UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
FACOLTÀ DI AGRARIA

L'AMBIENTE PROTETTO

Materiale impiegato

- " Gestione dei sistemi colturali in serra ", Prof Antonio Ferrante, UNIMI, DiProVe (lucidi del corso)
- "Agronomia», Prof Marco Acutis, UNIMI, DiProVe (lucidi del corso)
- "Coltivazione in serra ", Amedeo Alpi – Franco Tognoni, quarta edizione, Edizioni Agricole (libro)
- "Colture protette " Ortoflorovivaismo in ambiente mediterraneo, Romano Tesi, Edagricole (libro)
- ricerca su siti internet

Aspetti formali

Ambiente:
insieme delle componenti abiotiche (radiazione, acqua, suolo) e biotiche (esseri viventi) che possono influire più o meno direttamente sul metabolismo o sul comportamento di un organismo o di una specie vivente

Proteggere: difendere uno o più soggetti da qualcosa o qualcuno

Aspetti formali

mezzi di difesa	della parte ipogea della pianta	- solarizzazione - pacciamatura - frangivento
	della parte epigea della pianta	- mezzi antibrina ed antigelo - mezzi antigrandine - ombreggiamento (reti e agrotessili)
mezzi di semiforzatura per le produzioni anticipate o ritardate	con protezione di piante singole	- campane - cappucci - agrotessili
	con protezioni non praticabili applicabili ad intere colture	- cassoni - tunnel piccoli e medi - tettoie
	con protezioni praticabili applicabili ad intere colture	- serre stagionali - grandi tunnel
mezzi di forzatura per produzioni fuori stagione	serre fuori terra senza strutture murarie	- con o senza impianti di climatizzazione
	serre fuori terra con strutture murarie	- con o senza impianti di climatizzazione

Romano Tesi, «Colture protette», Edagricole

Aspetti formali

Gorini nel 1962 definisce la serra come “una costruzione in legno o ferro o altro materiale, coperta con vetri, generalmente riscaldata, talora illuminata artificialmente, dove possono essere coltivati ortaggi primaticci, fiori, piante verdi, in epoche in cui la temperatura e la luce della località in cui vengono coltivati sarebbero insufficienti per la crescita e la fruttificazione”

SERRA:

ambiente appositamente costituito e, se necessario modificato, per la coltivazione di specie vegetali

Cenni storici

Le colture protette hanno radici molto lontane nella storia

1. Testimonianze riportano informazioni riguardanti gli antichi romani (VIII a.C.)

2. si dovrà aspettare diversi secoli per trovare serre più simili alla concezione moderna….

…XIII sec prime semplici strutture definibili “serre” impiegate per ospitare piante di origine esotica portate da vari esploratori

3. costruzione di serre in Olanda e Gran Bretagna (XVI sec in Inghilterra si trovano le prime testimonianze della realizzazione di orangerie)

Cenni storici

4. dal XVII sec miglioramento materiali e tecniche costruttive: realizzazione di strutture di notevoli dimensioni (es. Royal Botanical Gardens di Kew a Londra; vedi img. sottostanti)

Cenni storici

5. Sempre nel XVII sec. primi esperimenti finalizzati all'apporto di nutrienti, di calore e anche di anidride carbonica

6. XX sec: ampliamento delle conoscenze delle tecniche dei sistemi di riscaldamento, irrigazione, fertilizzazione e massiccio utilizzo di materie plastiche

Cenni storici

serra monumentale in vetro e ferro battuto, anni '30, Arenzano;

giardino dell’orticoltura a firenze;

Qualche informazione

Colture protette:
comparto molto attivo e tecnologicamente avanzato per le produzioni vegetali (orticole, floricole e vivaistiche).

In Italia la superficie a serra è di circa 31.000-35.000 ha.

Nel mondo le colture protette occupano una superficie di 2 milioni di ettari

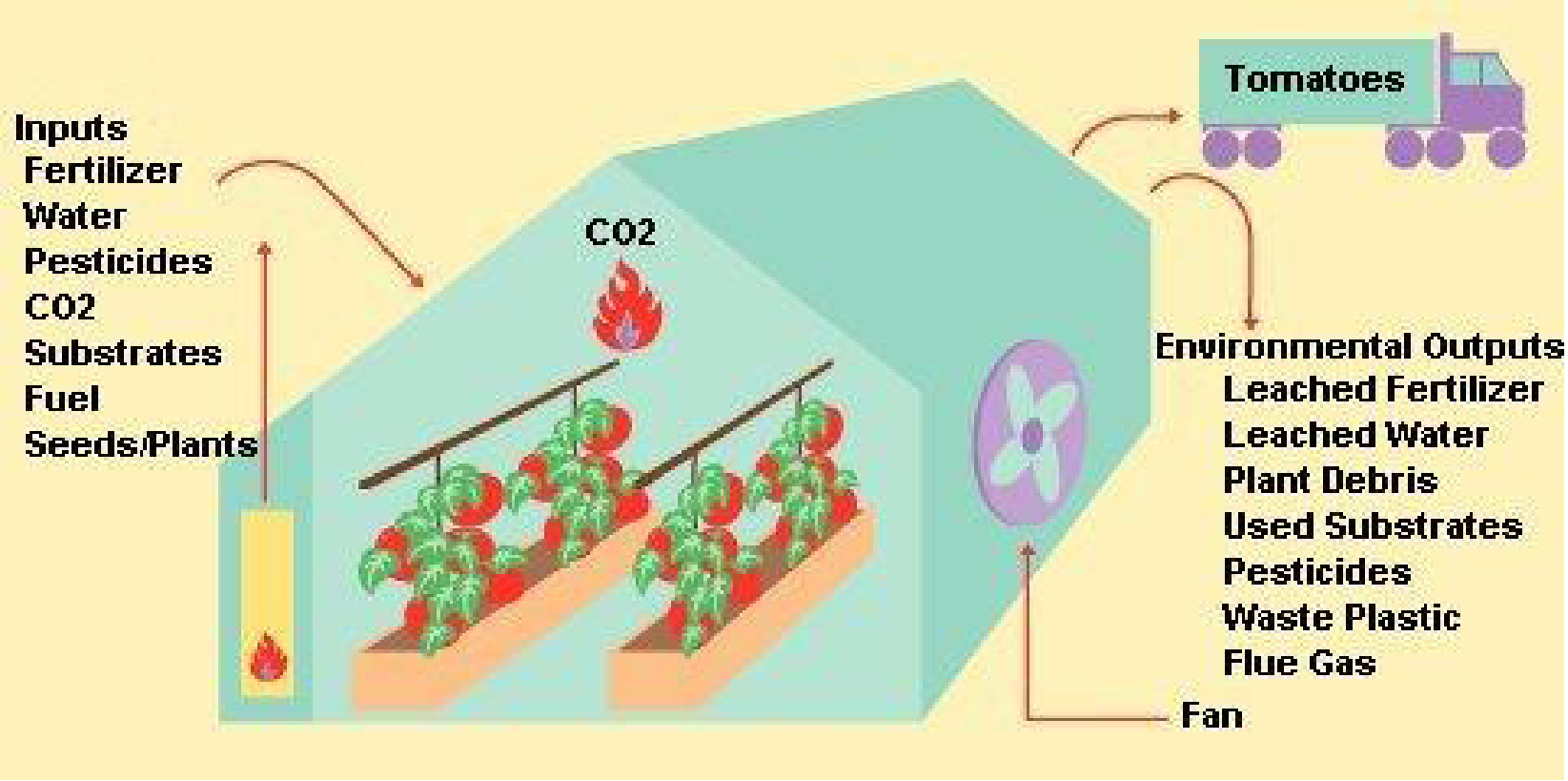
Agrosistema serra: alcune caratteristiche

- Sistema ad elevata produttività:
  - ✓ periodi di coltivazione più lunghi
  - ✓ impiego di *cv* ad elevata produttività potenziale
  - ✓ possibilità, in termini generali, di controllare tutti i fattori della produzione

- Sistema complesso:
  - ✓ sofisticati sistemi di controllo: radiazione, temperatura, acqua, elementi nutritivi e atmosfera
  - ✓ coltivazione in assenza di suolo

necessarie elevate conoscenze del sistema produttivo: gestione degli input e degli output

Agrosistema serra: input-output



Agrosistema serra: cosa coltivare??

