



FEASR



REGIONE DEL VENETO



FONDO EUROPEO AGRICOLO PER LO SVILUPPO RURALE: L'EUROPA INVESTE NELLE ZONE RURALI



# “La gestione efficiente dell’acqua in orticoltura”

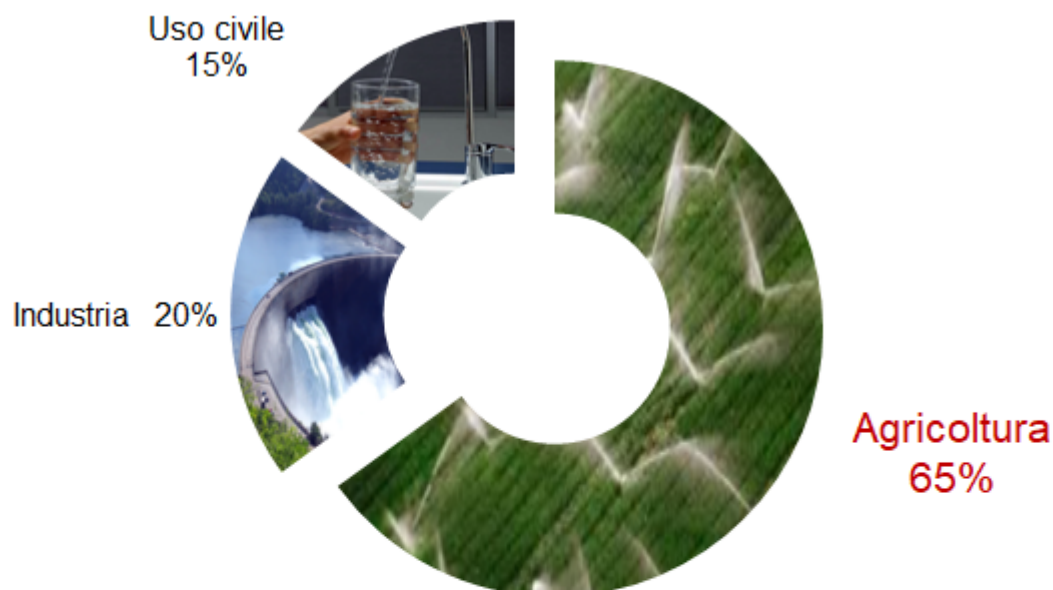
Guglielmo Ciardi, *Mulino sul Sile* (olio su tela, 1877-78 circa)

*a cura di*

Paolo Sambo – Dipartimento DAFNAE, Università degli Studi di Padova  
[paolo.sambo@unipd.it](mailto:paolo.sambo@unipd.it)



# L'uso dell'acqua in Italia



11 miliardi di m<sup>3</sup> nel 2009-2010  
(Fonte ISTAT)



Solo l'11% è destinato alle colture ortive  
e piante ornamentali in piena aria

Generalmente TUTTE LE SPECIE ORTICOLE vengono condotte con l'ausilio dell'irrigazione

## CONSUMI IRRIGUI STAGIONALI:

- Tra 100 e 300 mm in caso di ortaggi a foglia coltivati in pieno campo
- Tra 1000 e 5000 mm in caso di solanacee e cucurbitacee in ambiente protetto

→ **TENDENZA ALLA SOVRA-IRRIGAZIONE!!**

- Lisciviazione fertilizzanti
- Aumento costi di produzione

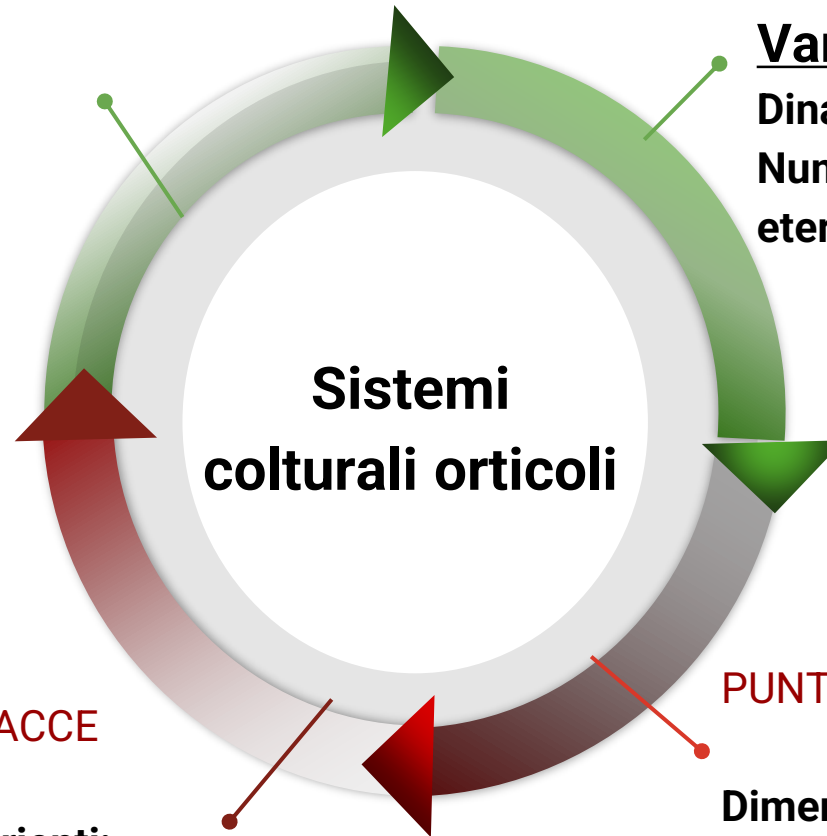
→ **NECESSARIA POLITICA DI  
GESTIONE INTEGRATA  
DELLE RISORSE IDRICHE**

## OPPORTUNITÀ

**Attività abbastanza remunerativa;**  
**Diversificazione della produzione;**

## PUNTI DI FORZA

**Variabilità ambientale,**  
**Dinamicità delle produzioni;**  
**Numerosità di cicli colturali ed eterogeneità di produzione.**



## POSSIBILI MINACCE


**Bassa efficienza uso nutrienti;**  
**Vincoli normativi per fertilizzazione.**  
**Variabilità ambientale**

## PUNTI DI DEBOLEZZA

**Dimensione aziendale ridotta;**  
**Esigenze colturali diverse e variabilità di sistemi di produttivi;**  
**Dipendenza dell'irrigazione.**


# Il Clima

**Primavera**



**Aprile**

Intrusione aria fredda da nord-ovest



causa




Gelate tardive a inizio aprile

**Maggio**

Flussi medi atlantici

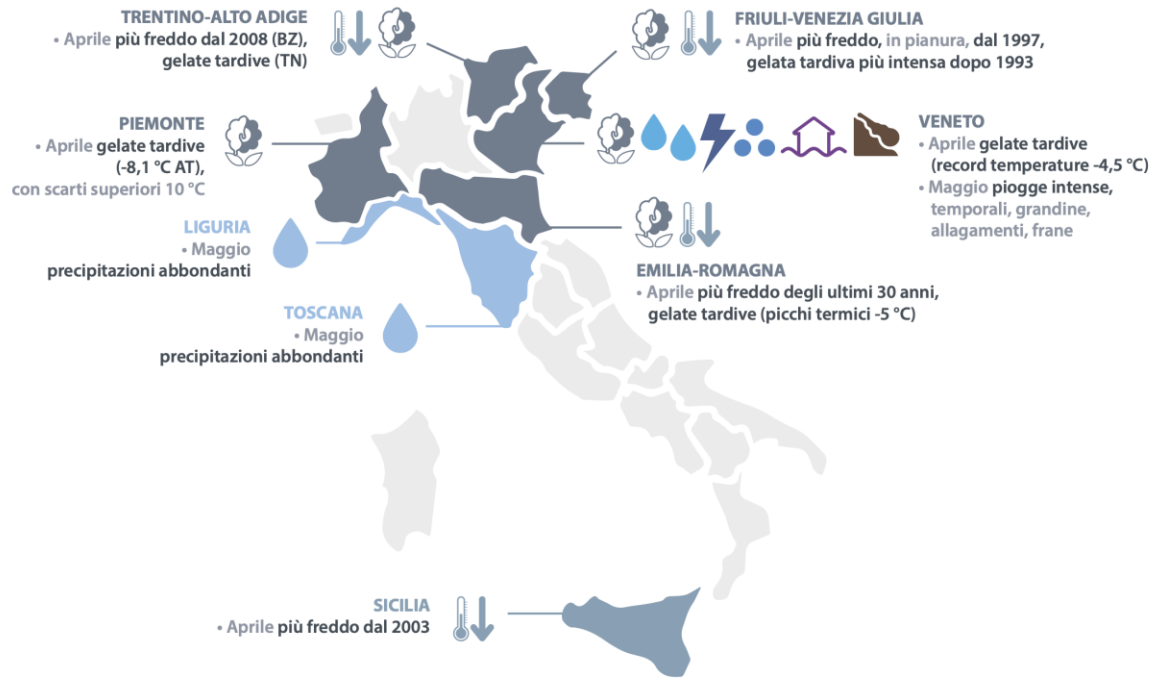


causano




Precipitazioni a nord-est + Liguria e Toscana

## Eventi estremi in Italia nel 2021



- LEGENDA**
-  Nevicate
  -  Anomalie negative di temperatura
  -  Gelate tardive
  -  Gelicidi
  -  Grandinate
  -  Piogge
  -  Piogge intense
  -  Temporali
  -  Venti forti
  -  Trombe d'aria
  -  Mareggiate
  -  Piene
  -  Allagamenti
  -  Frane
  -  BIC negativo
  -  Piogge scarse
  -  Siccità
  -  Caldo anormale

