{net} = net assimilation.

dding, C.R.W., 1988. An introduction to agricultural systems. Elsevier applied science, 189 p.

ASPETTI AGRONOMICI RELATIVI ALLA RADIAZIONE SOLARE

Piante eliofile: richiedono elevata intensità di luce.

Piante sciafile: soffrono per eccesso di luce.

Le piante coltivate sono, in genere, sciafile facoltative.

Tecniche agronomiche per controllare il regime radiativo delle colture.

- Densità di impianto: aumentando la fittezza si riduce la luminosità (canapa, lino, foraggere), riducendola aumenta (favorisce l'accumulo di sostanze di riserva in patata, bietola, p. da granella e da frutto)***
- Orientamento delle file: nord – sud favorisce l'illuminazione***
- Giacitura ed esposizione: sud; ovest.***
- Sesto di impianto: aumentare le distanza tra le file salendo di latitudine.***
- Controllo della flora infestante: si riduce la competizione per la luce.***
- Ombreggiatura del tabacco per ridurre il contenuto in nicotina.***
- Rincalzatura di patata, finocchio, radicchio, cardi, per favorire l'imbianchimento***

ASPETTI AGRONOMICI RELATIVI ALLA RADIAZIONE SOLARE

FOTOPERIODISMO

Elenco parziale di piante brevidiurne, neutrodiurne e longidiurne.

Monocotiledoni	Dicotiledoni
Brevidiurne	
Riso (<i>Oryza sativa</i>)	Chenopodium (<i>Chenopodium</i> spp.) Crisantemo (<i>Chrysanthemum</i> spp.) Fragola (<i>Fragaria ananassa</i>) Tabacco (<i>Nicotiana tabacum</i>)
Neutrodiurne	
Poa (<i>Poa annua</i>) Mais (<i>Zea mays</i>)	Cotone (<i>Gossypium hirsutum</i>) Fagiolo (<i>Phaseolus</i> spp.) Fragola (<i>Fragaria ananassa</i>) Tabacco (<i>Nicotiana tabacum</i>) Patata (<i>Solanum tuberosus</i>) Pomodoro (<i>Lycopersicon esculentum</i>) Topinambur (<i>Helianthus tuberosus</i>)
Longidiurne	
Agrostide (<i>Agrostis palustris</i>) Avena (<i>Avena sativa</i>) Bromo (<i>Bromus inermis</i>) Falaride (<i>Phalaris arundinacea</i>) Frumento (<i>Triticum aestivum</i>) Lolium (<i>Lolium</i> spp.) Orzo (<i>Hordeum vulgare</i>)	Bietola (<i>Beta vulgaris</i>) Cavolo (<i>Brassica</i> spp.) Senape bianca (<i>Sinapis alba</i>) Spinacio (<i>Spinacia oleracea</i>) Trifoglio violetto (<i>Trifolium pratense</i>)

Comportamento delle piante in relazione alla durata del periodo di illuminazione o fotoperiodo

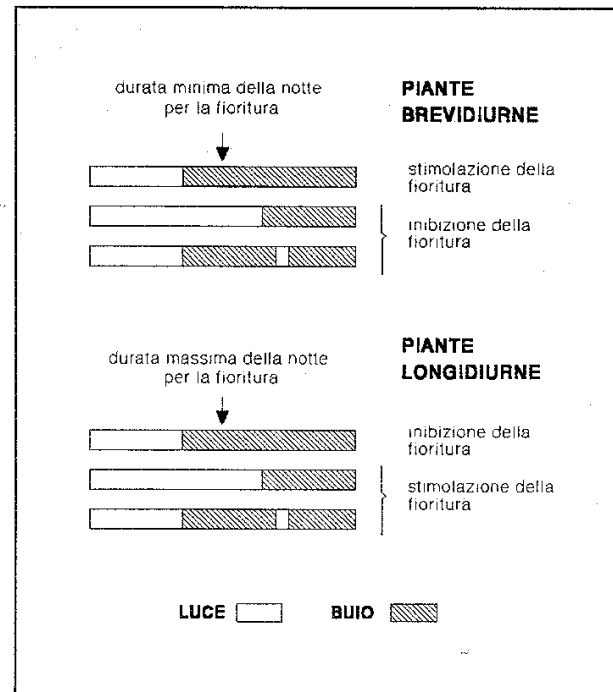
passano in fase riproduttiva quando il periodo di illuminazione non supera le 12 ore giorno.

passano in fase riproduttiva quando il periodo di illuminazione supera le 14 ore giorno.

Importanza agronomica del fotoperiodismo

- *Acclimatazione delle piante al di fuori del loro areale d'origine*
- *Se si è interessati agli organi vegetativi della pianta, può essere utile coltivare in periodi con fotoperiodismo sfavorevole (patata, tabacco, insalate, ravanello)*
- *Per sincronizzare la fioritura (crisantemo, aster, opuntia)*

Effetto dell'interruzione del periodo di buio sulla stimolazione fotoperiodica della fioritura di piante brevidiurne e longidiurne.



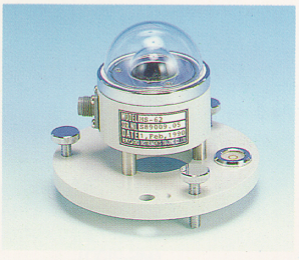
STRUMENTI PER LA MISURA DELLA RADIAZIONE

SIMBOLO	GRANDEZZA	STRUMENTO	BANDA SPETTRALE (μm)
R_s	Radiazione globale	Piranometro	0.3÷3
R_b	Radiazione diretta	Pireliometro	0.3÷3
R_d	Radiazione diffusa	Diffusometro	0.3÷3
ρ_s	Albedo	Albedometro	0.3÷3
R_p	PAR	Fotocelle	0.4÷0.7
R_l	Rad. ad onda lunga	Pirgeometro	3÷100
$R_t = R_s + R_l$	Radiazione totale	Pirradiometro	0.3÷100
R_n	Radiazione netta	Pirradiometro netto	0.3÷100
-	Eliofania	Eliofanografo	-

Tabella 5.18 Strumenti per la misura delle diverse grandezze radiative.



Piranometro di precisione



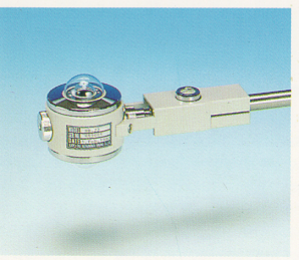
Piranometro



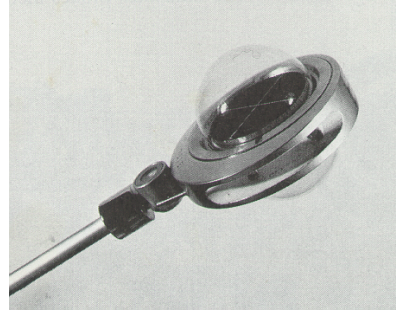
Pireliometro



Spettroradiometro



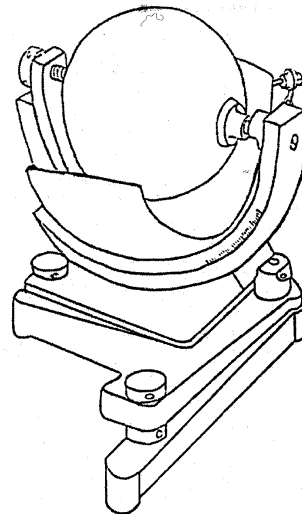
Albedometro



Radiometro netto



Fotocella o
Quantum sensor



Elioganografo

Figura 5.24. Elioganografo di Campbell-Stokes.

TEMPERATURA

Temperatura: quantifica la sensazione di caldo o di freddo che si manifesta ad ogni stato termico

Calore: energia che viene trasmessa quando in un sistema si stabilisce un gradiente di temperatura (il calore non può essere nè osservato né misurato direttamente, ma possono essere osservati e misurati gli effetti da essa prodotta)

Il calore può trasmettersi per :

- Conduzione***
- Irraggiamento***
- Convezione***

Un corpo di grandi dimensioni può avere una temperatura molto più bassa di un corpo di piccole dimensioni, ma può contenere una maggiore quantità di calore.

EFFETTI DELLA TEMPERATURA SULLE PIANTE

Le piante sono organismi poichilotermi cioè la loro temperatura si adegua progressivamente a quella dell'ambiente.

La velocità di tutte le reazioni chimiche è influenzata dalla temperatura secondo la legge di Vant' Hoff secondo la quale (tra i 10 e i 30° C) la velocità di reazione si raddoppia quando la temperatura aumenta di 10° C