- Piante verdi: piante vendute in vaso e commercializzate per il loro fogliame (Ficus, Felci, ecc.)
- Piante fiorite: (Crisantemi, Stella di natale, Gerani, Ciclamino, ecc.)
- Fiori freschi: fiori recisi dalla pianta prima della vendita (rose, garofano, gerbera, ecc.)
- *Bedding plants*: giovani piantine coltivate per l'impianto in aiuole (Tagetes, Verbena, ecc.)
- Ortaggi: Pomodoro, Lattuga, Melone, ortaggi da foglia.

Agrosistema serra: qualche classificazione

Classificazione in base all'epoca di produzione:

- Semi-forzata: produzione anticipata di ortaggi e fiori
- Forzata: produzione fuori stagione

Classificazione in funzione del riscaldamento:

- Serra fredda: senza riscaldamento
- Serra calda: con riscaldamento

Agrosistema e coltivazioni

Ricordate:

- Agrosistemi sono sistemi complessi

  - ✓ Esistono limiti biologici per lo sviluppo e la crescita delle diverse specie: *f [specie, cv, età, stadio sviluppo]*

  - ✓ fattori limitanti: tutti i fattori della produzione (quantità, qualità, durata); da essi dipende il risultato produttivo

Agrosistema serra
«il microclima indotto dalla protezione e dai mezzi di climatizzazione è, in ogni caso, fortemente dipendente dal clima esterno»…

Agrosistema: fattori ambientali

…la serra deve essere costruita considerando le caratteristiche ambientali del luogo in cui sarà posizionata e quindi in modo da sfruttare il più efficientemente possibile quanto è offerto da tale ambiente

1. Temperatura
2. Radiazione
3. Umidità relativa
4. Composizione dell'atmosfera

Temperatura

- Temperatura e Calore

- Fenomeni fisici alla base della propagazione del calore:
  - ✓ Conduzione termica
  - ✓ Convezione termica
  - ✓ Irraggiamento termico

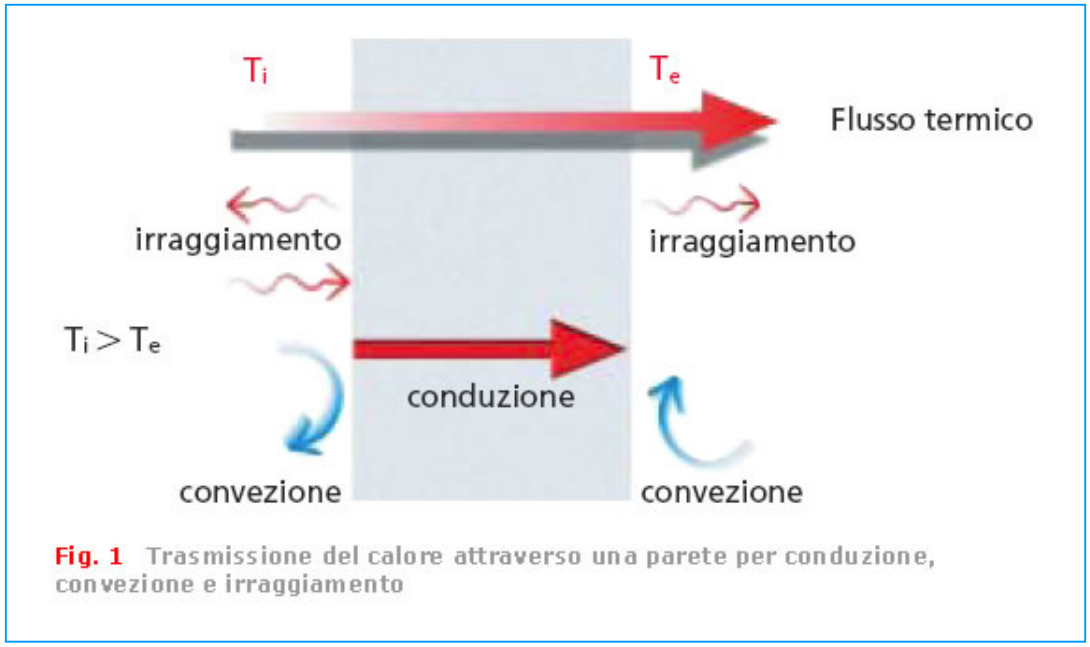


Fig. 1 Trasmissione del calore attraverso una parete per conduzione, convezione e irraggiamento

Temperatura e Piante

- Le piante sono individui PECILOTERMI

Ogni specie presenta:
- ✓ **Temp. ottimale**
- ✓ **Temp cardinali (max e min)**
- ✓ **Temp critiche (max e min)**

- ✓ **Specie MACROTERME**
- ✓ **Specie MICROTERME**

- Influenza sulla distribuzione delle specie nei differenti areali geografici

- Influenza lo sviluppo e la crescita delle colture (?)

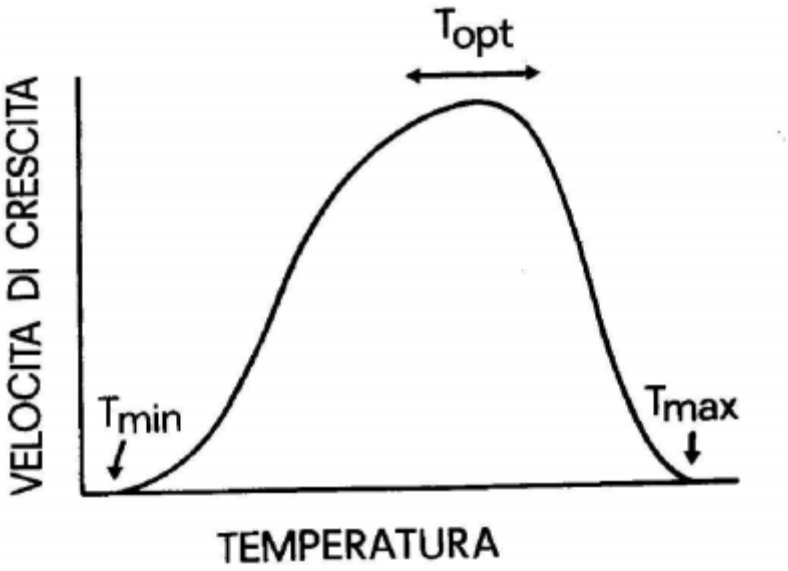
- Influenza le reazioni metaboliche e fisiologiche

temperatura e piante in serra

f (obbiettivo produttivo – specie) → scelta dell'intervallo termico idoneo

- Temp. alte → rapido sviluppo
- Temp. troppo alte possono ridurre la qualità inducendo:

  - Steli più lunghi
  - Steli più sottili
  - Fiori più piccoli
  - Germogli ciechi (rose)
  - Aborto delle gemme
  - Mancata apertura del fiori
  - Bruciatura delle foglie
  - Clorosi
  - Necrosi
  - Qualità ridotta



Temperatura Media Giornaliera e Piante

- Calcolata sulla base delle temperature rilevate in ogni ora

- Controlla il tasso di sviluppo delle piante: possibile strumento per la programmazione dei cicli di alcune specie, soprattutto quelle non dipendenti dal fotoperiodo

- Relazione non trascurabile tra temperatura e radiazione → effetti congiunti sulle piante:
  - ✓ basse intensità radiative → crescita debole; il fenomeno è accentuato tanto più è alta la temperatura

- Alte temp. medie giornaliere possono causare ritardo dell'iniziazione a fiore (*f* specie)

- Basse temp. medie giornaliere possono indurre prematura iniziazione fiorale e dormienza. Il fotoperiodo è coinvolto in questo fenomeno

Temperatura e controllo dell'altezza: DIF

- Relazione tra l'altezza delle piante (allungamento internodo) in funzione della differenza tra temperatura del giorno e della notte.