Rapporto SNPA 2022

# Il Clima

I  
n  
v  
e  
r  
n  
o

**Gennaio**  
Saccatura persistente sull'Europa centro-orientale

causa

NORD + SUD

• Precipitazioni sopra media  
• Temperature sotto media

Picchi termici

## Eventi estremi in Italia nel 2021



### LEGENDA

- Nevicate
- Anomalie negative di temperatura
- Gelate tardive
- Gelicidi
- Grandinate
- Piogge
- Piogge intense
- Temporali
- Venti forti
- Trombe d'aria
- Mareggiate
- Piene
- Allagamenti
- Frane
- BIC negativo
- Piogge scarse
- Siccità
- Caldo anomalo

Rapporto SNPA 2022





# Il Clima

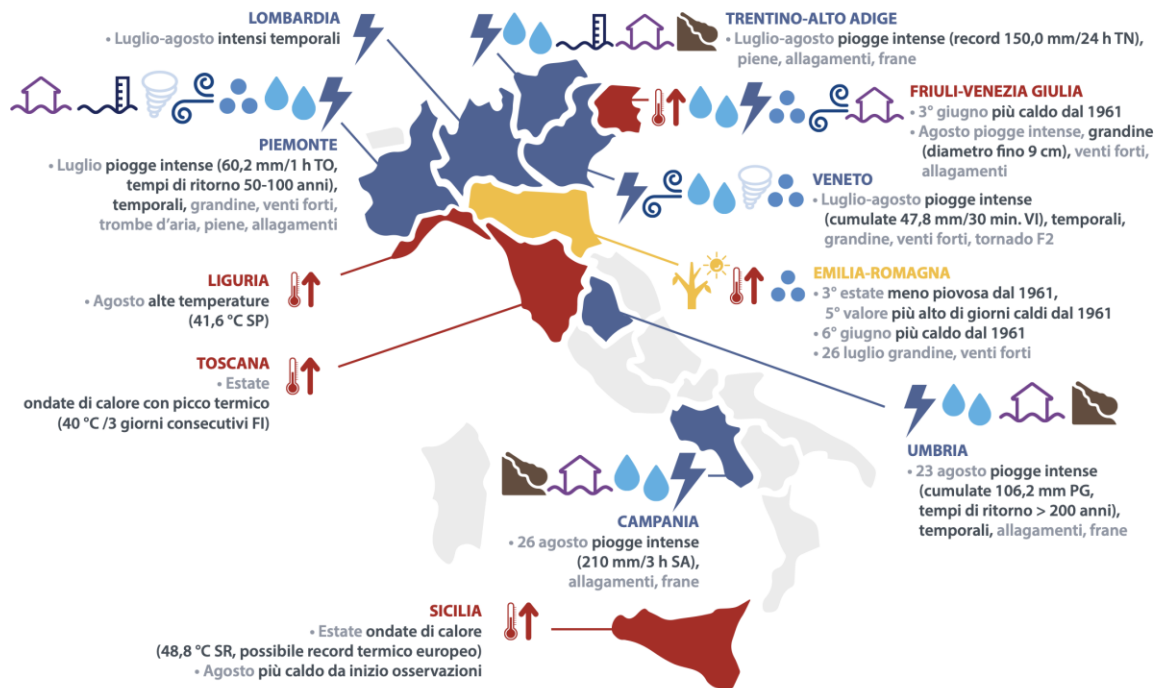
**Estate**

Condizioni di alta pressione e correnti africane

causano

Intense anomalie termiche positive + Siccità (escluso arco alpino)

## Eventi estremi in Italia nel 2021



### LEGENDA

- Nevicate
- Anomalie negative di temperatura
- Gelate tardive
- Gelicidi
- Grandinate
- Piogge
- Piogge intense
- Temporali
- Venti forti
- Trombe d'aria
- Mareggiate
- Piene
- Allagamenti
- Frane
- BIC negativo
- Piogge scarse
- Siccità
- Caldo anomalo

Rapporto SNPA 2022



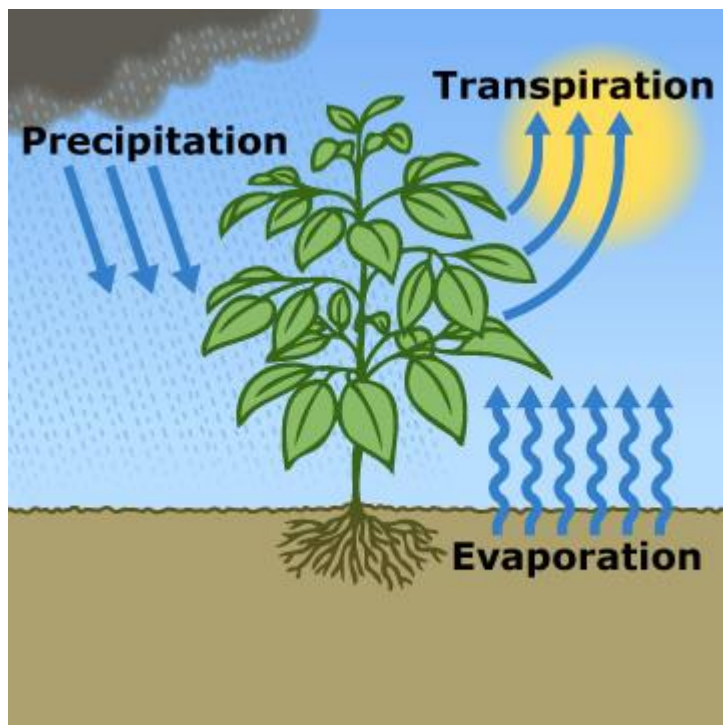
# L'acqua nel terreno

In agricoltura l'acqua è il fattore maggiormente limitante per la produzione



Consumi idrici sono determinati da **EVAPOTRASPIRAZIONE (ET)**

**ET** = evaporazione dell'acqua dalla superficie del TERRENO e delle **FOGLIE**



**Kc** (coefficiente colturale) dipende da:

- specie coltivata;
- copertura vegetale;
- LAI (*Leaf Area Index*) area totale delle foglie per unità di superficie di terreno coltivato.

Valori indicativi:

- 0,15 - 0,20 in post trapianto
- 0,30 - 0,50 nella fase di rapido accrescimento
- 0,70 - 1 nella fase di crescita stazionaria

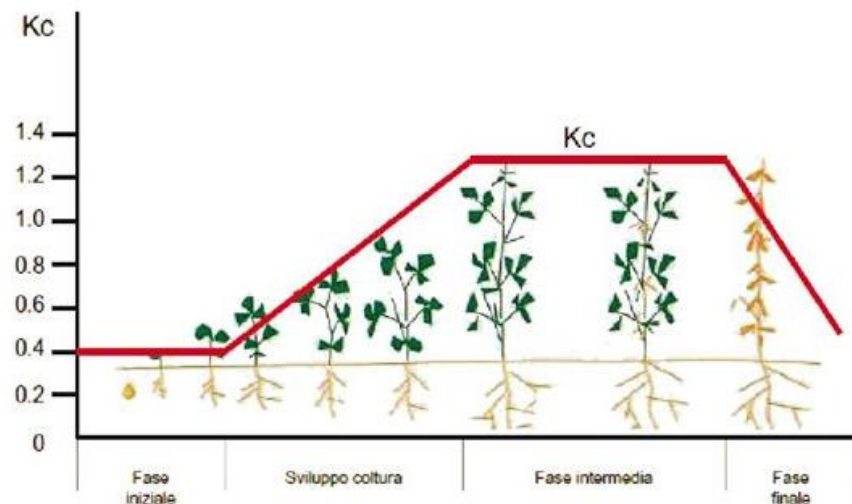
# Tipi di evapotraspirazione

- ETP o  $ET_0$  (evapotraspirazione potenziale o di riferimento)- è la massima ET che può essere trasferita per la atmosfera. Dipende solo dal **potere evaporante dell'atmosfera** e della **vegetazione**;
- ETE (evapotraspirazione effettiva)- **reale perdita** di acqua della coltura in oggetto. In genere, inferiore a ETP



# Evapotraspirazione durante la crescita

L'andamento dell'evapotraspirazione segue le diverse fasi fenologiche della pianta.



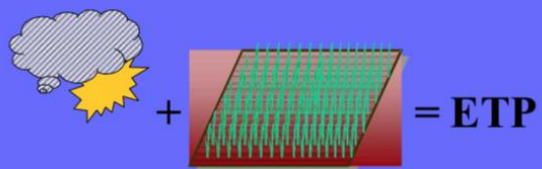
Tra i metodi indiretti esistono numerose equazioni matematiche, più o meno complesse, che mettono in relazione l'ET con parametri climatici e/o fisiologici.