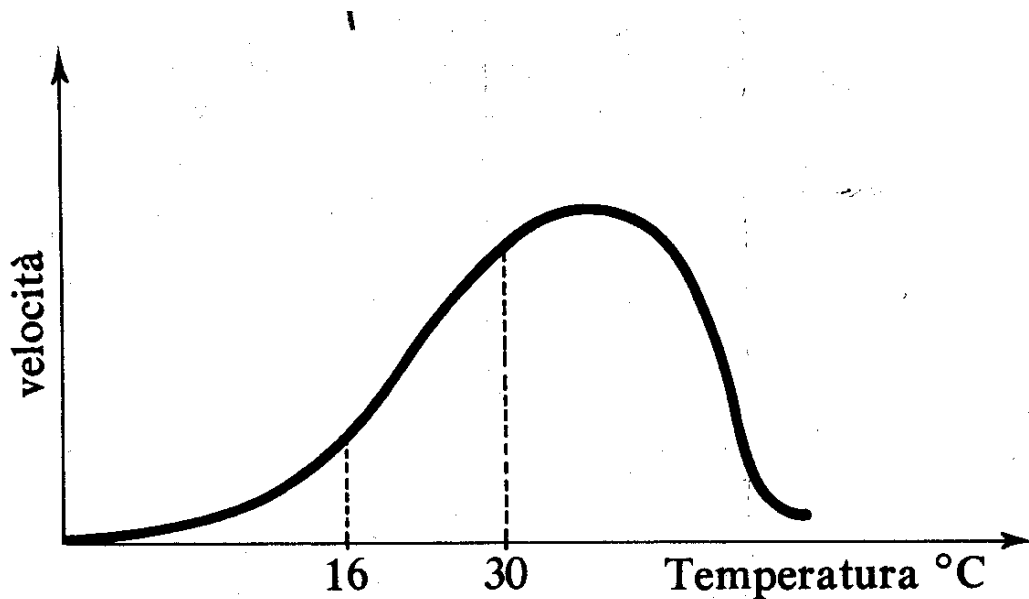
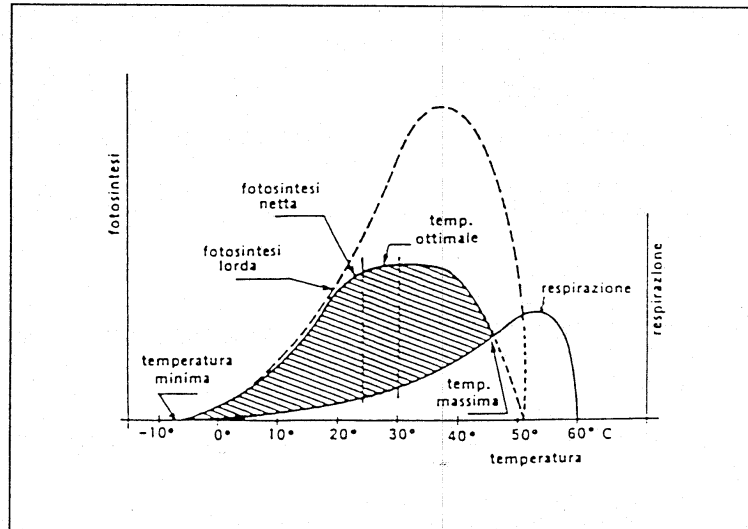


Fig. 2.9. — Velocità di accrescimento rilevata sul mais in funzione della temperatura (Lehenbauer).

Figura 8.3.

Relazioni tra temperatura, fotosintesi e respirazione. La fotosintesi netta (area tratteggiata) è data dalla somma algebrica tra fotosintesi lorda e respirazione.



PUNTI CARDINALI DI TEMPERATURA

Limite minimo o zero di vegetazione: temperatura al di sotto della quale l'accrescimento non si verifica. (temp. di germinazione 0-1° C frumento, 13-14° C tabacco)

Limite ottimo: temperatura per il miglior espletamento delle funzioni vitali (20-25° C)

Limite massimo: temperatura oltre la quale si arresta l'accrescimento.

LA TEMPERATURA E LE PIANTE

Somma termica: (*st; ut; gdd*) sommatoria giornaliera della differenza tra temperatura media (*tm*) e lo zero di vegetazione (*to*).

$$St = \sum (tm-to)$$

Applicazioni del concetto di somma termica

- *Verificare la possibilità di coltivare alcune specie in tempo utile.*
- *Programmazione delle semine per raccolte scalari.*

Tab. 2.11 — Zero di germinazione per alcune specie coltivate (da Autori Vari)

Specie	°C	Specie	°C
avena	1-2	orzo	1-2
barbabietola	4-5	patata (germogli.)	8-10
canapa	1-3	peperone	11-12
carota	4-5	pisello	2-4
cavolo	4-5	pomodoro	6-7
cocomero	12-13	riso	11-12
cotone	12-14	segale	0-1
fagiolo	10-12	senape	0-1
fava	1-3	sorgo	9-10
frumento	0-1	sulla	5
girasole	8-9	tabacco	13-14
lino	0-1	trifoglio bianco	1-3
lupinella	3	trifoglio incarnato	1
lupino giallo	3-4	trifoglio pratense	1
mais	8-9	veccia	1
medica	2	zucca	14

Tabella 9.3.
Durata del ciclo vegetativo per le diverse classi di maturità calcolata per il mais sulla base di GDD.

Classe di maturità							
100	200	300	400	500	600	700	800
GDD							
1230	1300	1340	1365	1400	1450	1520	1600

LA TEMPERATURA E LE PIANTE

Termoperiodismo: risposta delle piante alle fluttuazioni del livello termico, cioè alle variazioni giornaliere o stagionali della temperatura.

Esempi:

- alcune varietà di frumento non producono seme se non hanno superato un periodo di freddo (vernalizzazione)***
- il melo non fiorisce se non è stato soddisfatto un fabbisogno minimo in Freddo***
- se la bietola riceve troppo freddo fiorisce a scapito dell' accumulo di zuccheri nella radice***

Il termoperiodismo spesso interagisce con il fotoperiodismo per cui alcune piante necessitano di temperature diverse anche in funzione della durata del giorno. In genere le microterme sono anche longidiurne e ciò costituisce un sicurissimo meccanismo di adattamento alle condizioni climatiche avverse del periodo invernale

DANNI DA BASSE TEMPERATURE E DIFESA DALLE GELATE

GELATA : *abbassamento della temperatura al di sotto degli 0° C*

Se i tessuti vegetali sono in vegetazione e sono ricchi di acqua, questa congelando aumenta di volume e determina la spaccatura e la morte dei tessuti

Il danno dipende da: maturità di tessuti, contenuto in acqua, caratteristiche varietali, entità dell'abbassamento della temperatura al di sotto di 0° C, durata della gelata ect.

È importante distinguere, anche per scegliere i mezzi di difesa le :

gelate per irraggiamento: che si verificano in notti con il cielo sereno ed in assenza di vento. In questo caso la terra perde calore per irraggiamento e si determina una forte inversione termica. Dura in genere poche ore.

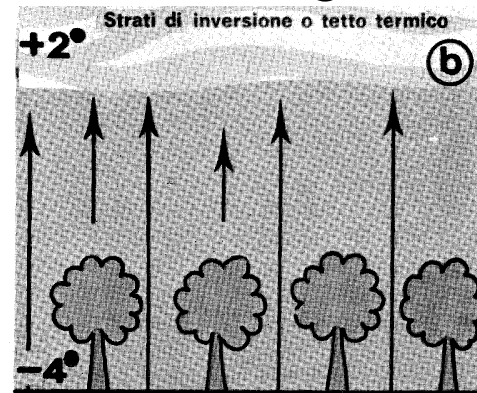
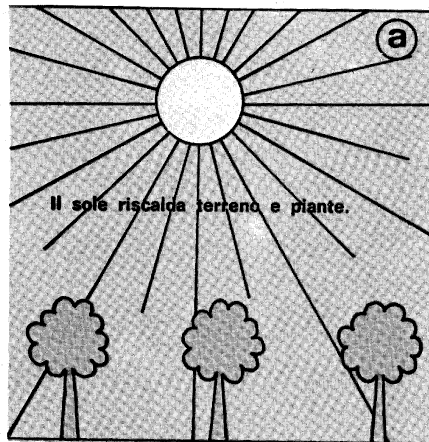


Fig. 109: con il cielo sereno il calore accumulato nel terreno durante il giorno (a) si disperde nel corso della notte fino a determinare il verificarsi di una gelata per irradiazione (b).

DANNI DA BASSE TEMPERATURE E DIFESA DALLE GELATE

gelate per avvezione: trasporto di masse di aria fredda a livello continentale ad opera del vento. Può durare anche diversi giorni.

gelate di fondovalle: nelle zone di collina o di montagna, durante la notte l'aria fredda, più pesante di quella calda, scivola lungo il pendio e si concentra nel fondo valle. Dura in genere poche ore.

In genere è possibile controllare le gelate per irraggiamento, mentre sono inutili i tentativi di contrastare le gelate per avvezione.

Mezzi di difesa:

Scelta del sito di piantagione evitare i fondovalle e favorire il drenaggio dell'aria fredda. (Rimuovere le barriere naturali ed artificiali).

In prossimità di corpi d'acqua è preferibile la posizione sottovento.

DANNI DA BASSE TEMPERATURE E DIFESA DALLE GELATE

Scelta delle specie e delle varietà resistenti, se sono frequenti gelate precoci è preferibile scegliere varietà tardive.

Table 10.1 Freezing points of various fruits and vegetables^a

Kind, variety	Freezing point (°C)	
	Lowest	Highest
Apple, Jonathon	-2.5	-1.9
Apricot, Perfection	-1.9	-1.5
Avocado, Pollock	-0.9	-0.8
Banana, Guatemala	-1.1	-1.1
Cherry, Bing	-3.3	-3.1
Fig, Mission	-3.2	-2.4
Grape, Tokay	-3.2	-2.9
Grapefruit, Foster King	-2.4	-1.7
Lemon, Eureka	-1.5	-1.4
Mango, Keitt	-2.0	-1.3
Olive, fresh green	-2.4	-1.4
Orange, Jaffa	-3.2	-1.5
Pear, Anjou	-2.1	-1.6
Pineapple, Pernambuco	-1.3	-1.0
Strawberry, Redstar ripe	-1.1	-1.0
Asparagus	-1.1	-0.6
Bean	-1.2	-0.8
Broccoli	-0.6	-0.6
Cabbage	-1.2	-0.9
Celery	-0.8	-0.5
Cucumber	-0.8	-0.7
Eggplant	-0.9	-0.8
Garlic	-3.4	-2.9
Lettuce	-0.4	-0.2
Mushroom	-1.3	-0.9
Melon, Crenshaw	-1.4	-1.1
Onion, Bermuda	-1.2	-1.0
Pea	-0.9	-0.6
Raddish, white root	-1.1	-0.7
Tomato	-0.9	-0.5
Watermelon	-0.9	-0.8

^a Selected data from Whiteman (1957).