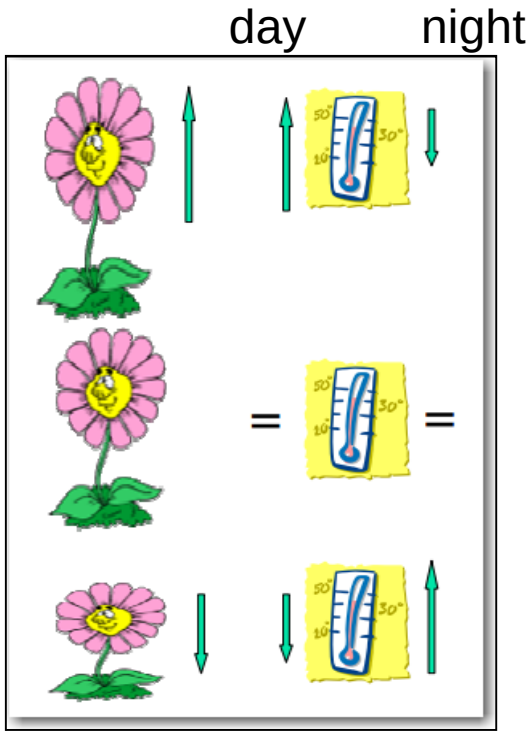
Temp giorno	Temp notte	Media	**DIF**	Valore	**Altezza piante**
16	10	13	**6**	positivo	**ALTE**
13	13	13	**0**	nullo	**MEDIE**
10	16	13	**-6**	negativo	**BASSE**

- Temp media giornaliera è di 13 ° C in tutti i casi quindi tutte le piante fioriranno allo stesso tempo e avranno lo stesso numero di foglie

- piante disponibili sul mercato al medesimo periodo, ma con 3 altezze diverse;

Temperatura e controllo dell'altezza: DIF

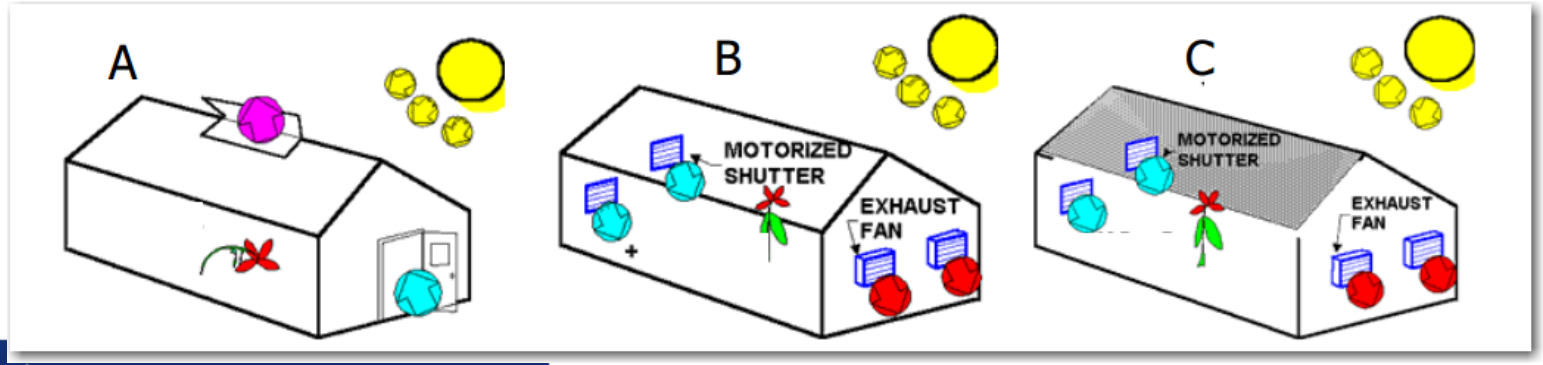
- DIF effetto sulla lunghezza degli internodi e non sul numero di nodi;
- La temperatura media nelle 24 ore controlla il tasso di sviluppo.



Sistemi di controllo della temperatura

- Sistemi di riscaldamento:
  - ✓ riscaldamento dell'aria:
    - o Tubi radianti
    - o Aerotermi
  - ✓ riscaldamento del substrato di coltivazione
  - ✓ riscaldamento del pavimento.

- Sistemi di raffreddamento:
  - A. Apertura della serra (raffreddamento passivo)
  - B. Ventilazione e finestre per il ricambio forzato dell'aria
  - C. Ventilazione forzata con tetto schermato da una rete ombreggiante



Radiazione

Fenomeno che consiste nell'emissione e nella propagazione di energia, che fluisce, da una superficie emettente (radiante), nello spazio

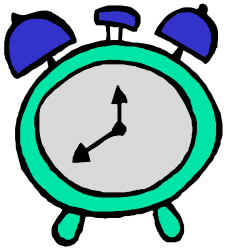
RADIAZIONE ELETTROMAGNETICA:
Tipologia di radiazione con la quale si propaga, nello spazio, la radiazione solare attraverso onde definite «onde elettromagnetiche»

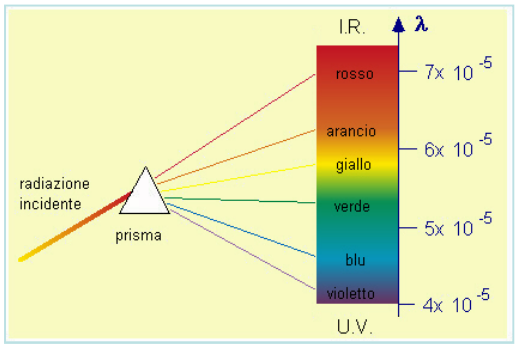
IRRADIANZA:
rappresenta il flusso radiante incidente su una superficie per unità di area (W/m^2)

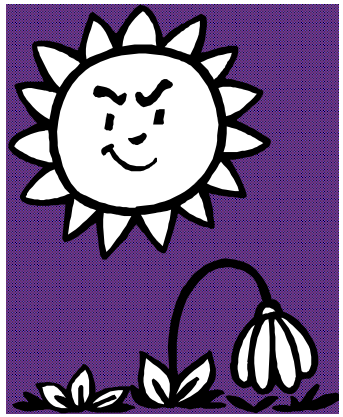
Radiazione elettromagnetica

Radiazione elettromagnetica caratterizzata da:

- ✓ Qualità
- ✓ Durata
- ✓ Intensità

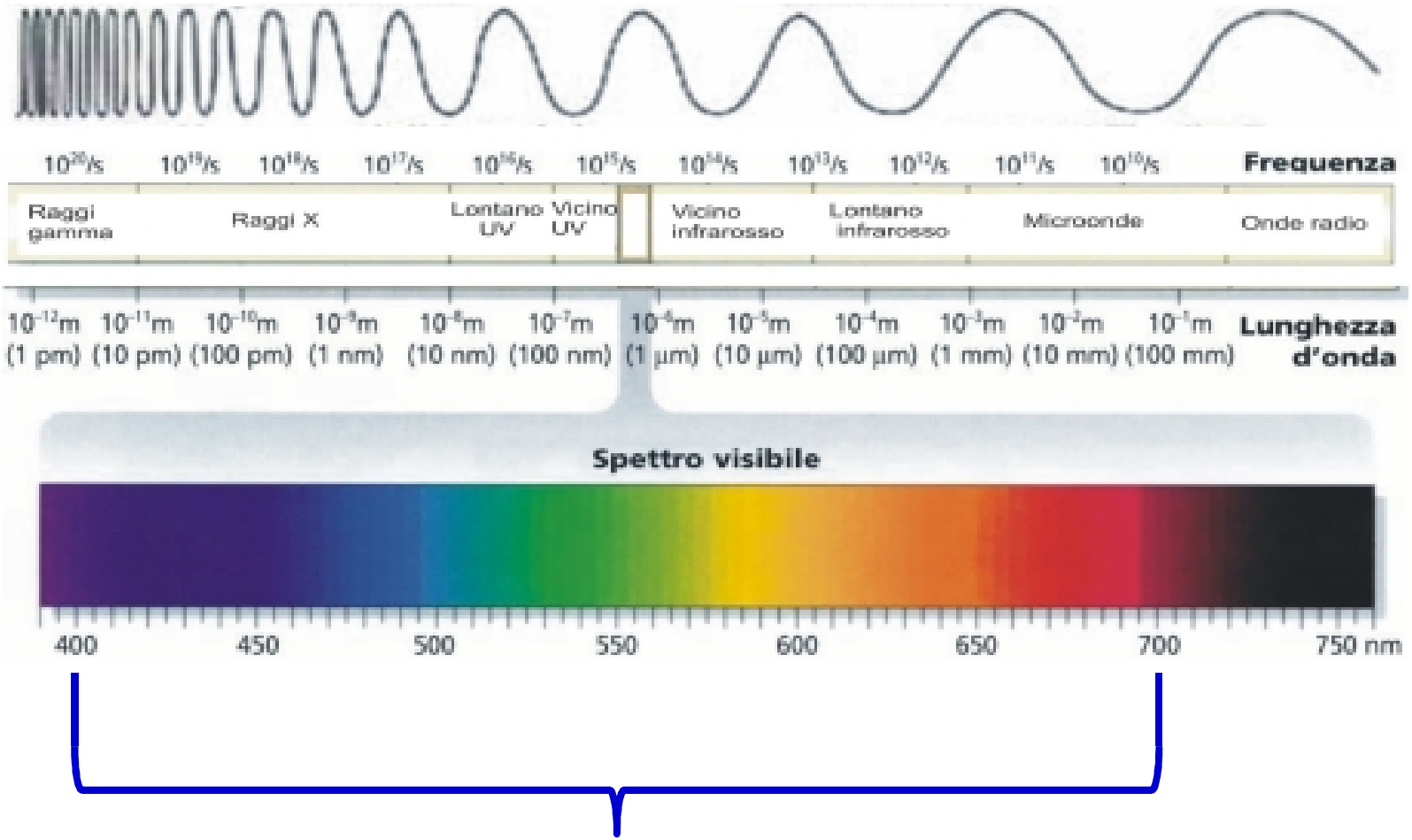






…queste caratteristiche determinano comportamenti specifici delle piante

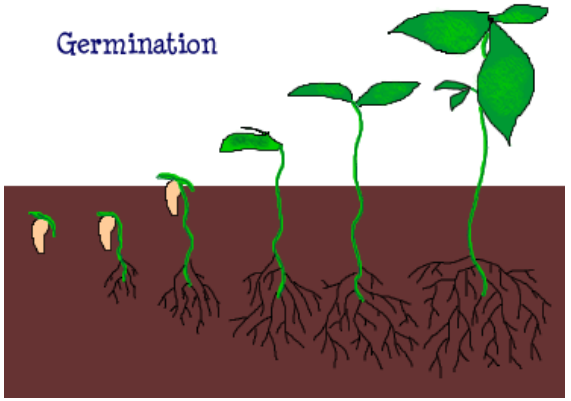
Spettro (qualità radiazione)



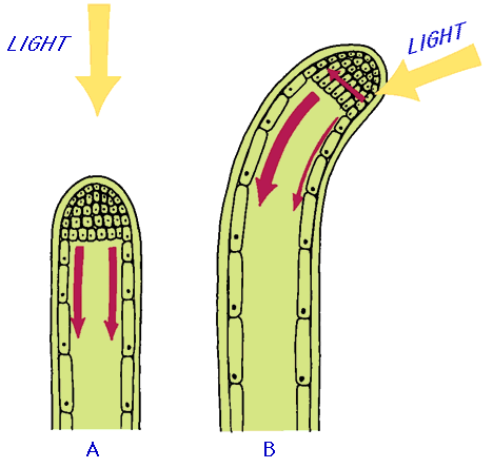
PAR: Photosynthetically Active Radiation

Fotomorfogenesi e Fototropismo

Fenomeno che induce crescita e sviluppo delle piante in funzione della radiazione luminosa percepita dalle stesse a livello di fotorecettori specifici:
Es. fitocromo, crittocromo



Fenomeno che induce le piante a crescere, per distensione cellulare, in favore della direzione prevalente della luce



Fotoperiodismo

In funzione della durata del periodo (**durata**) di illuminazione:

- Specie LONGIDIURNE: fase vegetativa → fase riproduttiva se periodo illuminazione > 14 ore
- Specie BREVIDIURNE: fase vegetativa → fase riproduttiva; se periodo illuminazione < 12 ore
- Specie NEUTRODIURNE o FOTOINDIFFERENTI

Radiazione e piante

In funzione della necessità di luce (**intensità**):

- Specie ELIOFILE: richiedono elevate intensità luminose
- Specie SCIAFILE: richiedono limitate intensità luminose[sciafilia, disposizione a vivere all'ombra]

PAR e piante

- Fondamentale per la fotosintesi
- Fondamentale per risposte fotomorfogeneti delle specie:
  - solo radiazione blu: piante compatte con tessuti rigidi e di colore scuro
  - solo radiazione rossa: piante con tessuti teneri, internodi allungati e sviluppate in altezza.
  - Luce rossa (IR corto): piante nane con colore verde intenso e ben ramificate
  - Luce rossa (IR lungo): distensione internodi, incremento della taglia delle foglie, riduce la ramificazione, riduce il colore dei fiori e delle foglie.

Risposta della pianta all'irradianza

Se troppo alta

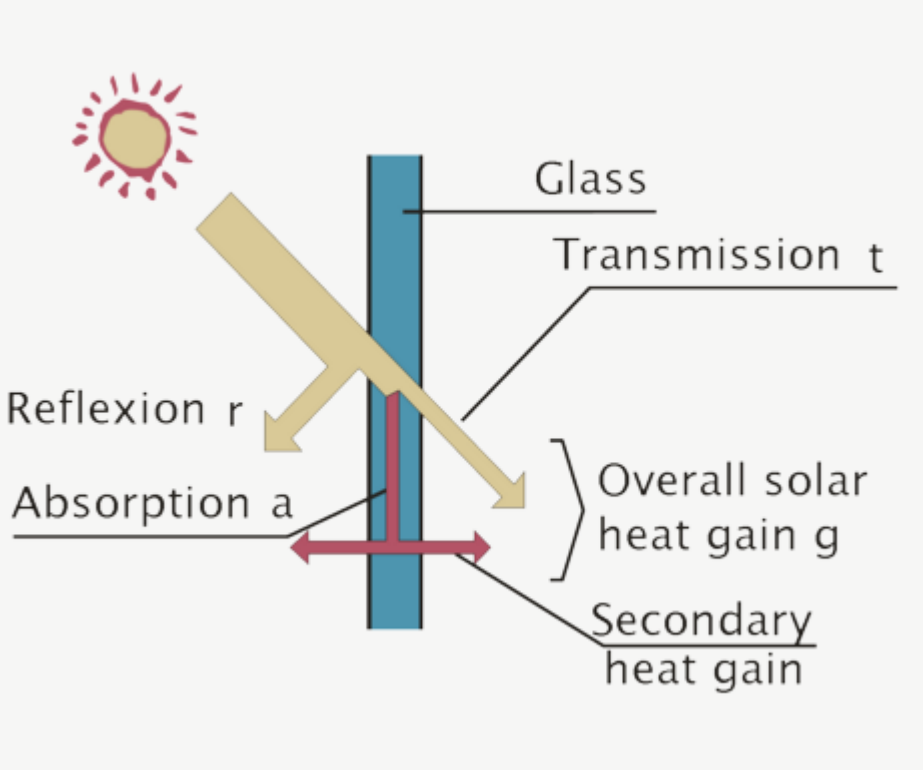
- Macchie di bruciatura sulle foglie
- Perdita del colore dei fiori
- (Verde chiaro nelle foglie di orchidea)

Se troppo bassa

- Allungamento delle piante
- Cattiva qualità
- Ridotta produttività
- Ridotta resa
- Ridotta durata postraccolta