Coefficienti colturali (Kc) Fonte: ARSIA - Toscana

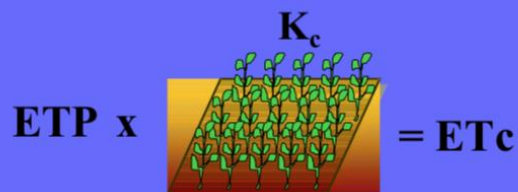
Coltura	Pomodoro da industria				
Fase e (date orientative d'inizio fase)					
	Da trapianto a fioritura del primo palco (1/5)	Da fioritura del primo palco a ingrossamento bacche del secondo palco (1/6)	Da ingrossamento bacche del secondo palco a 10% dei pomodori rossi (1/7)	Da 10 % di pomodori rossi al 40% dei pomodori rossi (15/7)	dal 40% dei pomodori rossi alla raccolta
Kc	0,5	1,1	1,1	0,8	Interrompere l'irrigazione
Coltura	pomodoro da mensa pacciamato				
Fase e (date orientative d'inizio fase)					
	Da trapianto a fioritura del primo palco (1/5)	Da fioritura del primo palco a inizio invaiatura (10/6)	da inizio invaiatura ad inizio raccolta (5/7)	da inizio raccolta a fine raccolta (20/7)	
Kc	0,28	0,9	0,78	0,25	

# ETP e Kc

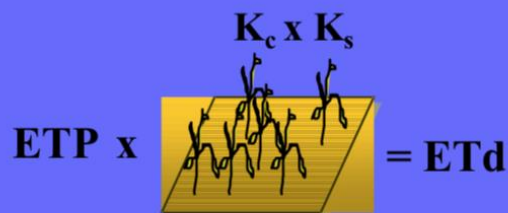
## Stima dell'evapotraspirazione reale ET



*ETP* dal tempo meteo

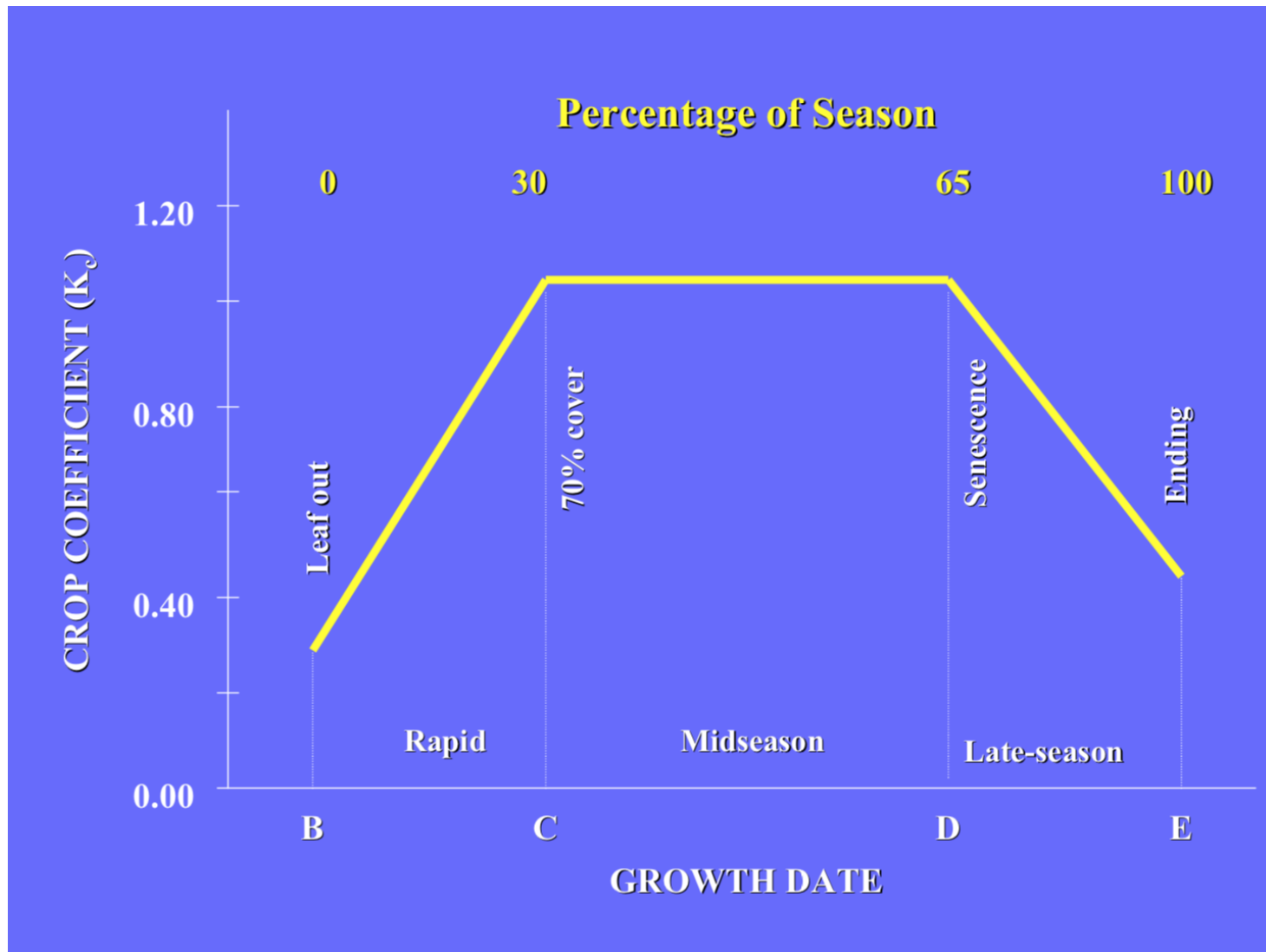


$$ET_c = ETP \times K_c$$



$$ET_d = ET_c \times K_s$$

# ETP e Kc



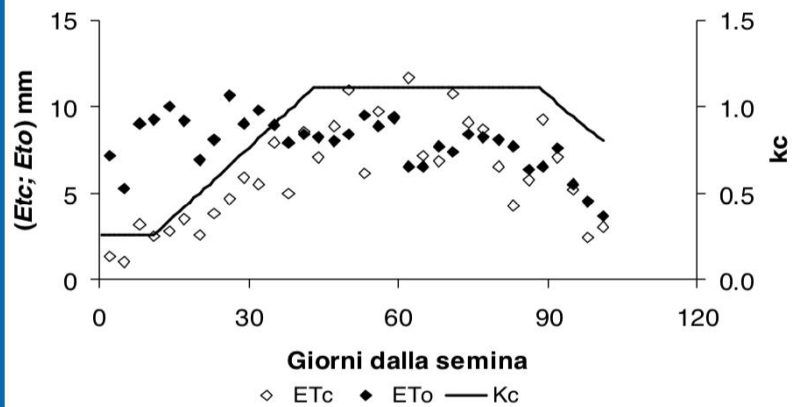
# ETP e Kc

## *K<sub>c</sub> Values (FAO 56)*

<i>Crop</i>	<i>K<sub>c</sub> midseason</i>	<i>K<sub>c</sub> end season</i>
<i>Small Vegetables</i>	1.00 - 1.05	0.75 - 0.95
<i>Tomatoes &amp; Peppers</i>	1.05 - 1.15	0.70 - 0.90
<i>Cucumber Family</i>	0.85 - 1.00	0.60 - 0.90
<i>Roots &amp; Tubers</i>	1.05 - 1.20	0.70 - 0.95
<i>Legumes</i>	1.00 - 1.15	0.35 - 1.10
<i>Oil Crops</i>	1.00 - 1.15	0.25 - 0.55
<i>Cereals</i>	1.00 - 1.20	0.25 - 1.05

# ETP e Kc

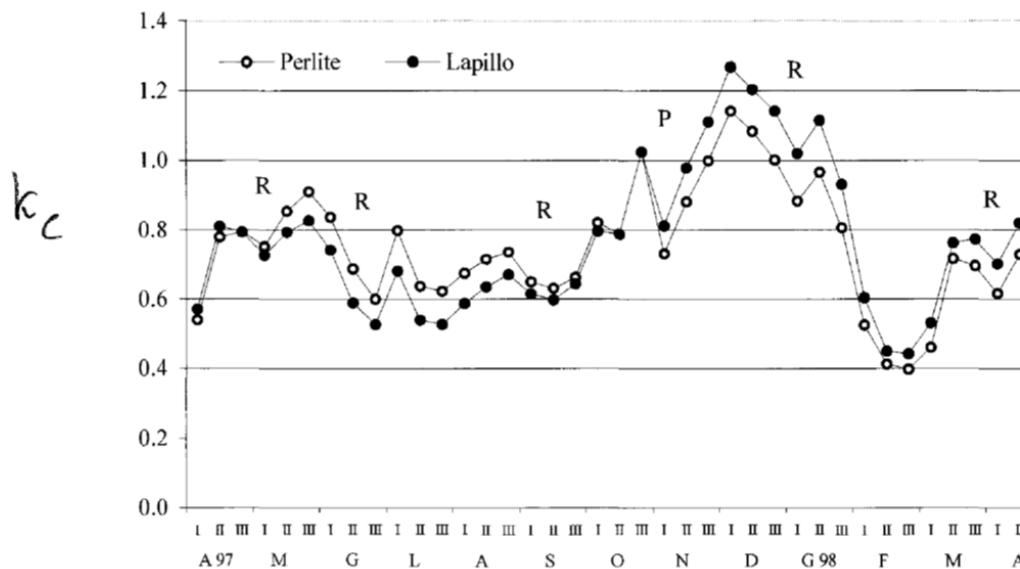
Pomodoro





# ETP e Kc

Figura 4 - Coefficienti colturali ( $K_c$ ) ottenuti per rosa in coltivazione fuori suolo a ciclo aperto su perlite e lapillo (R= raccolta; P= potatura).