Table 10.2 Resistance of crops to frost in different development phases^a

	Harmful temperature (degrees below 0°C)		
	Germination	Flowering	Fruiting
Highest resistance			
Spring wheat	9-10	1-2	2-4
Oats	8-9	1-2	2-4
Barley	7-8	1-2	2-4
Peas	7-8	2-3	3-4
Resistant			
Vetch	6-7	3-4	2-4
Beans	5-6	2-3	3-4
Sunflower	5-6	2-3	2-3
Safflower	6-4	2-3	3-4
Flax	5-7	2-3	2-4
Sugar beet	6-7	2-3	—
Carrot	6-7	—	—
Medium resistance			
Cabbage	5-7	2-3	6-9
Soybean	3-4	2-3	2-3
Italian millet	3-4	1-2	2-3
Low resistance			
Corn	2-3	1-2	2-3
Millet	2-3	1-2	2-3
Sudan grass	2-3	1-2	2-3
Sorghum	2-3	1-2	2-3
Potato	2-3	—	1-2
No resistance			
Buckwheat	1-2	1-2	0.5-2
Castor bean	1-1.5	0.5-1	2
Cotton	1-2	1-2	2-3
Melons	0.5-1	0.5-1	1
Rice	0.5-1	0.5-1	0.5-1
Sesame	0.5-1	0.5-1	—
Peanut	0.5-1	—	—
Cucumber	0-1	—	—
Tomato	0-1	0-1	0-1
Tobacco	0-1	0-1	0-1

^a Selected data from Ventskevich (1958).

DANNI DA BASSE TEMPERATURE E DIFESA DALLE GELATE

Bruciatori e nebbie artificiali: la formazione di nubi artificiali contrasta l'irraggiamento in quanto la radiazione I.R. viene riflessa verso il suolo. per la riflessione è importante che la goccia in sospensione abbia una dimensione \odot di 8 – 12 μm (lunghezza d' onda I.R.)

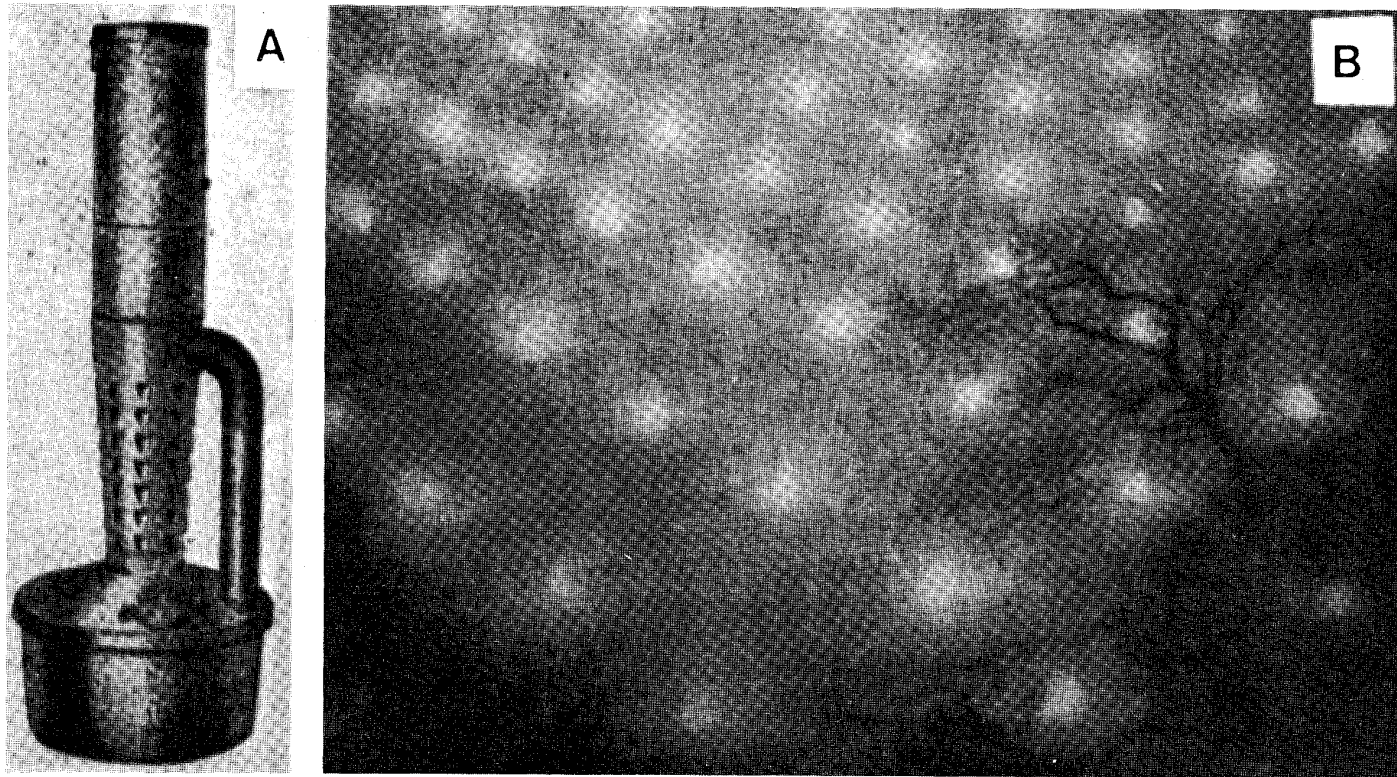


Fig. 110: A) fornello antibrina con recupero dei gas incombusti (California University); B) aspetto notturno di un frutteto con i fornelli antibrina in azione.

DANNI DA BASSE TEMPERATURE E DIFESA DALLE GELATE

Isolamento termico: copertura della coltura o di tronchi con coperture in plastica o carta, da mettere il tardo pomeriggio e rimuovere la mattina.

Ventilatori: i ventilatori sono montati su torri alte 10 – 15 m con pale di 3-5 m che rimescolano l'aria fredda dalla parte bassa con quella calda dalla parte alta. Sistema molto costoso per l'impianto(€ 15.000 a postazione) e l'esercizio (motori da 100 cv). In America usano gli elicotteri, più economici ed efficienti perché l'aria si muove verticalmente

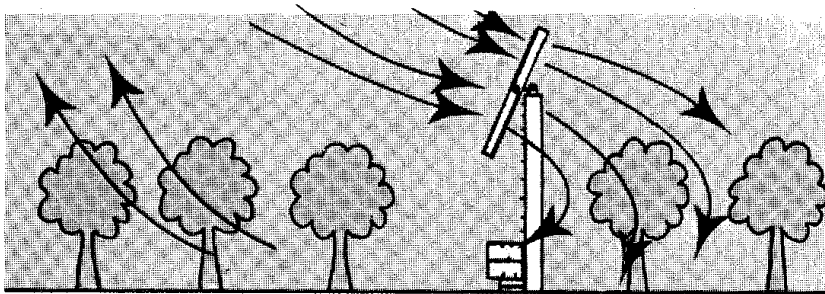


Fig. 113: rappresentazione schematica del principio di funzionamento di un ventilatore antibrina. L'aria fredda vicino al suolo viene sostituita da aria relativamente più calda proveniente dallo « strato di inversione termica ».

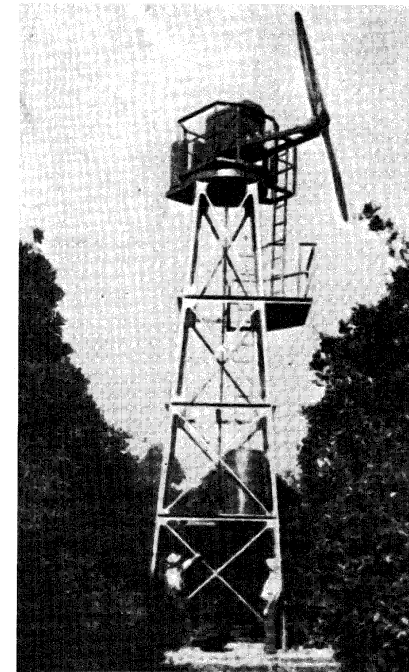


Fig. 112: ventilatore antibrina.

DANNI DA BASSE TEMPERATURE E DIFESA DALLE GELATE

Irrigazione antibrina: il calore di fusione e di solidificazione è di 335Jg^{-1} . Quando l'acqua viene nebulizzata rilascia calore congelando impedendo che la temperatura scenda sotto gli 0°C . Impianti per aspersione sopra chioma a bassa intensità e alta pressione; non sospendere l'irrigazione prima che la temperatura sale al di sopra del punto di fusione del ghiaccio, altrimenti danni molto pesanti. Funziona sino a $-2;-3^{\circ}\text{C}$.

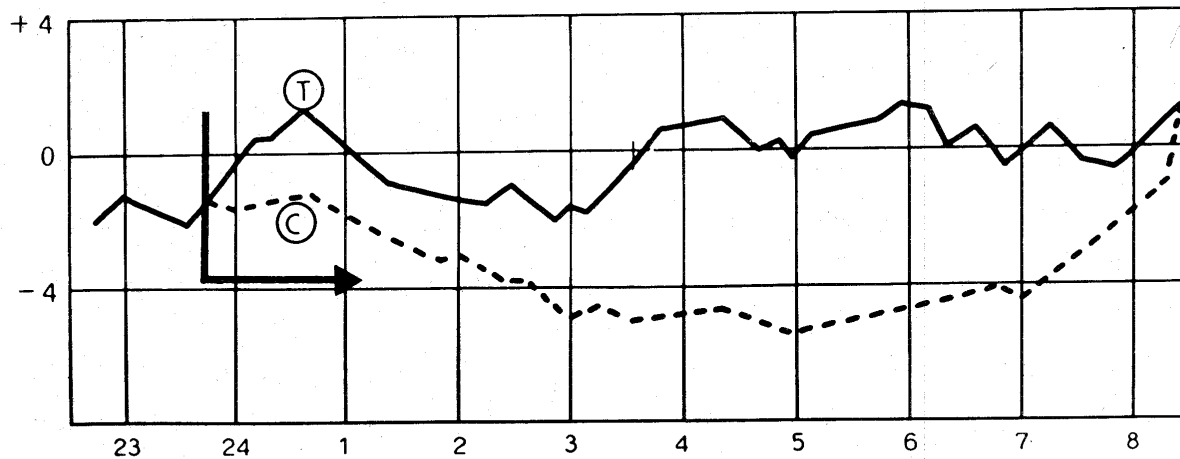
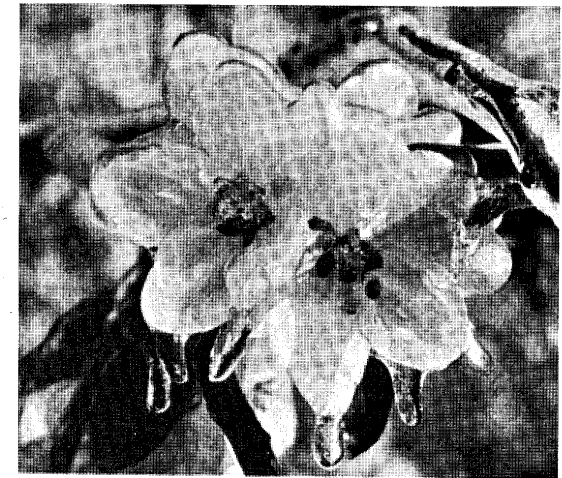


Fig. 115: andamento della temperatura all'interno di fiori trattati con irrigazione a pioggia antigelo (T) e di fiori controllo (C) nel corso di una brinata primaverile.



ig. 114: particolare di una infiorescenza di melo completamente inclusa nel ghiaccio durante l'irrigazione a pioggia antigelo.