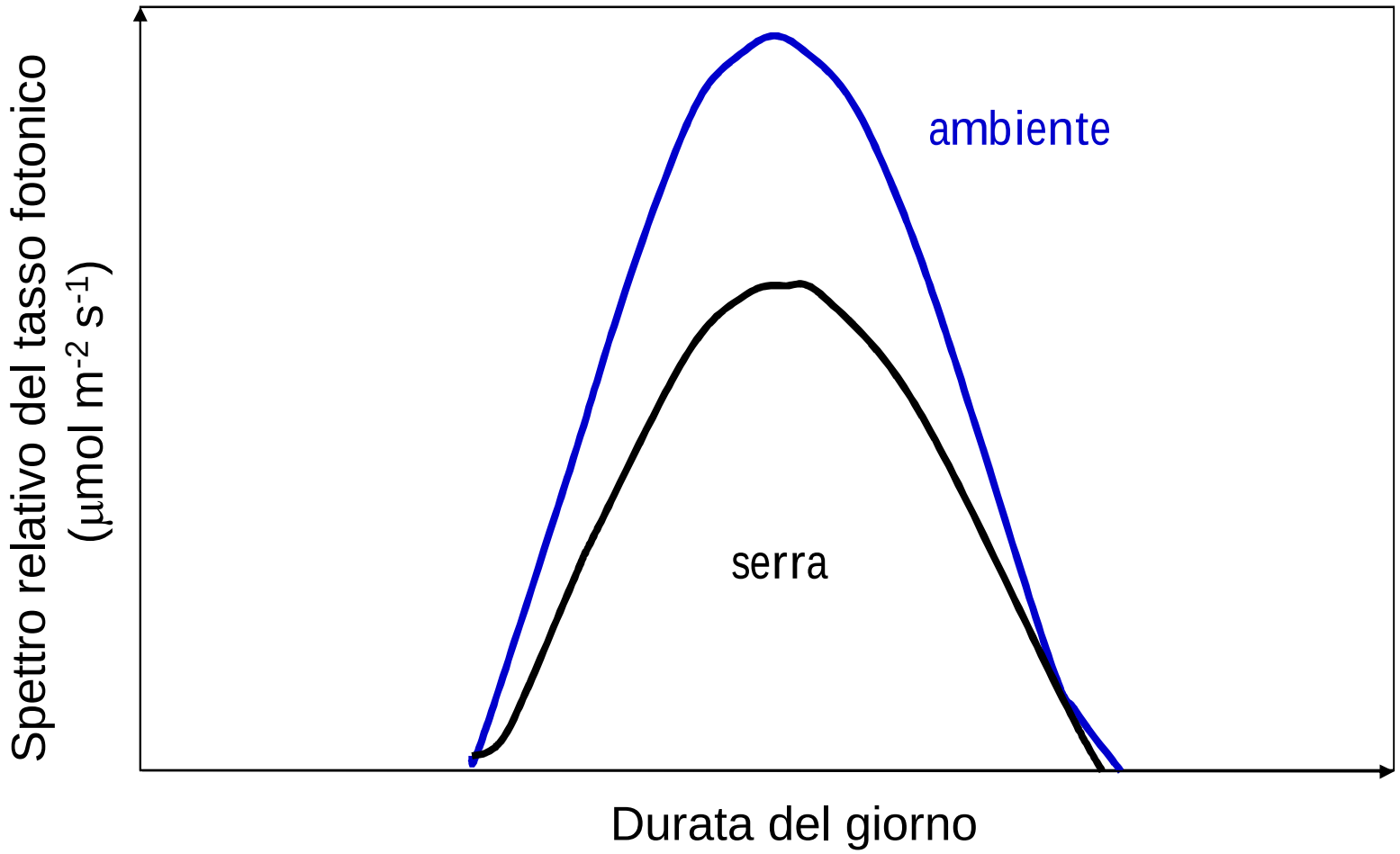
Radiazione

- Fenomeni a cui è sottoposta la radiazione:
  - ✓ Trasmissione (t)
  - ✓ Riflessione (r)
  - ✓ Assorbimento (a)



http://www.acca.it/euleb/it/glossary/index5.html

Radiazione e serra



In serra la luce disponibile è circa il 65% di quella esterna

Irradianza nella serra

Fattori che influenzano l'irradianza all'interno della serra:

- ✓ Tipologia materiale di copertura
- ✓ Età materiale di copertura (stabilizzanti)
- ✓ Fotoselettività materiale
- ✓ Pulizia materiale di copertura
- ✓ Angolo di incidenza della copertura
- ✓ Orientamento della serra
- ✓ Forma della serra
- ✓ Strutture componenti lo scheletro della serra

Materiali di copertura

Le principali caratteristiche dei materiali di copertura:

- ✓ Economico
- ✓ Trasparenza alle radiazioni PAR
- ✓ Trasparenza all'infrarosso corto
- ✓ Opacità all'infrarosso lungo
- ✓ Bassa dilatazione termica
- ✓ Peso e facilità di montaggio
- ✓ Durata e resistenza alle intemperie

Tipologia materiale

- Vetro

- Film plastici o laminati flessibili:
  - ✓ polietilene (PE)
  - ✓ Cloruro di polivinile (PVC)
  - ✓ Etilvinilacetato (EVA)

- Ondulati o laminati semirigidi:
  - ✓ Poliestere (vetroresina PRFV)
  - ✓ PVC
  - ✓ Polimetacrilato ondulato (vedrilser PMMA)

- Alveolari o lastre rigide
  - ✓ Policarbonato (PC)
  - ✓ Polimetacrilato ondulato (vedrilser PMMA)

materiali plastici *vs* vetro:
i primi hanno < capacità di trasmettere la radiazione visibile

Pregi e difetti dei materiali di copertura

Tab. 2.3 - Pregi e difetti dei principali materiali impiegati per la copertura delle serre

	Pregi:	*Difetti:*
vetro	ottima trasmissione nel visibile	
	ottima opacità all'infrarosso lungo	peso elevato
	prezzi contenuti	fragilità
	buona durata	scarsa resistenza alle intemperie
	basso coeeficiente di dilatazione lineare	
lastre rigide	facilità di montaggio	prezzo elevato
	resistenza alle intemperie	caratteristiche ottiche non stabili nel tempo
	bassa trasmissione del calore all'esterno	formazione di alghe e muffe
	elevata rigidità	alto coefficiente di dilatazione lineare
lastre semirigide	facilità di montaggio	caratteristiche ottiche non stabili nel tempo
	leggerezza	alto coefficiente di dilatazione lineare
	resistenza alle intemperie	
film plastici		caratteristiche ottiche non stabili nel tempo
	ottima trasmissione nel visibile	elevata trasmissione del calore all'esterno
	prezzi contenuti	durata limitata
		bassa resistenza alla rottura
		fenomeni di condensa

Caratteristiche tecniche

Tab. 2.6 - Principali caratteristiche di alcuni materiali impiegati per la copertura delle serre*

	Spessore (mm)	Trasparenza (%)			Durata (anni)	Peso (kg / m²)	Coeff. di conducibilità termica (K) (kcal/h • m² • °C)	Coeff. di dilatazione lineare (10^5 m/°C)
		Radiazione visibile diretta	Radiazione visibile diffusa	Infrarosso lungo				
PE	0,1	91	90	79	3 –4	0,208	13,4	
PE lunga durata	0,1	89	86	76	4	0,208	13,4	
PVC	0,1	92	91	60	3 – 4	0,120	9,2	
EVA	0,1	92	76	39			10,8	
PRFV	1 – 1,5	80		4	7 – 8	1,3 – 1,9	5,8	3,6
PVC	0,9	82		5	10	1,45	7	
PMMA	1,5 - 2,3	92		1	7 – 8	2 – 3	6	7,5
Vetro	4	91	91	1		11,5	5,8	0,5
PMMA	16	83	70	1	15	5	2,5	7,5
PC alveolare	4,5	77			5	1	3,9	6,5
PC alveolare	6	78	62	3	5	1,3	3,6	6,5
PC alveolare	16	77			5	2,7	2,8	6,5
PC lunga durata	4,5	79			10	1	3,9	6,5
PC lunga durata	6	80			10	1,3	3,6	6,5
PC lunga durata	8	80			10	1,7	3,3	6,5
PC lunga durata	10	80			10	2	3,1	6,5

* I materiali sono stati suddivisi in 3 gruppi: dall'alto laminati flessibili o film pastici, laminati semirigidi o ondulati, lastre rigide o alveolari.

Stabilizzanti

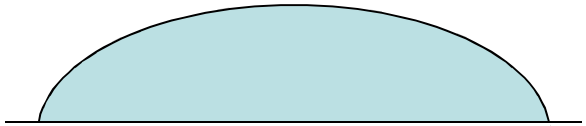
Sostanze chimiche aggiunte ai film per prevenire la degradazione del polimero, senza alterare la trasmittanza

- HALS: ammine stericamente impedite (incolore)

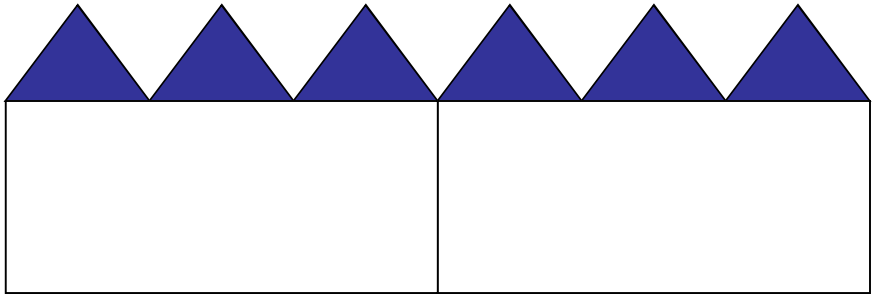
  - ✓ primarie poco resistente ai fitofarmaci
  - ✓ secondarie resistenti ai fitofarmaci
  - ✓ terziarie con ossidi metallici e stearati (translucidi)

- Ni-Quenchers: benzofenone con nichel organico (giallo-verdastra), minor trasmittanza al PAR [la presenza di Ni li renderà presto non commercializzabili]