# Stadi dello sviluppo

TABLE 11. Lengths of crop development stages\* for various planting periods and climatic regions (days)

Crop	Init. (L <sub>ini</sub> )	Dev. (L <sub>dev</sub> )	Mid (L <sub>mid</sub> )	Late (L <sub>late</sub> )	Total	Plant Date	Region
<b>a. Small Vegetables</b>							
Broccoli	35	45	40	15	135	Sept	Calif. Desert, USA
Cabbage	40	60	50	15	165	Sept	Calif. Desert, USA
Carrots	20	30	50/30	20	100	Oct/Jan	Arid climate
	30	40	60	20	150	Feb/Mar	Mediterranean
	30	50	90	30	200	Oct	Calif. Desert, USA
Cauliflower	35	50	40	15	140	Sept	Calif. Desert, USA
Celery	25	40	95	20	180	Oct	(Semi) Arid
	25	40	45	15	125	April	Mediterranean
	30	55	105	20	210	Jan	(Semi) Arid
Crucifers <sup>1</sup>	20	30	20	10	80	April	Mediterranean
	25	35	25	10	95	February	Mediterranean
	30	35	90	40	195	Oct/Nov	Mediterranean
Lettuce	20	30	15	10	75	April	Mediterranean
	30	40	25	10	105	Nov/Jan	Mediterranean
	25	35	30	10	100	Oct/Nov	Arid Region
	35	50	45	10	140	Feb	Mediterranean
Onion (dry)	15	25	70	40	150	April	Mediterranean
	20	35	110	45	210	Oct; Jan.	Arid Region; Calif.
Onion (green)	25	30	10	5	70	April/May	Mediterranean
	20	45	20	10	95	October	Arid Region
	30	55	55	40	180	March	Calif., USA
Onion (seed)	20	45	165	45	275	Sept	Calif. Desert, USA
Spinach	20	20	15/25	5	60/70	Apr; Sep/Oct	Mediterranean
	20	30	40	10	100	November	Arid Region
Radish	5	10	15	5	35	Mar/Apr	Medit.; Europe
	10	10	15	5	40	Winter	Arid Region

# Coefficienti Colturali

Crop	$K_{c\ ini}^1$	$K_{c\ mid}$	$K_{c\ end}$	Maximum Crop Height (h) (m)
<b>a. Small Vegetables</b>	<b>0.7</b>	<b>1.05</b>	<b>0.95</b>	
Broccoli		1.05	0.95	0.3
Brussel Sprouts		1.05	0.95	0.4
Cabbage		1.05	0.95	0.4
Carrots		1.05	0.95	0.3
Cauliflower		1.05	0.95	0.4
Celery		1.05	1.00	0.6
Garlic		1.00	0.70	0.3
Lettuce		1.00	0.95	0.3
Onions				
- dry		1.05	0.75	0.4
- green		1.00	1.00	0.3
- seed		1.05	0.80	0.5
Spinach		1.00	0.95	0.3
Radish		0.90	0.85	0.3
<b>b. Vegetables - Solanum Family (<i>Solanaceae</i>)</b>	<b>0.6</b>	<b>1.15</b>	<b>0.80</b>	
Egg Plant		1.05	0.90	0.8
Sweet Peppers (bell)		1.05 <sup>2</sup>	0.90	0.7
Tomato		1.15 <sup>2</sup>	0.70-0.90	0.6
<b>c. Vegetables - Cucumber Family (<i>Cucurbitaceae</i>)</b>	<b>0.5</b>	<b>1.00</b>	<b>0.80</b>	
Cantaloupe	0.5	0.85	0.60	0.3
Cucumber				
- Fresh Market	0.6	1.00 <sup>2</sup>	0.75	0.3
- Machine harvest	0.5	1.00	0.90	0.3
Pumpkin, Winter Squash		1.00	0.80	0.4
Squash, Zucchini		0.95	0.75	0.3
Sweet Melons		1.05	0.75	0.4
Watermelon	0.4	1.00	0.75	0.4

# Irrigazione efficiente

$K_c$

Indice di area fogliare

Specie coltivata

Stadio di crescita

Caratteristiche fisiche del terreno

Porosità

Contenuto (%) di acqua

Curva di ritenzione idrica



**L'evapotraspirazione**  
è una componente del  
flusso idrico nel  
sistema

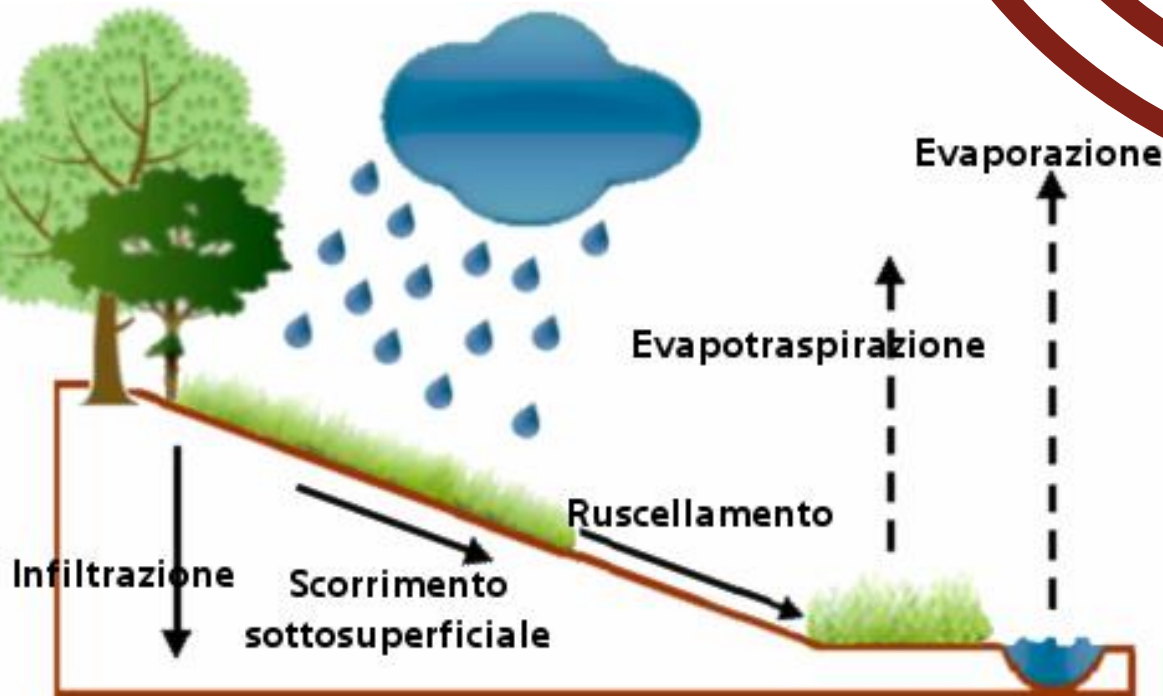
*Come tale è guidata di **leggi**  
**generale di trasporto.***

Nel terreno l'acqua è sottoposta, oltre al **peso e alla pressione idrostatica**, anche a forze di natura molecolare che si possono distinguere in **forze di capillarità**, che si stabiliscono al contatto acqua-aria, e **forze di adsorbimento**, che si stabiliscono al contatto acqua-solo





Come misurare la  
pressione  
necessaria per  
portare una quantità  
d'acqua da un punto  
all'altro?