TEMPERATURA DEL SUOLO E POSSIBILITA' DI CONTROLLO

La temperatura del suolo influenza la crescita della pianta principalmente agendo sui seguenti parametri:

Germinazione dei semi: la durata della fase di emergenza è influenzata da T e influenza la durata del ciclo.

Asportazione degli elementi nutritivi: la permeabilità osmotica delle membrane radicali e le velocità di asportazione dipendono dalla temperatura

Distribuzione radicale: in un suolo freddo le radici si espandono lateralmente in superficie, mentre in un suolo caldo penetrano verticalmente in profondità, con vantaggi per le asportazioni idriche e minerali.

Respirazione ed attività microbica del suolo: tutti i processi enzimatici dipendono dalla temperatura, pertanto la decomposizione dei residui organici è temperatura dipendente.

In genere nei nostri ambienti la temperatura agisce negativamente sui suddetti parametri quando è bassa, pertanto in inverno o primavera

TEMPERATURA DEL SUOLO E POSSIBILITA' DI CONTROLLO

La temperatura del suolo dipende dal colore (si riscaldano più facilmente i suoli scuri), dalla copertura vegetale (si riscaldano meno i suoli coperti da vegetazione), dalla giacitura ed esposizione (si riscaldano di più i suoli esposti a sud), e dalla diffusività e capacità termica, che dipendono dalla mineralogia (i suoli sabbiosi si riscaldano più velocemente), dal contenuto idrico (i suoli umidi si riscaldano più lentamente) e dal contenuto in aria (un suolo ben areato si riscalda più velocemente).

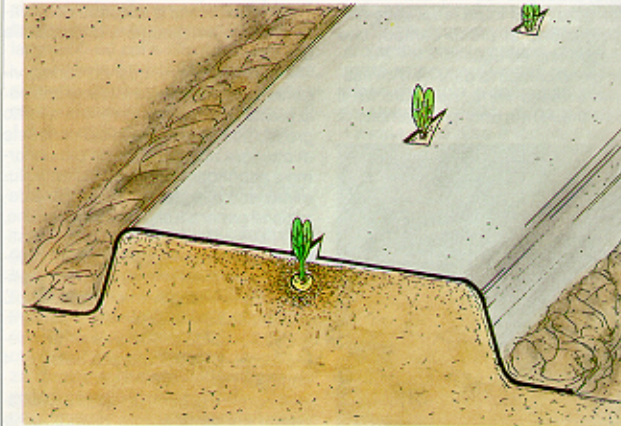
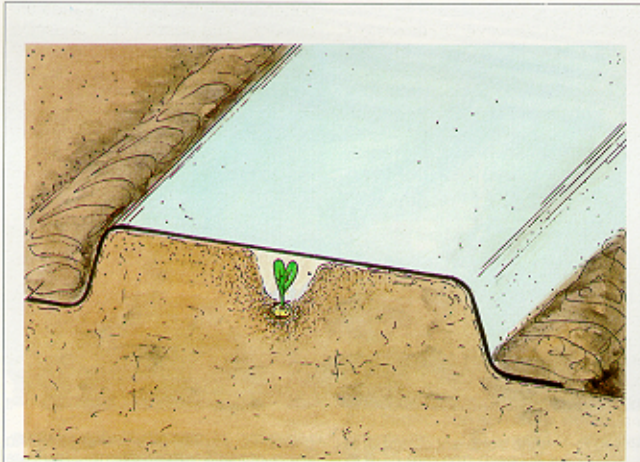
- un suolo sabbioso si riscalda e si raffredda più velocemente di uno argilloso
- un suolo umido si riscalda e si raffredda più velocemente di uno secco
- un suolo lavorato si riscalda e si raffredda più velocemente di uno non lavorato

Per controllare la temperatura del suolo:

- regimazione idrica
- lavorazioni
- **Pacciamatura**

PACCIAMATURA

Copertura del suolo con materiali che, a seconda della loro natura, possono avere un effetto riscaldante o rinfrescante.



5-Sistema di semina con pacciatura e creazione della camera d'aria (sopra); sistema di semina con foratura del film di pacciatura (sotto)

Flux density ($W m^{-2}$)

	Open	Black	Paper	Hay
R_n	642	712	433	607
H	-362	-635	-349	-489
LE	-195	0	-42	-84
S	-85	-77	-42	-35

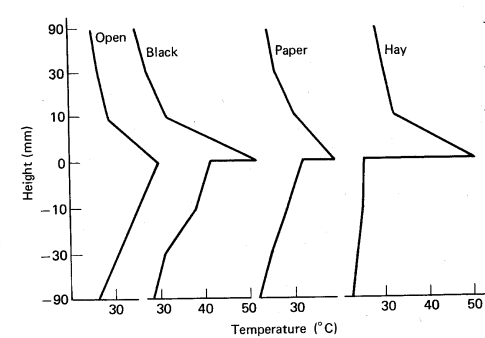


Fig. 6.4 Midday temperature profiles and energy balance in mid-June at Hamden, Connecticut (after Waggoner et al., 1960).

Flux density ($W m^{-2}$)

	Open	Black	Translucent	Aluminum
R_n	447	503	447	279
H	-279	-453	-328	-265
LE	-70	0	0	0
S	-98	-50	-119	-14

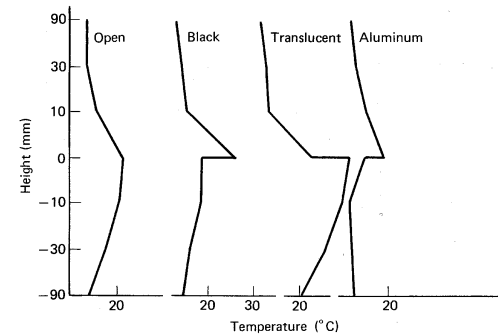


Fig. 6.5 Midday temperature profiles and energy balance in mid-October at Hamden, Connecticut (after Waggoner et al., 1960).

DANNI DA ALTE TEMPERATURE E DIFESA

- scottature
- ridotta allegazione
- aborti fiorali e cascola dei frutti
- stretta del frumento e apoplezia della vite.

DIFESA

- reti ombreggianti
- scelta varietale
- irrigazione umettante e climatizzante



STRUMENTI PER LA MISURA DELLA TEMPERATURA

Figura 8.5.
Termometri a massima (A), a minima (B) e a massima e minima (C).

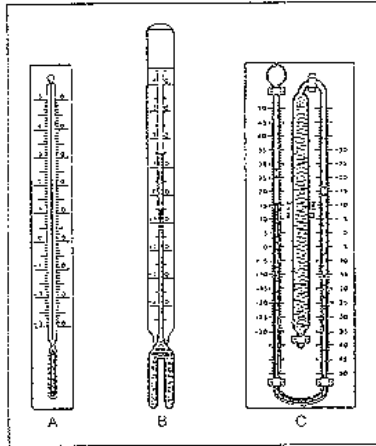
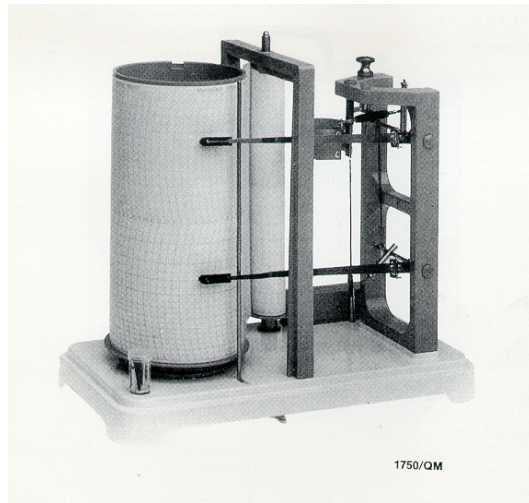
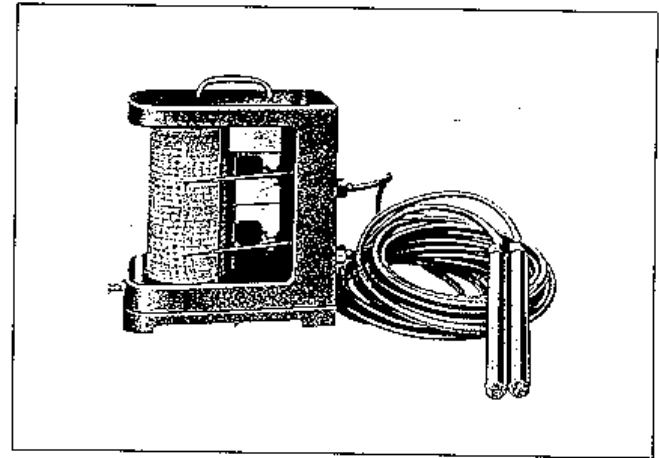
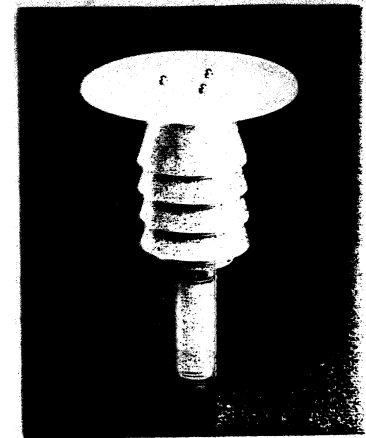


Figura 8.6.
Geotermografo



Termoigrografo meccanico



Termometro a termistore

VENTO

Spostamento di masse d'aria provocato da una differenza di pressione tra un posto ed un altro.