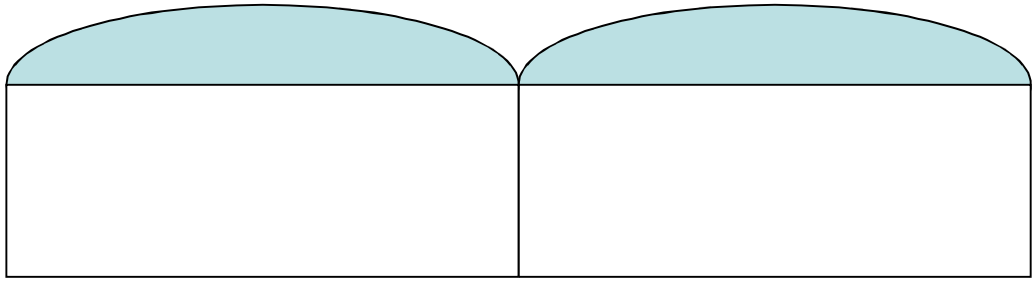
Forma delle serre



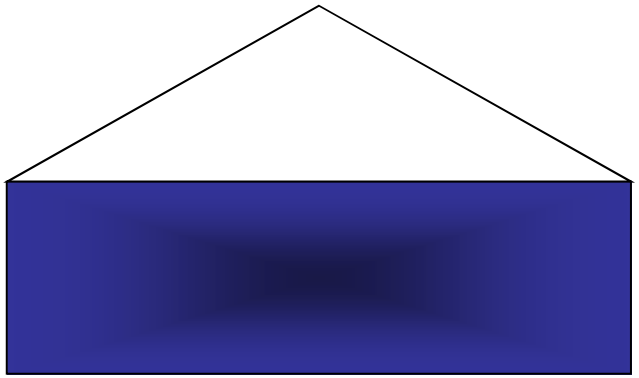
Tunnel



Padiglione a più campate

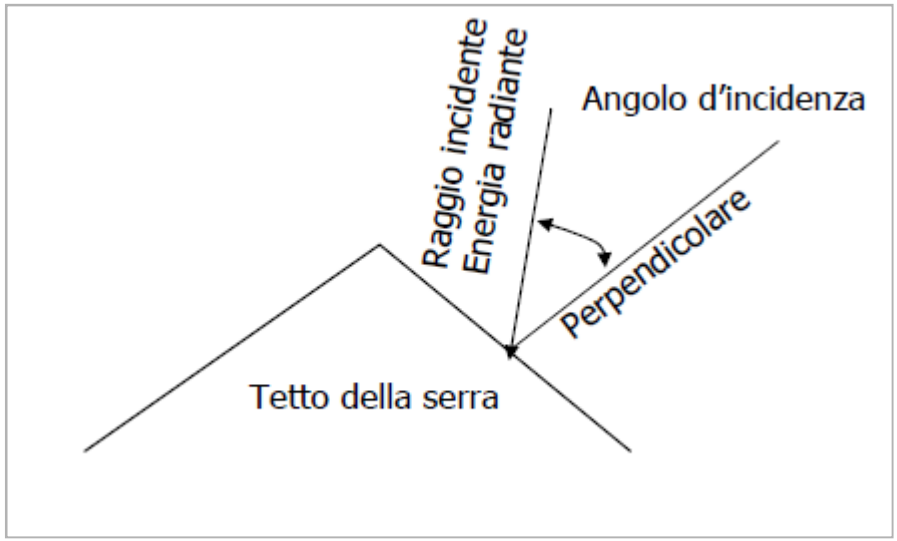


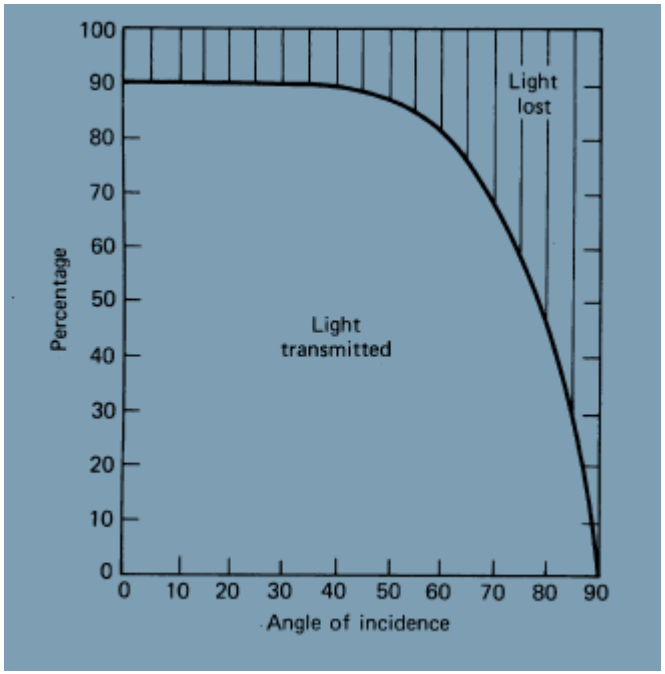
Padiglione a tetto semicircolare



Padiglione

Radiazione e serra





> angolo incidenza < trasmissione della luce

Siccome d'inverno abbiamo una bassa intensità di luce, per assicurare la massima intensità di luce all'interno della serra bisogna aumentare la pendenza del tetto.

Radiazione e serra

La scelta dell'orientamento ha lo scopo di captare la maggiore quantità di luce possibile durante l'inverno.

Orientamento	Trasmissione della luce	
	(%) estate	(%) inverno
Nord-Sud	64	48
Est-Ovest	66	71

Controllo della radiazione

- Interruzione della notte o allungamento del giorno:
  - ✓ Impiego di lampade
- Supplemento alla radiazione solare
  - ✓ Impiego di lampade
- Interruzione del giorno o allungamento della notte
  - ✓ Impiego di specifiche coperture (teli)

Tipologie di lampade

- ad incandescenza
- fluorescenti
- al mercurio
- agli alogenuri metallici
- al vapore di sodio ad alta pressione
- al vapore al sodio a bassa pressione

Tabella 8 - *Emissione spettrale di alcune lampade ad ampia diffusione*

Lampade	Input		Output			
	Lampade (W)	Totale (W)	400-500 nm (W)	500-600 nm (W)	600-700 nm (W)	Totale (W)
Incandescente	100	100	0,8	2,2	3,9	6,9
Fluorescente	40	50	2,7	4,5	1,9	9,2
Mercurio	400	425	11,6	28,4	18,3	58,4
Alogenuri metallici	400	425	26,2	50,3	12,1	88,7
Sodio ad alta pressione	400	425	10,3	55,3	39,6	105

Lampade: caratteristiche da valutare

- Distribuzione della luce emessa (importante per le risposte fotosintetiche e fotomorfologiche)
- Potenza richiesta (dipende dall'irradianza voluta)
- Costi (impianto ed esercizio);
- Efficienza della lampada (percentuale della potenza che viene trasformata in luce).