$$\Psi_t = \Psi_m + \Psi_o + \Psi_g$$

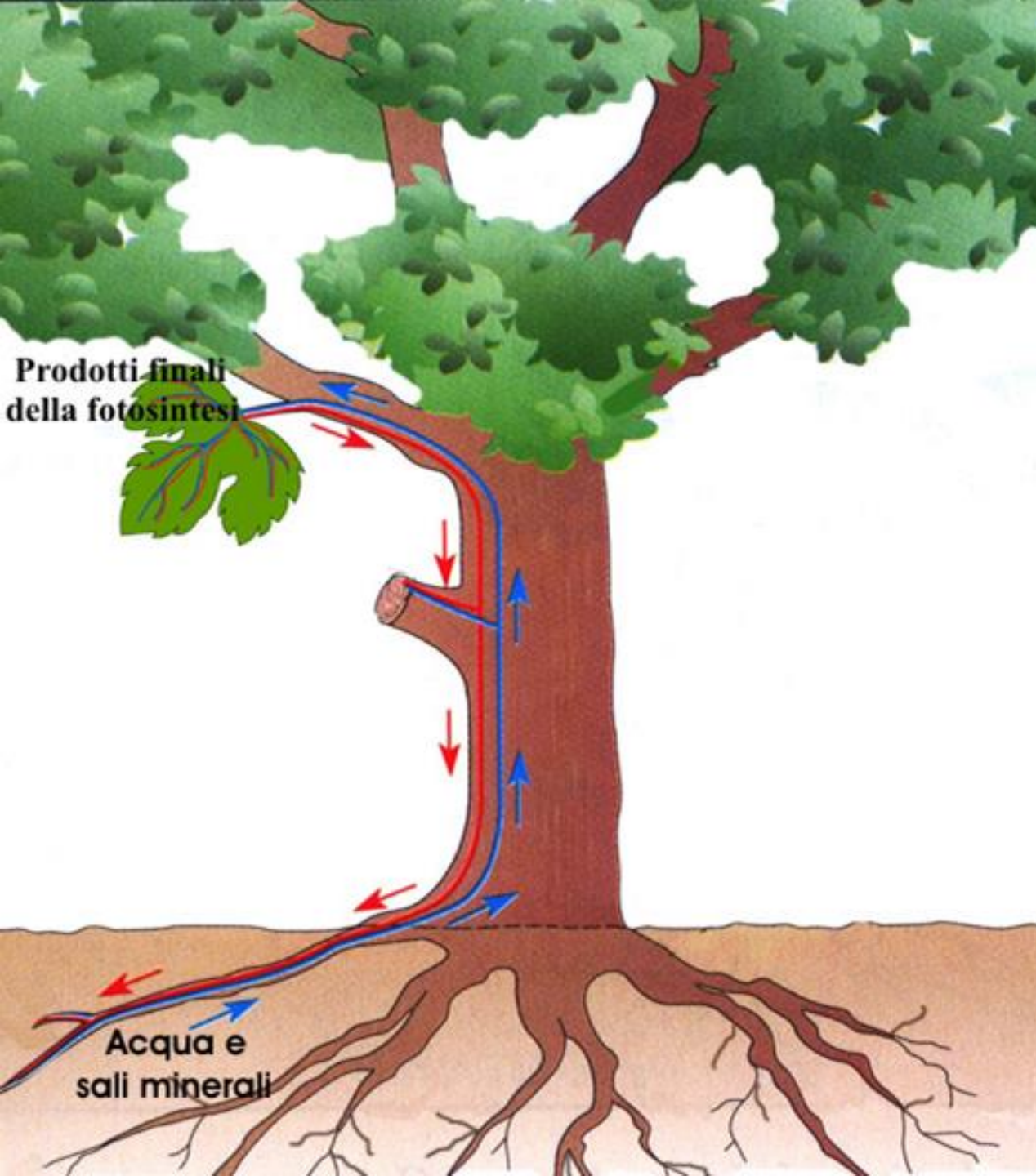
$\Psi_t$  = potenziale idrico del terreno

$\Psi_m$  = potenziale matriciale

$\Psi_o$  = potenziale osmotico

$\Psi_g$  = potenziale gravitazionale





**La acqua si muove  
dal punto con  $\Psi$   
meno negativo  
verso quello più  
negativo**

La pianta usa diversi  
meccanismi per adattarsi al  
domanda  
evapotraspirativa, per  
esempio: aumento  
dell'assorbimento radicale  
o chiusura degli stomatici.

# Qualità dell'acqua irrigua

Le caratteristiche dell'acqua influiscono in modo significativo sulla qualità finale dei prodotti orticoli

La **QUALITÀ DELL'ACQUA IRRIGUA** dipende da:

- caratteristiche biologiche (presenza batteri, alghe..);
- caratteristiche fisiche ( $t^{\circ}$ , sostanze solide in sospensione);
- caratteristiche chimiche (pH, sostanze allo stato gassoso, salinità, durezza, presenza di particolari ioni - sodio, cloruri, boro..)

Molto spesso la valutazione si basa su pochi parametri:

- pH
- alcalinità
- conducibilità elettrica (dS/m *oppure* mS/cm)
- concentrazione di alcuni microelementi (es. boro, cloro..)
- concentrazione di alcuni sali (es. NaCl)



Generalmente in Italia le acqua di irrigazione sono alcaline e calcaree (ricche di carbonati e bicarbonato di calcio e magnesio) e per evitare scompensi alle colture e danni agli impianti di irrigazione, è bene provvedere alla loro acidificazione prima dell'impiego.

ACIDIFICAZIONE  con acido nitrico, solforico o fosforico

La MISCELAZIONE con acque piovane o di miglior qualità è la strategia più utilizzata (=minori costi)

Parametri maggiormente utilizzati per la valutazione della qualità dell'acqua irrigua

Parametro	Rischio di tossicità per la maggior parte delle colture		
	Nessuno	Crescente	Grave
Alcalinità (meq HCO <sub>3</sub> /L)	<1,5	1,5 - 8,5	>8,5
Conducibilità elettrica (dS/m)	<0,7	0,7 - 3,0	>3,0
Sodio (mg/L)	<70	71 - 180	>180
Cloruro (mg/L)	<70	71 - 300	>300
Boro (mg/L)	<0,5	0,6 - 2,0	>2,0





I valori di **pH** e **conducibilità elettrica** sono facilmente verificabili tramite l'ausilio di strumenti portatili a costi relativamente bassi



La **CONDUCIBILITÀ ELETTRICA (EC)** indica la quantità complessiva di sali disciolti. Valori troppo elevati possono creare scompensi

# SALINITÀ

effetti sul terreno

- accumulo di sale
- aumento della salinità
- innalzamento del pH
- riduzione della permeabilità
- peggioramento della struttura



effetti sulla pianta

- effetto osmotico
- effetto di salinità iono-specifica



0 mM      200 mM      600 mM

# Effetti della SALINITÀ sulle piante



## EFFETTI FISIOLÓGICI:

- alterazione dei processi di osmoregolazione
- aumento della resistenza stomatica
- riduzione dell'assimilazione di anidride carbonica
- Aumento della respirazione di mantenimento
- riduzione del contenuto di RNA e proteine
- Riduzione della quantità di giberelline e citochinine nelle foglie
- prematura senescenza delle foglie

# EFFETTI MORFOLOGICI:

## FOGLIE

- alterazione del colore
- aumento dello spessore
- bruciature
- necrosi
- caduta