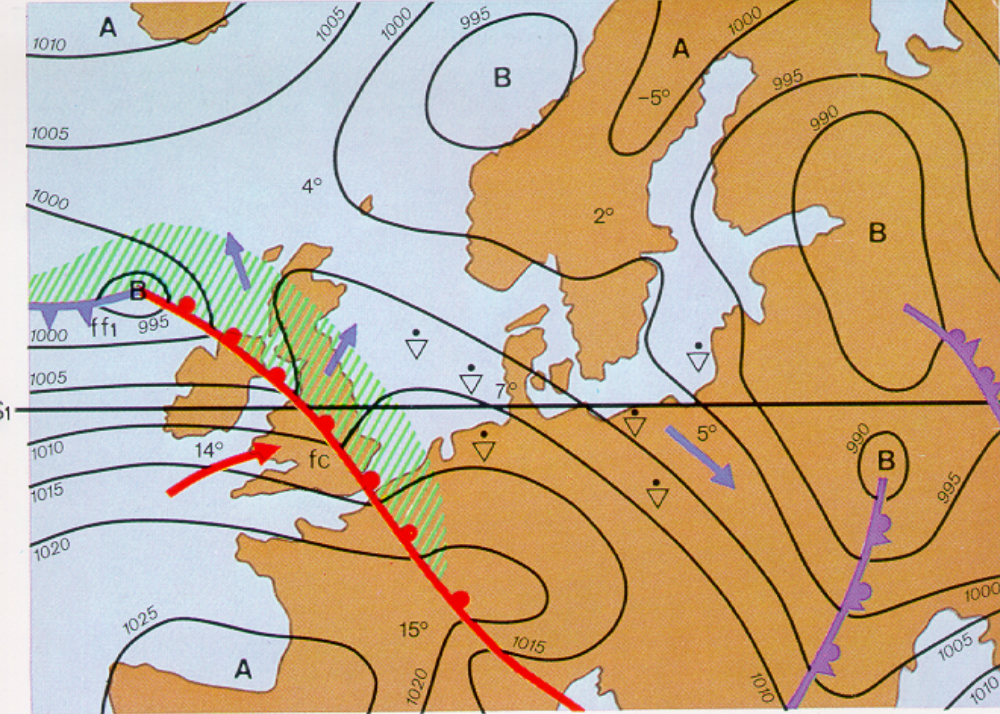
E' una grandezza vettoriale caratterizzata da:

Direzione: indica il luogo da cui proviene la massa d'aria

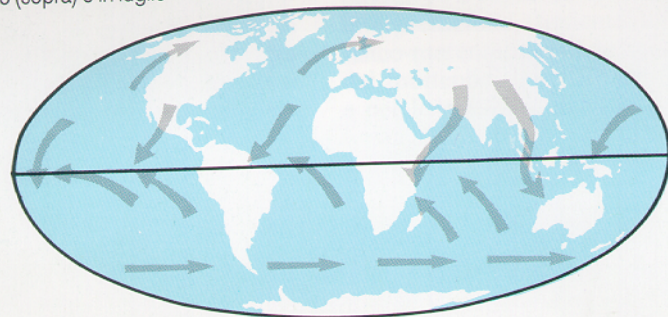
Intensità: indica la velocità di spostamento delle particelle di aria; Lungo la direzione si possono avere una componente orizzontale (n) ed una verticale (w), ma generalmente si considera solo quella orizzontale, che, in generale, è il doppio di quella verticale.

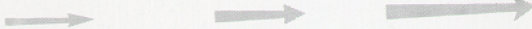
Le masse d'aria si spostano dai centri di alta pressione a quelli di bassa pressione

Pressione atmosferica: forza che l'aria esercita sull'unità di superficie terrestre ed in ogni punto dello spazio. Ad ogni quota è equivalente al peso della colonna d'aria di sezione unitaria che si estende da quel punto e da quella quota al limite estremo dell'atmosfera. La pressione dell'aria varia in funzione della temperatura, dell'altitudine, dell'afflusso o deflusso di masse d'aria etc..

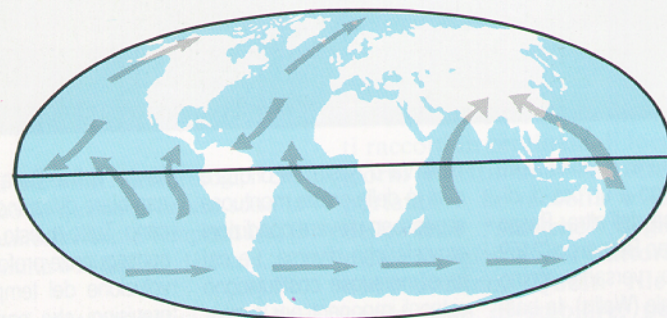


Le principali direzioni dei venti in gennaio (sopra) e in luglio (sotto).





 venti di ponente alisei monsoni



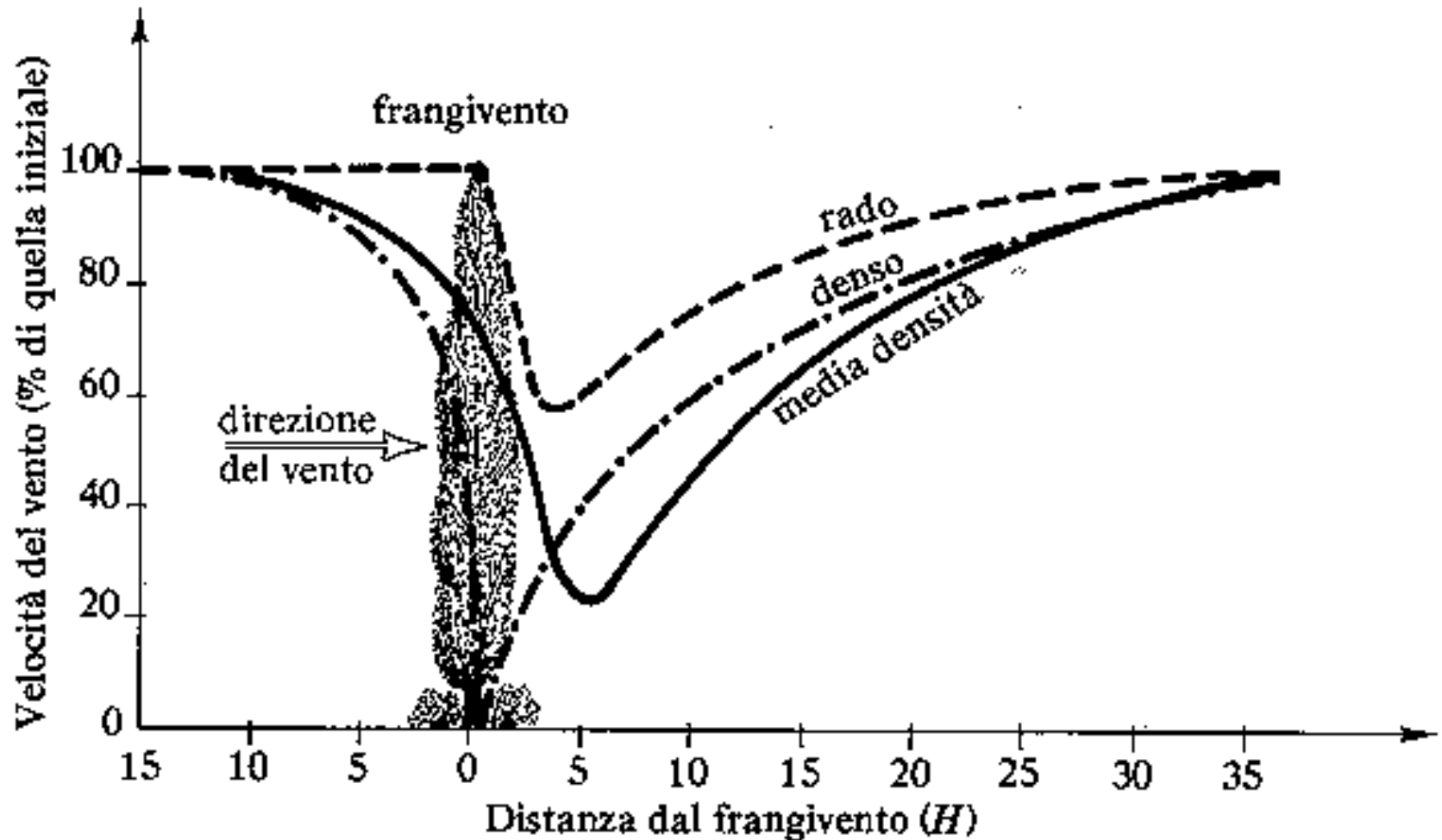
AZIONE DEL VENTO SUI VEGETALI

- Favorisce gli scambi gassosi (H_2O , CO_2 , O_2 , N)
- Favorisce la penetrazione della luce nelle parti basali della coltura (oscillazione delle foglie ☞ sunfleck)
- Trasporta il polline e gli organi di riproduzione di molte specie

Se la velocità del vento è eccessiva si possono verificare effetti negativi quali:

- Eccessiva ET → stress idrico (specie per venti caldi: stretta)
- Allettamento, caduta di foglie e frutti, sradicamento
- Trasporto di sali nelle aree rivierasche
- Erosione eolica