Tipologie di lampade

incandescenza

mercurio

Tipo-fluorescenti

Tipologie di lampade

alogenuri

vapori sodio bassa pressione

vapori sodio alta pressione

Petunia: SERRA *vs.* Illuminazione supplementare

Tomato: Serra *vs.* Illuminazione supplementare

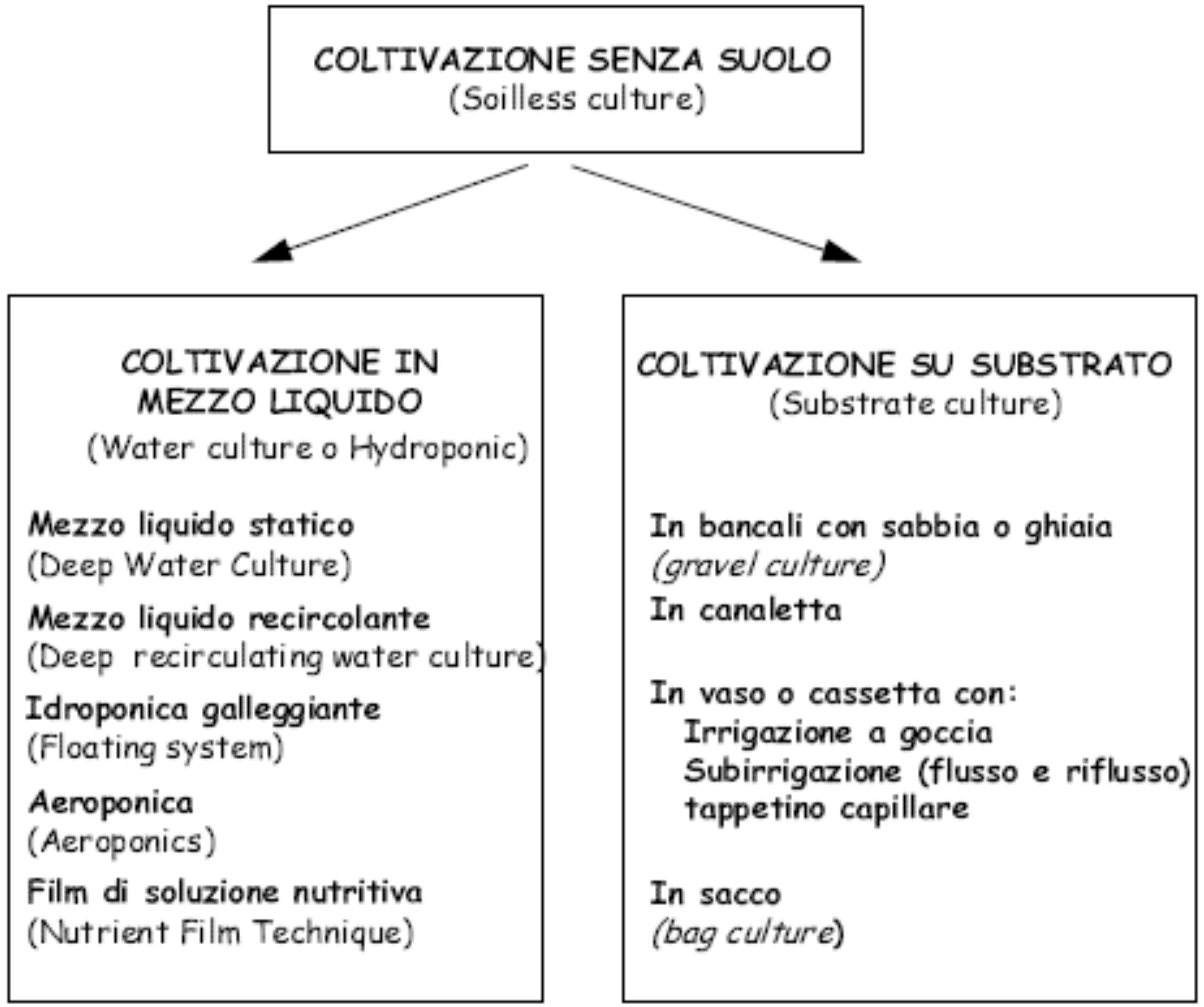
Coltivazione in serra: colture senza suolo

COLTURE SENZA SUOLO:
ottenute coltivando in assenza del comune terreno agrario, rifornendo le piante di acqua ed elementi nutritivi attraverso l'erogazione di una soluzione nutritiva

Le colture senza suolo si possono suddividere in:

- **idroponiche** (senza alcun tipo di substrato di coltivazione)
- **su substrato naturale o artificiale**.

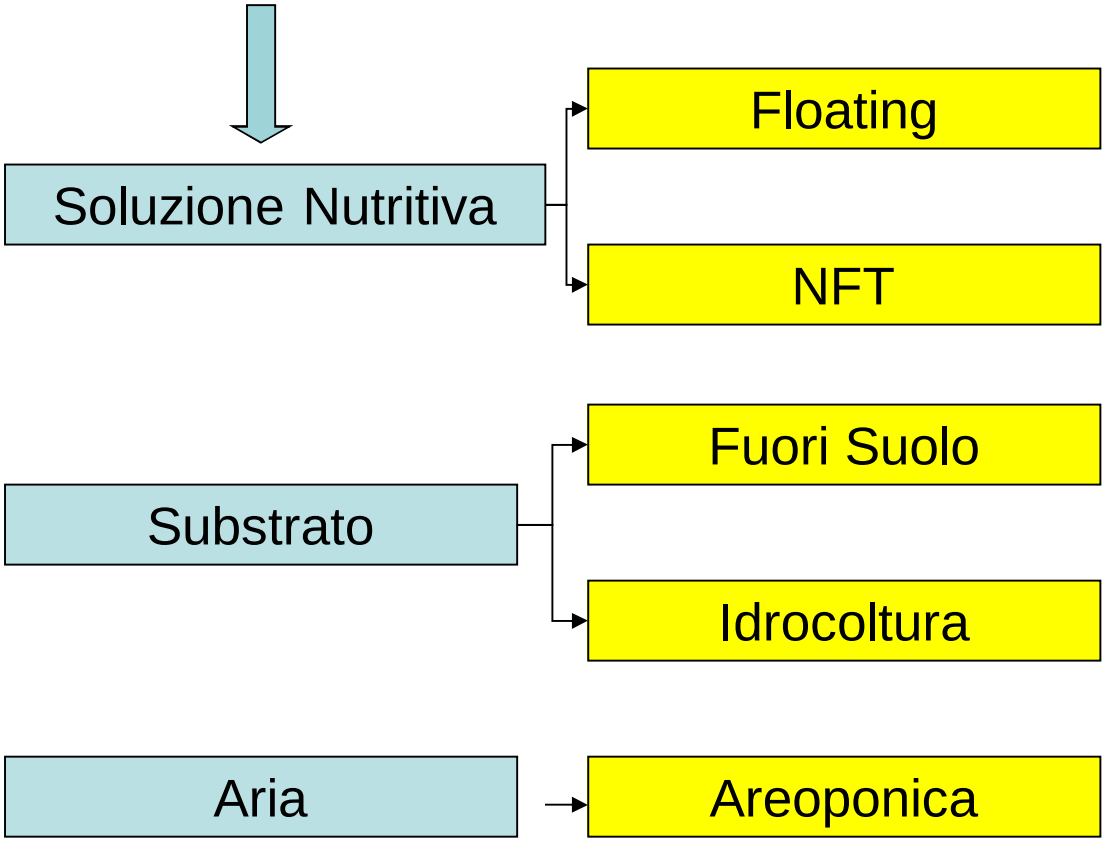
Coltivazione in serra: alcuni metodi



Classificazione delle tecniche di coltivazione fuori suolo più diffuse; in parentesi è riportata la nomenclatura internazionale.

Classificazione Idroponica

Mezzo a contatto della radice:



Ortaggi da foglia (IV gamma) e piante officinali

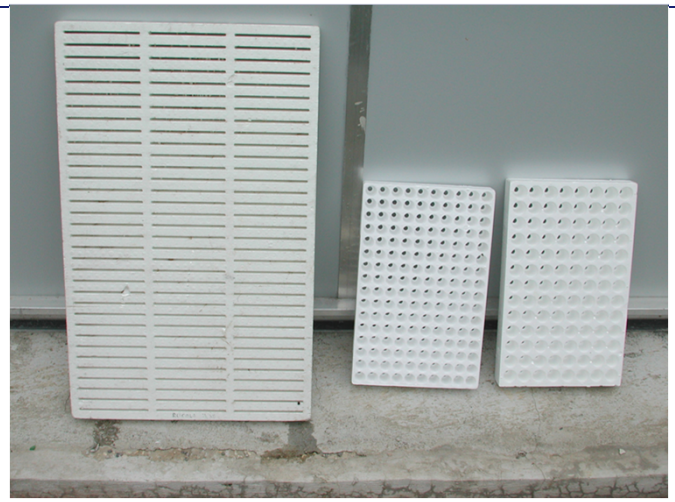
Ortaggi da frutto (pomodoro, melone)

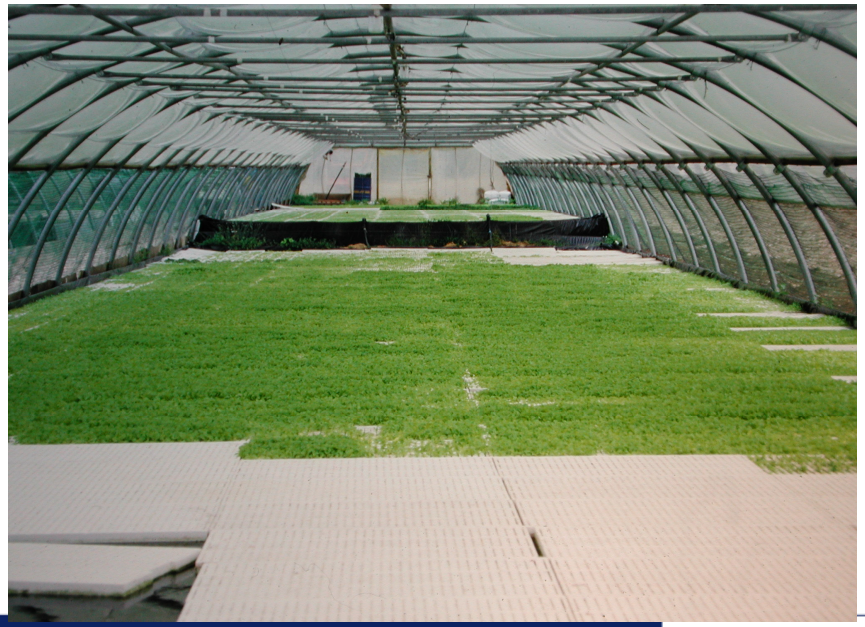
Ortaggi da frutto (pomodoro, melone), fiori recisi