## APPARATI RADICALI

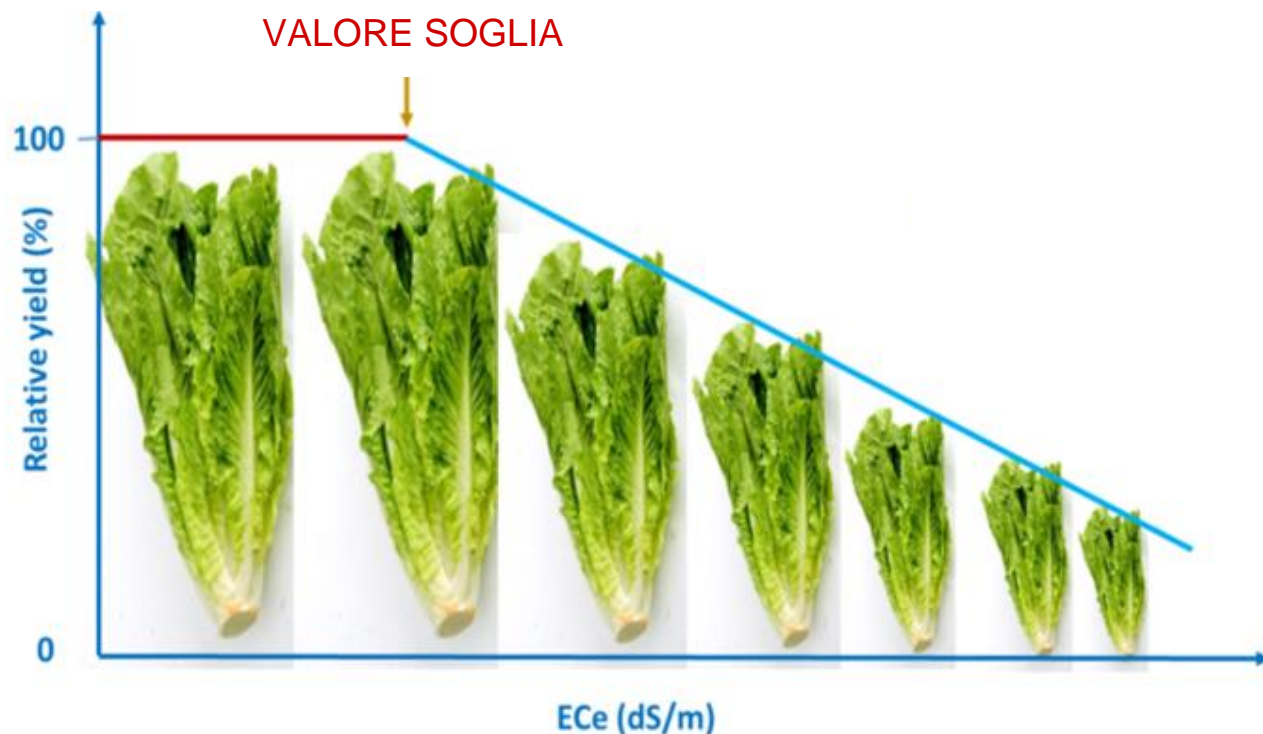
- ridotto sviluppo

## FIORI

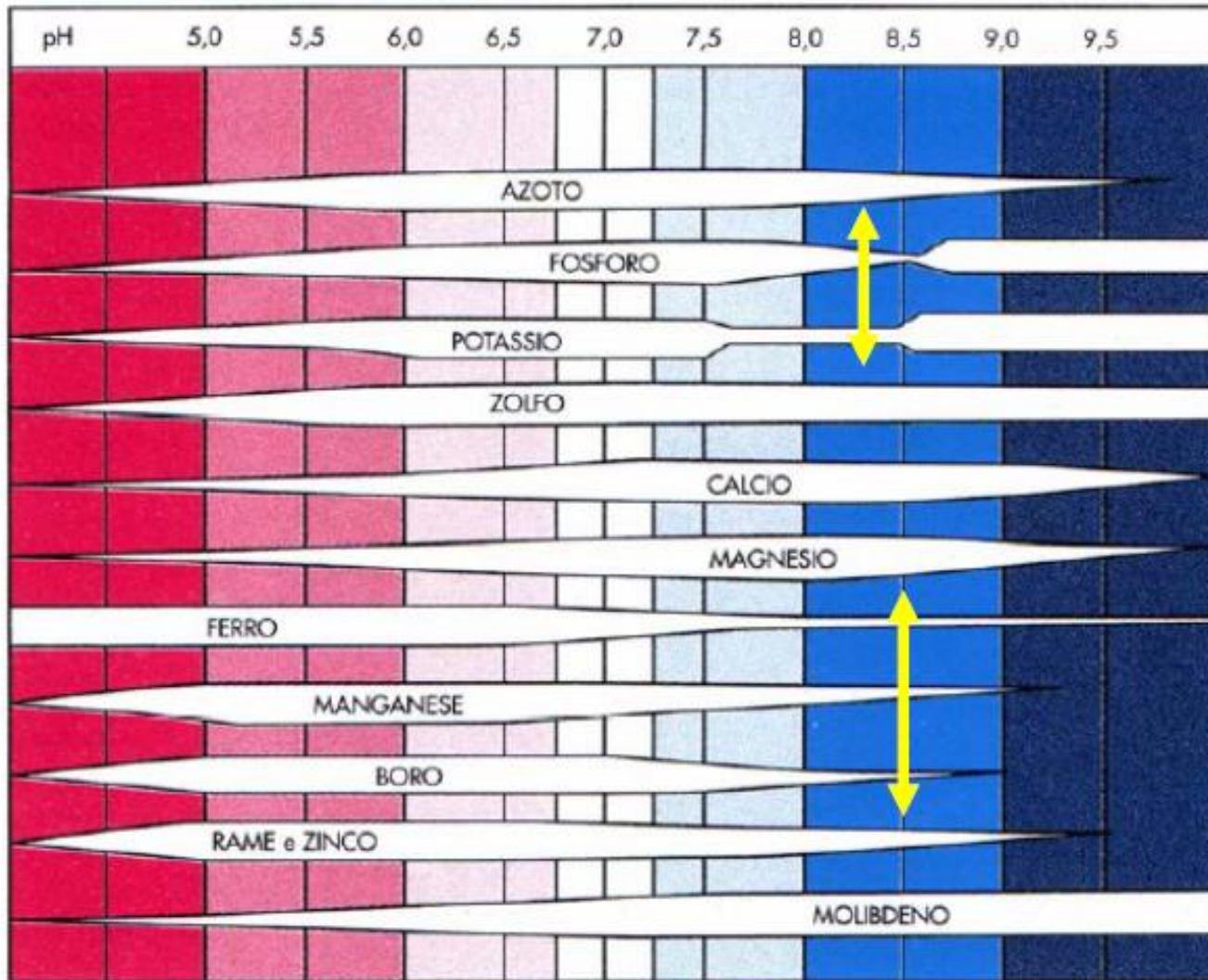
- diminuzione del numero
- diminuzione della grandezza

## PIANTA IN GENERALE

- riduzione della crescita
- riduzione della resa
- morte



Il valore di **pH** risulta fondamentale!!  
Dipende la DISPONIBILITÀ degli elementi nella soluzione circolante





# Sistemi irrigui

Lo scopo dei sistemi irrigui è apportare acqua efficacemente ed adeguatamente ad una cultura in base ai suoi bisogni, senza perdite/danni per suolo e/o ambiente.



Per la **corretta progettazione** di un impianto irriguo è necessario considerare le caratteristiche:

## Aziendali

- topografia
- giacitura
- ventosità
- forme di energia disponibili
- capacità tecniche
- disponibilità aziendali
- disponibilità forza lavoro

## Dell'acqua

- localizzazione fonti idriche
- quantità/qualità acqua disponibile

## Della coltura

- epoca e densità colturale
- densità/distribuzione piante in campo
- sensibilità allo stress idrico
- profondità radicale
- tolleranza a salinità
- adozione pacciamatura

## Del terreno

- pendenza
- proprietà idrologiche
- profondità
- salinità
- rischio di erosione

Negli ambienti orticoli italiani gli elementi determinanti nel definire cultura, superficie coltivabile e sistema irriguo sono **quantità e qualità dell'acqua disponibile**



# Sistemi irrigui

I metodi irrigui sono classificati in quattro tipologie:

1. gravitazionali o per scorrimento superficiale
2. per aspersione oppure “a pioggia”
3. a microportata di erogazione (microirrigazione)
4. subirrigazione



Si differenziano soprattutto in termini di **EFFICIENZA IRRIGUA (EI)**

**EI**=esprime la percentuale dell'acqua somministrata che rimane immagazzinata nel terreno in modo utile per la coltura, ovvero al netto di perdite di acqua per:

- ET,
- deriva causata dal vento,
- ruscellamento
- percolazione negli strati profondi del terreno (non esplorati da radici)

In **Italia** i più diffusi sono i sistemi **a pioggia** e **a microportata**



# Sistemi irrigui: sistemi gravitazionali

I sistemi gravitazionali possono essere a sommersione, a scorrimento o a infiltrazione laterale

nei quali una **lama di acqua** viene fatta scorrere da una quota più alta a quote più basse della superficie di un terreno, che deve essere accuratamente **LIVELLATA E SAGOMATA**

es. spianate, campoletti, rasole, aiuole, conche, solchi, scoline

dopo un periodo di **scorrimento/permanenza** variabile in funzione della natura del terreno, un'opportuna quantità di acqua **si infiltra nel terreno**





# Sistemi irrigui: sistemi gravitazionali

## PRO:

- Basso impiego di capitali iniziali

## CONTRO:

- elevate portate
- El scarso (50-60%)
- largo impiego di manodopera specializzata (per sagomare/creare pendenze/guidare flusso)
- Non idoneo in terreni molto leggeri
- Poco adatti per turni brevi e bassi volumi (per c. con radice superficiale)
- Scarsa uniformità nella distribuzione acqua
- > incidenza patologie (soprattutto per c. con andamento prostrato)
- scarsa possibilità di automazione



# Sistemi irrigui: sistemi a pioggia

Sistema di tubi con acqua pressurizzata la cui distribuzione avviene sottoforma di pioggia sulla coltura attraverso specifici irrigatori



Le componenti base sono:

- pompa per pressurizzare l'acqua
- rete di condotte per distribuire l'acqua ai diversi appezzamenti
- irrigatori/irroratori per la distribuzione dell'acqua su terreno/coltura
- valvole per controllo del flusso
- misuratori di flusso
- regolatori di pressione per monitorare il sistema



# Sistemi irrigui: sistemi a pioggia

In base all'intensità di pioggia si dividono in:

- intensità molto basse (3 mm/h)
- intensità basse (5 mm/h)
- intensità medie (5-10 mm/h)
- intensità alte (>10 mm/h)

La scelta va fatta in funzione della **velocità di infiltrazione dell'acqua nel terreno**



per evitare ristagni e *run-off*!



In orticoltura si preferiscono le **basse intensità** per limitare i danni meccanici e anche per evitare di imbrattare i prodotti con schizzi di acqua e terreno

# SISTEMI A PIOGGIA

## FISSI



Tutto il campo è raggiunto da una rete di condutture e ali piovane, spesso interrate per non intralciare le lavorazioni meccaniche

## MOBILI

### SPOSTAMENTO MANUALE

Una rete di condutture raggiunge vari punti degli appezzamenti con bocchette perimetrali. Le ali piovane sono montate al bisogno

### SPOSTAMENTO AUTOMATICO



“Rotolone”: carrello con tubo flessibile arrotolato, connesso ad un irrigatore montato su slitta. Con la trattrice si posiziona all'estremità del campo

# Sistemi irrigui: “rotolone”

E' collegato ad una bocchetta di acqua in pressione o ad una pompa collegata alla presa di forza del trattore che pesca in un canale



Il tubo viene srotolato trasportando la slitta su cui è posizionato l'irrigatore fino all'estremità del settore irriguo o fino a svolgere il tubo.

Durante il funzionamento la slitta, e l'erogatore che bagna un settore circolare poco più grande di 180°, arretra lentamente tirata dal tubo che si riavvolge sul rullo fatto da una turbina idraulica e da una serie di riduttori, che derivano l'energia necessaria dal flusso di acqua che alimenta la macchina o da un piccolo motore a scoppio.



La macchina consente di irrigare aree rettangolari di lunghezza massima pari a quella del tubo ed eventualmente parte della gittata.