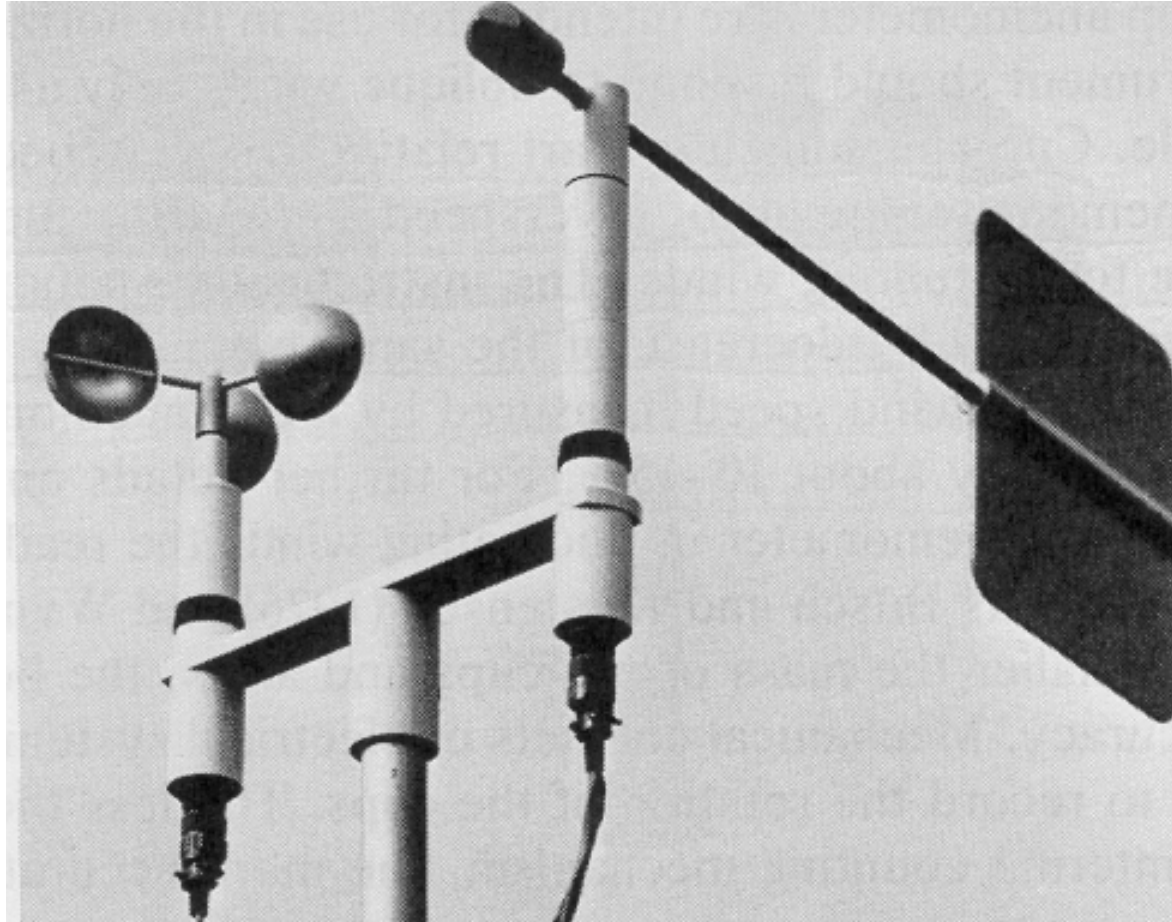
Frangivento per il controllo della velocità del vento



Rappresentazione schematica dell'effetto di frangiventi di diversa densità (e di altezza H) sulla velocità del vento man mano che ci si allontana dal frangivento stesso. Le distanze sono espresse prendendo H come unità di misura.

STRUMENTI PER LA MISURA DEL VENTO

Anemometro
(misura la
velocità)



Anemoscopo
(misura la
direzione)

UMIDITA'

Acqua allo stato di vapore presente nella miscela gassosa che costituisce l'aria stessa.

Il vapore deriva dall'evaporazione dell'acqua dei mari, laghi, terreni, ghiacciai e, in misura minore, dalla respirazione e traspirazione di animali e piante.

Nella biosfera l'acqua, nei vari passaggi di stato, svolge una funzione termoregolatrice e di trasporto del calore molto importante.

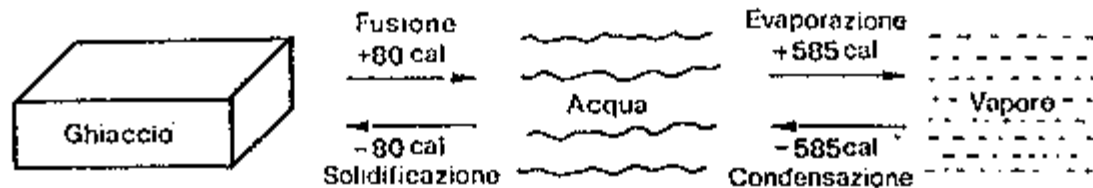


Fig. 4.1 – Calorie assorbite (+) e cedute (-) da un grammo di acqua nei cambiamenti di stato. Il valore dato per l'evaporazione e la condensazione è solo indicativo poiché esso varia con la temperatura approssimativamente con una legge del tipo:

$$L = 598.2 - 0.583 T$$

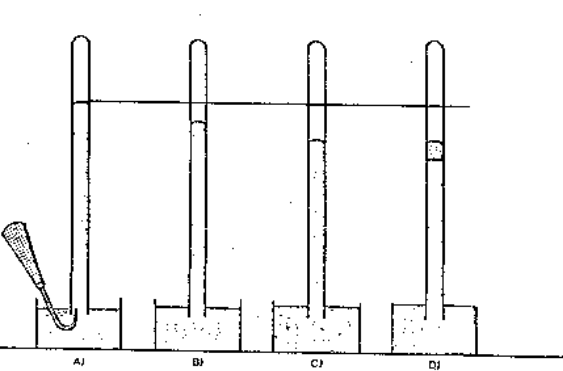
con L in cal g^{-1} e T in $^{\circ}\text{C}$

ottenuta a partire dai valori sperimentali di L a 0°C (598.2 cal g^{-1}) e a 100°C (539.9 cal g^{-1}) e supponendo, in questo intervallo, lineare la dipendenza di L dalla temperatura.

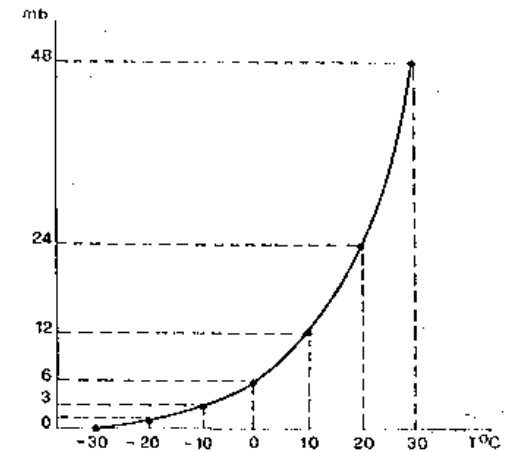
Parametri per definire lo stato igrometrico dell'atmosfera

Umidità assoluta: quantità in peso di acqua in fase di vapore presente nell'unità di volume di aria (g/cm^3).

Pressione di vapore: pressione parziale esercitata dalle molecole di acqua in fase di vapore presente nell'aria (e_a , mbar).



Aggiungendo acqua ad una provetta in cui è stato creato il vuoto riempiendola di mercurio e poi rovesciandola in un contenitore, la colonna di mercurio si abbassa spinta dalla pressione di vapore dell'acqua. Aggiungendo sempre acqua, questa ad una data temperatura si condensa, raggiungendo la saturazione.



Pressione di vapore saturo: pressione di vapore acqueo in condizioni di saturazione (e_s , mbar); e_s varia con la temperatura (aumenta all'aumentare della temperatura).

Umidità relativa: rapporto tra la pressione effettiva e la pressione di vapore saturo alla temperatura considerata (e_a/e_s , %).

Deficit di saturazione del vapore: differenza tra $e_s - e_a$, (vpd, mbar)

Parametri per definire lo stato igrometrico dell'atmosfera

IL VPD COSTITUISCE LA FORZA MOTTRICE DEL PROCESSO EVAPOTRSPIRATIVO

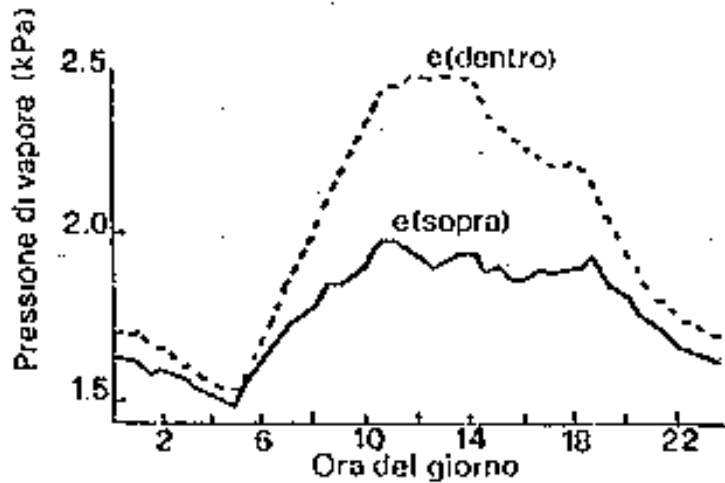


Fig. 4.5 – Andamento giornaliero della pressione di vapore sopra (————) e dentro (-----) una coltura di fagioli irrigata (da Rosenberg ed altri).

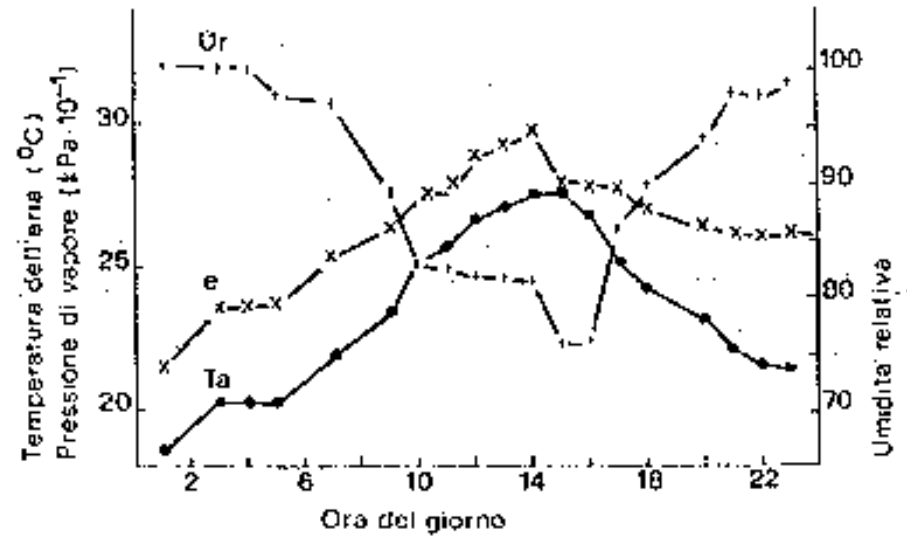
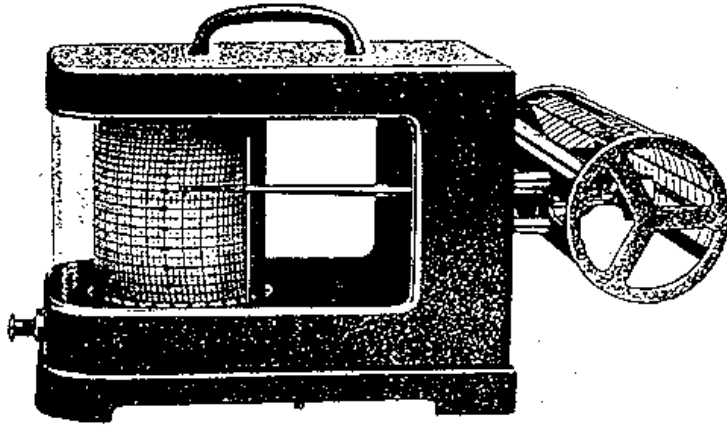
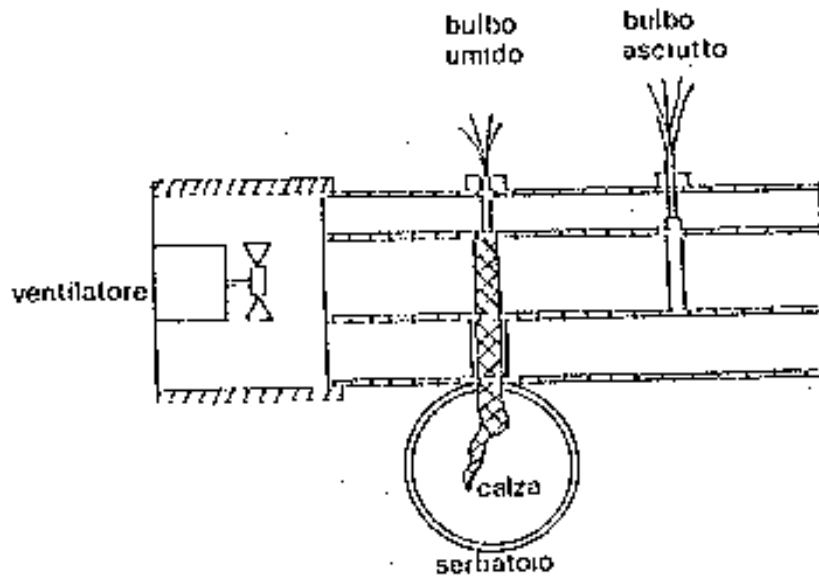


Fig. 4.6 – Andamento giornaliero tipico della temperatura dell'aria (●), pressione di vapore (x), umidità relativa (+), sopra una coltura di soia (da Rosenberg ed altri).

STRUMENTI PER LA MISURA DELL'UMIDITA'



Igrografo a capello



Psicrometro

PRECIPITAZIONI

Quando la temperatura dell' aria scende al di sotto del punto di rugiada, il vapor d'acqua va incontro a condensazione o solidificazione, a seconda che la temperatura sia superiore o inferiore a 0° C.

Se ciò si verifica al suolo si ha la formazione di rugiada ($T > 0^{\circ}$ C) o di brina ($T < 0^{\circ}$ C).

La rugiada e la brina, oltre che costituire un apporto idrico per le colture (in genere limitato ad appena 0.01mm, ma in alcuni casi può essere consistente) svolgono una importante funzione di volano termico. Evaporando o fondendosi rallentano il riscaldamento diurno, condensando o solidificando rallentando il raffreddamento notturno.

Se la condensazione o sublimazione avviene in quota si ha la formazione delle nubi

PIOGGIA: le nubi sono costituite da goccioline di r compreso tra 1 e 100 μm . In presenza di nuclei di condensazione (particelle solide di $r > 1\mu\text{m}$) le goccioline si aggregano, e quando il loro $r > 1-2 \text{ mm}$ per gravità cadono al suolo originando le precipitazioni.

Il r delle gocce è sempre compreso tra 1 e 6 mm (oltre il massimo l'attrito durante la caduta al suolo le rompe), e dipende dal numero e dimensione dei nuclei di condensazione.

In n° dei nuclei di condensazione è generalmente compreso tra 100 e 1000 per cm^3 . In caso di carenza si può effettuare l'inseminazione delle nubi con ioduro d'argento.

Un concetto agronomico molto importante è quello di **pioggia utile**: quota parte di precipitazioni che può essere trattenuta dal terreno nello strato interessato dalle radici delle piante coltivate.

Essa dipende dalle caratteristiche delle precipitazioni (**quantità, intensità e frequenza**), **dal ritmo traspirativo della coltura** (ET) e dalle caratteristiche orografiche (**pendenza**) ed idrologiche (**permeabilità e capacità di vaso**) del suolo.

STIMA DELLA PIOGGIA UTILE

METODO CHAPTAL (per la stima della p.u. di un singolo evento piovoso)

$P_u = P \times (1-v)$	$P = \text{pioggia totale caduta in mm}$
$v = 0 \text{ se } P < d$	$d = \text{durata dell'evento piovoso in ore (h)}$
$v = (P-d)/(P+d) \text{ se } P > d$	

METODO USDA (per la stima della pioggia utile a livello mensile)

Tab. 2.12 — Stima della pioggia utile (mm), in assenza di scorrimento superficiale, con il metodo USDA (SCS)

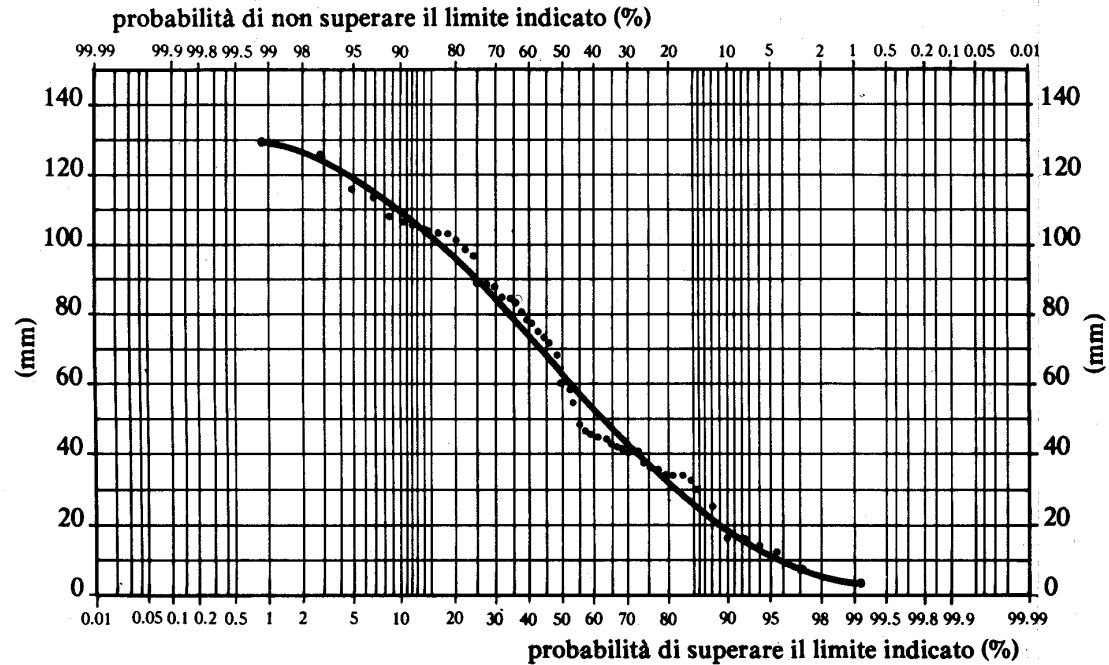
ET (mm) mensile	Pioggia mensile (mm)															
	12.5	25	37.5	50	62.5	75	87.5	100	112.5	125	137.5	150	152.5	175	187.5	200
	Pioggia utile mensile (mm)															
25	8	16	24													
50	8	17	25	32	39	46										
75	9	18	27	34	41	48	56	62	69							
100	9	19	28	35	43	52	59	66	73	80	87	94	100			
125	10	20	30	37	46	54	62	70	76	85	92	98	107	116	120	
150	10	21	31	39	49	57	65	74	81	89	97	104	112	119	127	133
175	11	23	32	42	52	61	69	78	86	95	103	111	118	126	134	141
200	11	24	33	44	54	64	73	82	91	100	109	117	125	134	142	150
225	12	25	35	47	57	68	78	87	96	106	115	124	132	141	150	159
250	13	25	38	50	61	72	84	92	102	112	121	132	140	150	158	167
<i>RU</i>	20	25	37,5	50	62,5	75	100	125	150	175	200					
<i>F_c</i>	0,73	0,77	0,86	0,93	0,97	1,00	1,03	1,04	1,06	1,07	1,08					