## Sistemi irrigui: “ala piovana”

L'evoluzione del rotolone ha portato alla sostituzione del singolo irrigatore di portata elevata con una **barra provvista di più irrigatori a bassa portata**

Il sistema ad “ala piovana” si adatta meglio alle **culture orticole** poiché consente di distribuire l'acqua in maniera più uniforme e di ridurre le perdite per evaporazione o deriva

# Sistemi irrigui: sistemi a pioggia

## PRO:

- Flessibilità e controllo di applicazione
- nessun vincolo di livellamento del terreno (anche t. in pendenza)
- adatto a terreni in condizioni topografiche particolari
- EI elevato (70-80%)
- può svolgere azione climatizzante
- buona uniformità di distribuzione
- consentono ossigenazione dell'acqua
- versatili per irrigazione ausiliaria o di soccorso

## CONTRO:

- costi iniziali e di gestione elevati
- problemi di tossicità per bagnatura chioma (es. sali)
- perdite per evaporazione
- favoriscono crescita infestanti





## Sistemi irrigui: “mini/microsprinklers”

In orticoltura è molto usato il sistema a **mini o micro sprinklers** che consiste in un sistema a bassa portata che distribuisce l'acqua in gocce molto piccole. Spesso usato anche per l'**effetto climatizzante**

# Sistemi irrigui: microirrigazione

I sistemi di **microirrigazione** consentono l'apporto **frequente** di **piccoli volumi** di acqua, solo **in prossimità** dell'apparato radicale di ogni singola pianta.

L'acqua arriva alla pianta attraverso gocciolatori, manichette forate o tubi porosi.

è un sistema ideale per **colture orticole**, sistemate a **file** e con **densità molto alte**.

L' EI di questi sistemi è superiore al 90%.

Sono particolarmente utilizzati nelle aree orticole caratterizzate da limitata disponibilità idrica, grazie al sensibile risparmio idrico ottenibile con il loro utilizzo.

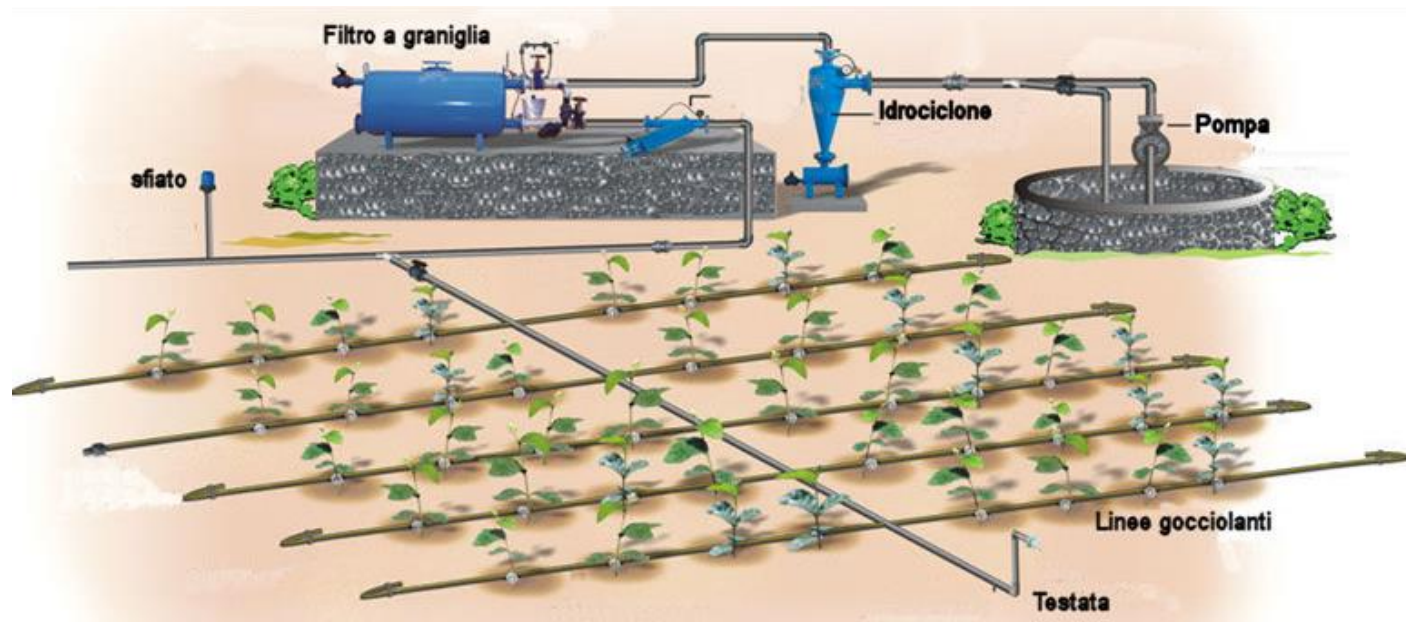




# Sistemi irrigui: microirrigazione

Gli elementi che costituiscono un impianto di microirrigazione sono:

- una pompa
- un sistema di filtraggio
- una rete di tubi in polietilene, che portano l'acqua in pressione sulle testate dei settori irrigui sulle quali sono inserite
- le ali gocciolanti, che corrono lungo le file.



# Sistemi irrigui: microirrigazione

## VANTAGGI:

- Non viene bagnata la chioma delle piante -> minor rischio di malattie
- L'umidità del terreno è mantenuta costante e prossima alla CIC -> effetti positivi sulla crescita e sviluppo delle piante anche a seguito di una maggiore biodisponibilità di nutrienti
- Limitata presenza di erbe infestanti nell'interfila
- evitano fenomeni di ruscellamento, erosione e costipamento del terreno
- riducono le perdite per evaporazione o deriva
- minor rischio di formazione di crosta

# Sistemi irrigui: microirrigazione

## VANTAGGI:

- richiedono basse pressioni di esercizio -> minori costi di pompaggio;
- facilmente automatizzabili -> bassa richiesta di manodopera;
- particolarmente indicati per distribuire fertilizzanti (fertirrigazione), fitofarmaci ed erbicidi;
- indicati nel caso di acque saline e/o troppo fredde;
- non ostacolano l'esecuzione di altre operazioni colturali, durante l'intervento irriguo;
- è possibile utilizzarli in colture pacciamate con film plastici



# Sistemi irrigui: microirrigazione

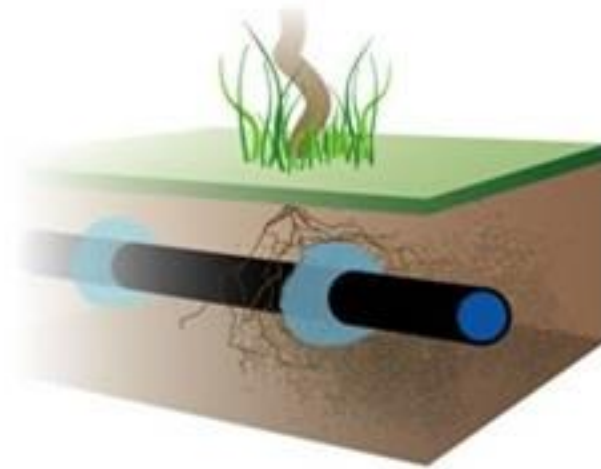
## CONTRO:

- elevati costi di acquisto, installazione e manutenzione (frequenti rotture e/o otturazioni degli erogatori);
- mal si adatta ad acque torbide e dure (necessita infatti di un filtraggio accurato dell'acqua);
- non ha effetto climatizzante;
- determina uno scarso accrescimento dell'apparato radicale, che si concentra nella zona bagnata dal gocciolatore;
- elevata frequenza di intervento -> sono necessarie delle vasche di accumulo
- nel caso di appezzamenti lunghi ( $> 30-40$  m) o in condizioni di elevata pendenza, gli impianti necessitano di gocciolatori autocompensanti per garantire un'erogazione uniforme lungo la linea;



# Sistemi irrigui: subirrigazione

La **subirrigazione** è una variante del sistema 'a goccia', diversamente da quest'ultimo però, l'ala gocciolante è **interrata**.





# Sistemi di irrigazione: subirrigazione

La profondità di interramento dell'ala gocciolante dipende:

- dalla crescita dell'apparato radicale delle colture in rotazione
- dal tipo di terreno

Per le colture orticole la profondità comunemente oscilla tra i **15 e i 30 cm** e l'interramento viene realizzato **sotto la futura fila**.

Se l'interramento è **superficiale** la manutenzione risulta più agevole, tuttavia risulta più limitata la lavorazione meccanica del terreno.

Se le ali gocciolanti sono poste più **in profondità**, può essere necessario accoppiarle ad un sistema di irrigazione di soccorso ad aspersione per le prime fasi successive all'impianto della coltura.

# Sistemi irrigui: subirrigazione

## VANTAGGI

- Nel campo non sono presenti tubi che possono creare intralcio
- I tubi rimangono efficienti per le colture successive senza avere costi o danni legati alla rimozione o riposizionamento
- Utile nel caso di colture orticole poliennali (es. asparago, carciofo), che hanno la necessità di operazioni meccaniche superficiali durante il ciclo annuale
- Si annullano del tutto le perdite per evaporazione -> EI= 100%
- L'allineamento sulla file non viene distorto per effetto di ripetute dilatazioni/contrazioni termiche



# Sistemi irrigui: subirrigazione

## SVANTAGGI

- è possibile l'intrusione di radici nei gocciolatori -> per ovviare al problema, possono essere usati dei tubi di polietilene preventivamente addizionati con diserbanti anti-germinativi o in cui viene immesso periodicamente del diserbante quando non è in atto l'irrigazione.
- i sali tendono ad accumularsi in superficie -> è necessario dilavarli sfruttando la piovosità naturale o con abbondanti irrigazioni a pioggia in periodi in cui il terreno non è coltivato



# Sistemi irrigui: subirrigazione

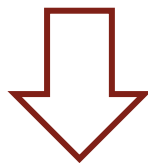
Rispetto ad un'ala gocciolante in superficie, un sistema di subirrigazione:

- + umidifica un maggior volume di terreno a parità di quantità di acqua distribuita
- + permette una maggiore aerazione
- + favorisce il movimento dell'acqua per capillarità
- + diminuisce le perdite per percolazione
- + tende ad avere meno problemi di otturazione
- nel caso di otturazioni, queste sono meno visibili



# Gestione dell'irrigazione

**Gestire** o **pilotare** l'irrigazione significa definire il ***volume di adacquamento effettivo*** e la ***frequenza*** che una coltura necessita per crescere e produrre sfruttando le sue potenzialità.



Per ottenere questo risultato, la risorsa idrica deve essere pensata per garantire il corretto sviluppo della pianta in tutte le sue **fasi fenologiche** mantenendo tuttavia sostenibilità economica ed ambientale.

# Volume Irriguo

Il volume ideale si raggiunge quando la coltura trova un valore costante di *capacità idrica di campo* (CIC). Questo equilibrio avviene quando l'irrigazione ripristina il contenuto idrico del terreno, ossia il volume irriguo (VI) deve compensare le perdite di acqua legate all'evapotraspirazione (ET).

Nelle irrigazioni in campo, tuttavia, si tiene conto sempre di una irrigazione di sicurezza maggiore del VI. Per questo motivo si calcola un valore di irrigazione lordo:

$$\underline{\text{Volume (lordo)} = VI \times Ks}$$



# Sovra-irrigazione e $K_s$

- La sovra irrigazione serve per evitare l'accumulo dei sali nel terreno in caso di fertirrigazione e tiene conto sia delle differenze di evapotraspirazione da parte delle piante nei diversi stadi fenologici sia delle differenze e delle perdite degli erogatori dell'impianto di irrigazione adottato.
- I valori di  $K_s$  oscillano tra 1,1 per colture molto uniformi e resistenti alla salinità con acqua irrigua di buona qualità e irrigatori autocompensanti a 1,5 colture molto difformi, acqua di scarsa qualità, ed elevata salinità del terreno.





# Frequenza irrigua

Calcolando il *Volume lordo* ( $VI \times Ks$ ) si può calcolare il tempo di irrigazione considerando la portata dell'impianto di irrigazione adottato.

## Esempio:

$VI = 20 \text{ mm}$  e  $Ks = 1.2$  con portata impianto di  $8 \text{ mm/h}$

$V$  (lordo):  $20 \times 1.2 = 24 \text{ mm}$  ;

Tempo di irrigazione = (Volume lordo)/portata  $24\text{mm}/8\text{mm/h} = 3 \text{ h}$

**NB:** A livello operativo la decisione di quando irrigare può basarsi sul bilancio idrico della coltura oppure sulla misura diretta del contenuto idrico del terreno.



# Sensori e bilancio idrico

Un diverso approccio operativo al problema del **bilancio idrico** è legato a sensori che permettono di stimare il contenuto idrico presente nel suolo od in un substrato.

Ci sono *tre tipi di sensori*: **Capacitivi** e **Dielettrici** oppure sensori che misurano il potenziale idrico attraverso un tensiometro.

Questi strumenti ti permettono di valutare il **potenziale matriciale** del substrato che non deve scendere al di sotto

- 60 kPa.

Le piante orticole, infatti, necessitano interventi irrigui quando i valori oscillano tra i -25 e -60 kPa.

# Sensori

I sensori di nuova generazione risultano essere poco costosi e permettono una maggior affidabilità. Il costo può essere sostenuto anche da una piccola azienda ortofloricola.

I sensori devono essere disposti all'interno del suolo o eventualmente in un vaso in posizioni precise, in modo che possano essere rappresentativi e generando un'informazione completa e omogenea dell'umidità della matrice.

I sensori di ultima generazione misurano assieme anche la conducibilità elettrica e la temperatura questo permette anche di gestire non solo irrigazione ma anche la **fertirrigazione.**



# Schema aziendale di irrigazione

Le aziende di solito adottano questi 4 schemi irrigui:

- Irrigazione con dose e frequenza fissa ossia predeterminate;
- irrigazione con dose fissa e frequenza variabile;
- Irrigazione con dose variabile e frequenza fissa;
- irrigazione sia con dose sia con frequenza variabili;

La scelta aziendale dipende generalmente dalla disponibilità di acqua oppure dall'attivazione automatica o manuale dell'irrigazione nonché dal sistema di irrigazione.

# Agricoltura di precisione

In un'azienda con raccolta acque (acqua + pozzo) e con erogatori a tempo, applicando lo schema con dose fissa e frequenza variabile a seconda dell'evapotraspirazione (ET) della coltura si riesce a migliorare di molto l'efficienza d'uso dell'acqua (WUE). ET basata su parametri climatici permette un elevato grado di accuratezza.



# In colture in pieno campo

In generale la possibilità di irrigare con colture estensive (pomodori da industria) si riduce ad una volta sola al giorno generalmente quando l'acqua è fornita dal consorzio. Quindi si irriga a turno fisso così bisogna assolutamente bilanciare il consumo idrico della coltura (bilancio idrico).

$$\underline{P+F+I=ET+Perc+R\pm\Delta RU}$$

P = pioggia ;

F = apporti da falda;

I = irrigazione ; ET = evapotraspirazione ;

Perc = percolazione profonda

R = ruscellamento superficiale ;

$\Delta RU$  = variazioni riserva suoli;





# Sensibilità allo stress idrico di alcune orticole

Colture	Sensibilità	Fase di maggiore sensibilità	Limite minimo dell'umidità del terreno	
			Contenuto idrico (% volume)	Tensione di umidità (kPa)
Solanacee	Media	Fioritura-allegagione	0,35	40-50
Cucurbitacee	Medio-bassa	Fioritura-allegagione	0,45	45-60
Brassicacee	Medio-alta	Formazione testa	0,50	25-40
Lattughe	Alta	Formazione testa	0,30	30-35



# Parametri utilizzati per la valutazione della qualità dell'acqua irrigua

Parametro	Rischio di tossicità per la maggior parte delle colture		
	Nessuno	Crescente	Grave
Alcalinità (meq/L HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	<1,5	1,5 – 8,5	>8,5
Conducibilità elettrica (dS/m)	< 0,7	0,7 - 3,0	> 3,0
Sodio (mg/L)	< 70	71 - 180	> 180
Cloruro (mg/L)	< 70	71 - 300	> 300
Boro (mg/L)	< 0,5	0,6 - 2,0	> 2,0



# Sensibilità allo stress idrico di alcune orticole

Specie	Riduzione della produzione (%)									
	0		25		50		75		100	
	EC <sub>E</sub>	EC <sub>I</sub>	EC <sub>E</sub>	EC <sub>I</sub>	EC <sub>E</sub>	EC <sub>I</sub>	EC <sub>E</sub>	EC <sub>I</sub>	EC <sub>E</sub>	EC <sub>I</sub>
Zucchino	4,7	3,1	5,8	3,8	7,4	4,9	10,0	6,7	15,0	10,0
Bietola	4,0	2,7	5,1	3,4	6,8	4,5	9,6	6,4	15,0	10,0
Zucca	3,2	2,1	3,8	2,6	4,8	3,1	6,3	4,2	9,4	6,3
Cav. broccolo	2,8	1,9	3,9	2,6	5,5	3,7	8,2	5,5	14,0	9,1
Pomodoro	2,5	1,9	3,5	2,3	5,0	3,4	7,6	5,0	13,0	8,4
Cetriolo	2,5	1,7	3,3	2,2	4,4	2,9	6,3	4,2	10,0	6,8
Spinacio	2,0	1,7	3,3	2,2	5,3	3,5	8,6	5,7	15,0	10,0
Sedano	1,8	1,3	3,4	2,2	5,8	3,9	9,9	6,6	18,0	12,0
Cavolo	1,8	1,3	2,8	2,3	4,4	2,9	7,0	4,6	12,0	8,1
Patata	1,7	1,2	2,5	1,9	3,8	2,5	5,9	3,9	10,0	6,7
Peperone	1,5	1,2	2,2	1,7	3,3	2,2	5,1	3,4	8,6	5,8
Lattuga	1,3	1,1	2,1	1,5	3,2	2,1	5,1	3,4	9,0	6,1
Ravanello	1,2	1,0	2,0	1,4	3,1	2,1	5,0	3,4	8,9	5,9
Cipolla	1,2	0,9	1,8	1,3	2,8	1,8	4,3	2,9	7,4	5,0
Carota	1,0	0,7	1,7	1,2	2,8	1,9	4,6	3,0	8,1	5,4
Fragola	1,0	0,7	1,3	1,1	1,8	1,3	2,5	1,7	4,0	2,7

**Sensibilità di alcune specie ortive alla salinità e loro produttività potenziale in rapporto alla salinità (EC; dS/m) del terreno espressa come EC dell'estratto saturo del terreno (EC<sub>E</sub>) o dell'acqua irrigua (EC<sub>I</sub>)**