Distribuzione di frequenza della quantità di pioggia: per caratterizzare una zona da un punto di vista delle probabilità di pioggia (molto importante al fine di bilanci idrici)

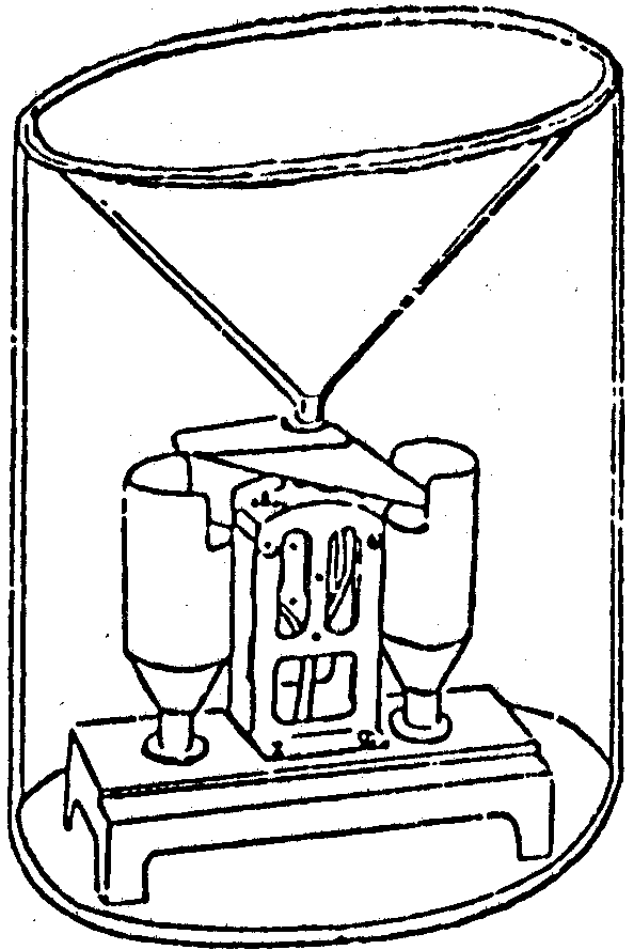
Formula di Hazen $F_a = 100 \times (2n - 1) / 2 \times N$ dove F_a = probabilità di superare un determinato valore di pioggia, $n = n^\circ$ d'ordine per valori decrescenti, $N = n^\circ$ dati

Tab. 2.13 — Calcolo delle probabilità di pioggia: mese di giugno a Rovigo

anno	P dell'anno (mm)	n	P in ordine decrescente (mm)	F _a (%)
1921	99,2	1	128,7	0,9
1922	108,2	2	125,4	2,7
1923	80,6	3	116,4	4,6
1924	77,2	4	113,2	6,5
1925	54,4	5	108,2	8,3
1926	42,7	6	107,6	10,2
1927	37,6	7	107,0	12,0
1928	84,8	8	104,1	13,9
1929	16,8	9	103,8	15,7
1930	12,0	10	102,6	17,6
1931	7,6	11	101,6	19,4
1932	88,0	12	99,2	21,3
...
1973	40,6	53	7,6	97,2
1974	73,2	54	3,2	99,1



STRUMENTI PER LA MISURA DELLA PIOGGIA



Pluviografo a vaschetta oscillante

GRANDINE E MEZZI DI DIFESA

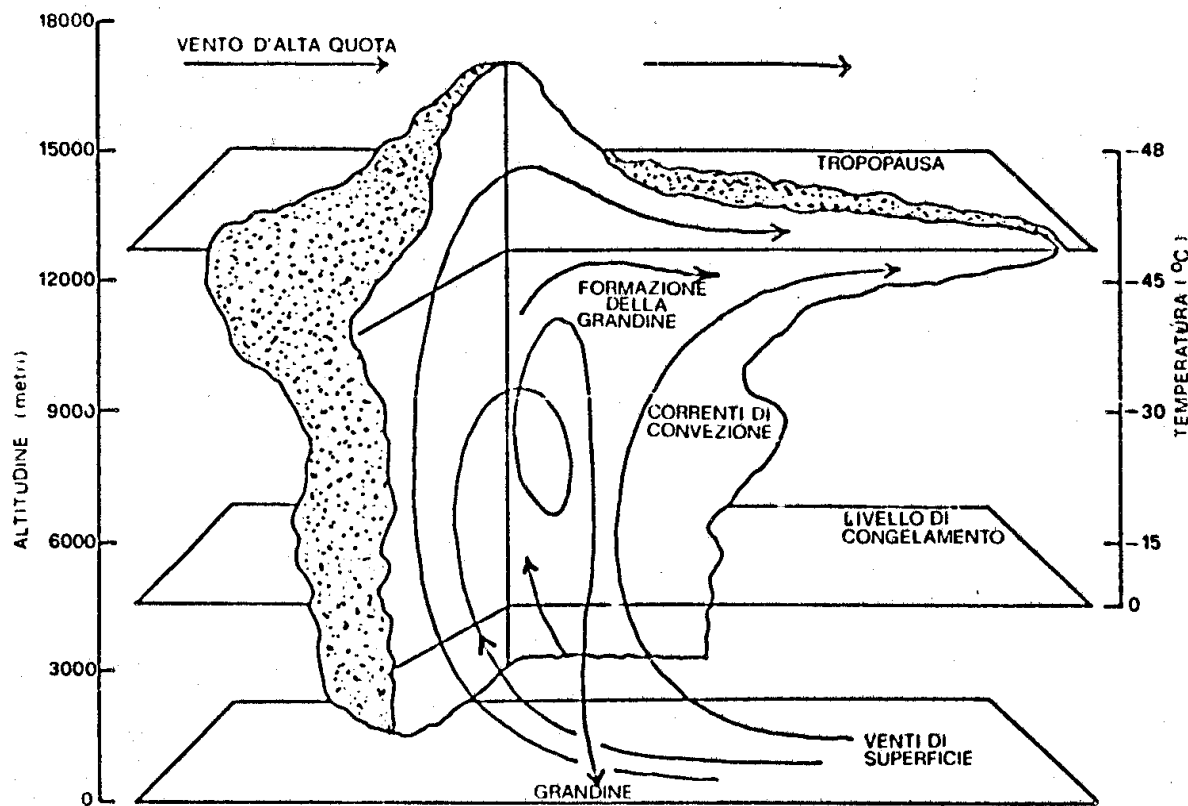


Fig. 6.10 - Schema di formazione della grandine (da «LE SCIENZE» - 1971 -).

Le nubi cumuliformi rappresentano l'ambiente in cui i chicchi di grandine si formano e si accrescono. I chicchi normalmente si formano in quella parte della nube in cui la temperatura è compresa tra i -5 e i -20 °C e in cui le correnti ascendenti attraversano zone ricche di goccioline di acqua sovraraffreddata. I chicchi di grandine, durante la loro caduta, si accrescono per impatto contro tali goccioline. Se le correnti ascendenti sono violente, i chicchi di grandine possono accrescersi mentre vengono trascinati verso l'alto. Se uno di questi chicchi viene trascinato nell'incudine che costituisce la parte più alta della nube (*in alto a destra*), e successivamente cade, esso può essere coinvolto da un'altra corrente ascendente in un nuovo circuito.

GRANDINE E MEZZI DI DIFESA

DIFESA ATTIVA {
 preventive (razzi)
 diretta (reti)

DIFESA PASSIVA (ASSICURAZIONI)

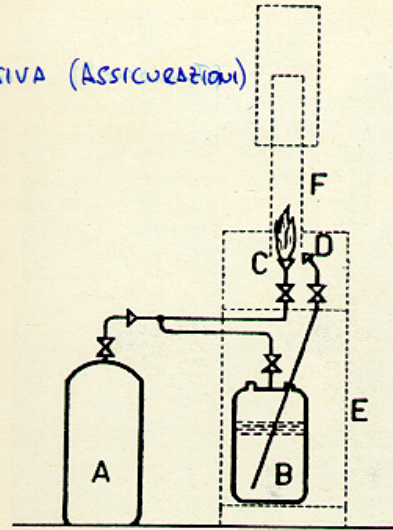


Fig. 121: schema di un generatore di ioduro d'argento per la « nucleazione artificiale » da terra. A) bombola di gas propano liquefatto; B) contenitore della soluzione di ioduro d'argento; C) bruciatore; D) iniettore della soluzione di ioduro d'argento nebulizzata; E) struttura metallica del generatore; F) camino.



Fig. 122: postazione per il lancio di razzi antigrandine in un pereto.

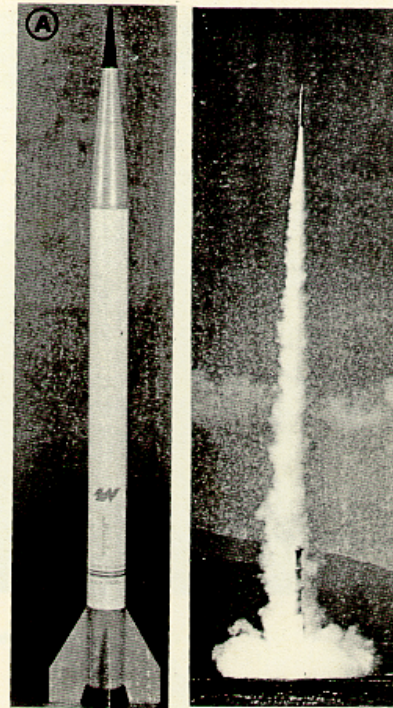


Fig. 123: A) un razzo antigrandine; B) il lancio di un razzo antigrandine da una postazione del tipo riprodotto nella figura 122.

La *difesa diretta* consiste nell'impedire che la grandine battente raggiunga le colture e si attua per mezzo delle apposite *reti protettive* di plastica sostenute su apposite armature al di sopra delle piante che si intende proteggere (fig. 124). È questo il sistema di difesa più efficace e sicuro; presenta tuttavia un costo alquanto elevato.

La *difesa passiva* consiste nel risarcimento dei danni causati dalla grandine alle colture, in base ai benefici previsti dal « fondo di soli-