Piante in vaso da interno

Ortaggi

Floating system



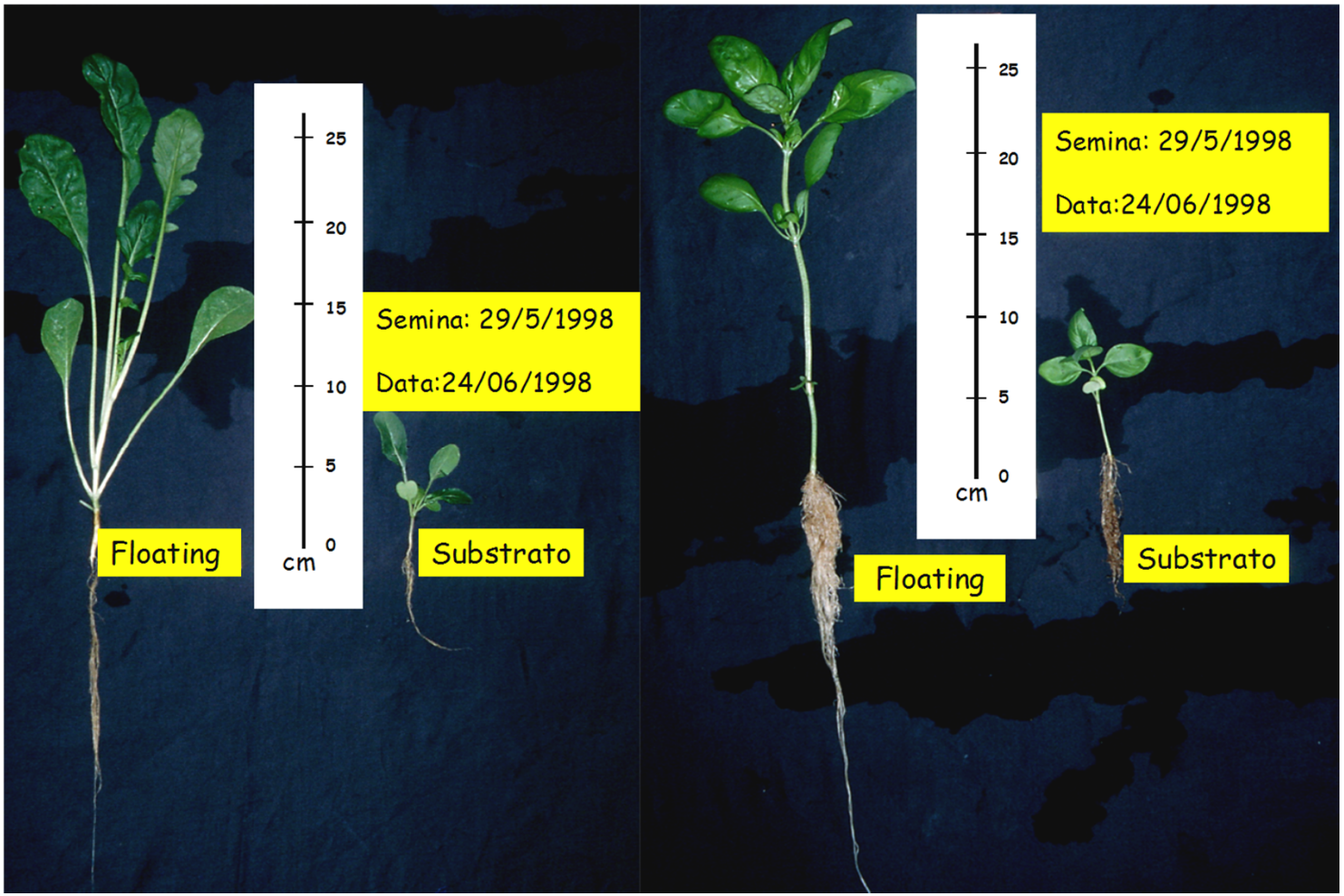


Utilizzato per la coltivazione di ortaggi da foglia, ed costituito dai seguenti componenti:

- Pannelli di polistirolo
- Vasche
- Soluzione nutritiva
- Compressore per l'ossigenazione
- Rete per la distribuzione dell'ossigeno

(6 mg l^{-1}, se <3 mg l^{-1} anossia)

Sviluppo a confronto



Nutrient film technique (NFT)

Le radici poggiano direttamente a contatto con la soluzione nutritiva;
richiede monitoraggio continuo della concentrazione elementi, CE e pH

Componenti del sistema:

- Canalette
- Sistema sterilizzazione
- Sistema ossigenazione
- Misuratore CE e pH
- Monitoraggio elementi nutritivi

Nutrient film technique (NFT)

Parte iniziale (sx) e finale (dx) di canalette per impianto NFT.
La soluzione nutritiva, spinta da una pompa sommersa nel bidone di raccolta, è immessa nella parte alta della canaletta da dove ritorna nel deposito; la circolazione e la caduta nel deposito di raccolta ne permette l'ossigenazione.

Nutrient film technique (NFT)

Sviluppo abnorme del tappeto radicale di una coltura di melone in NFT.

Morte di piante allevate in NFT, dovuta ad ipossia radicale

Aeroponica

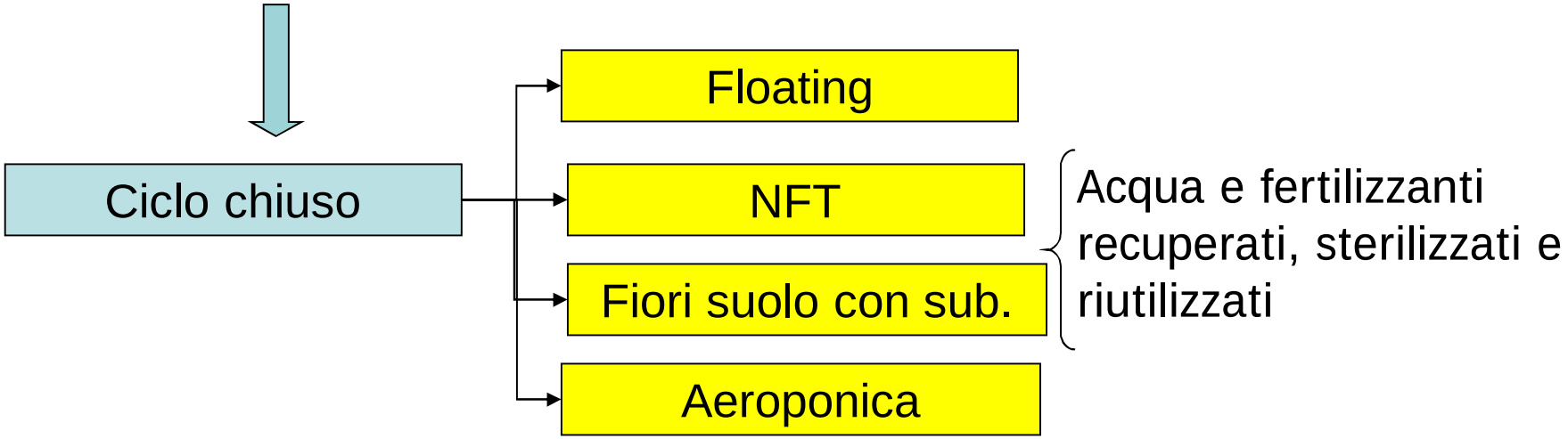
Sistema colturale senza acqua e senza substrato.
La nutrizione è garantita dalla distribuzione sulle radici della soluzione nutritiva mediante sistema di nebulizzazione

Componenti dell'impianto:

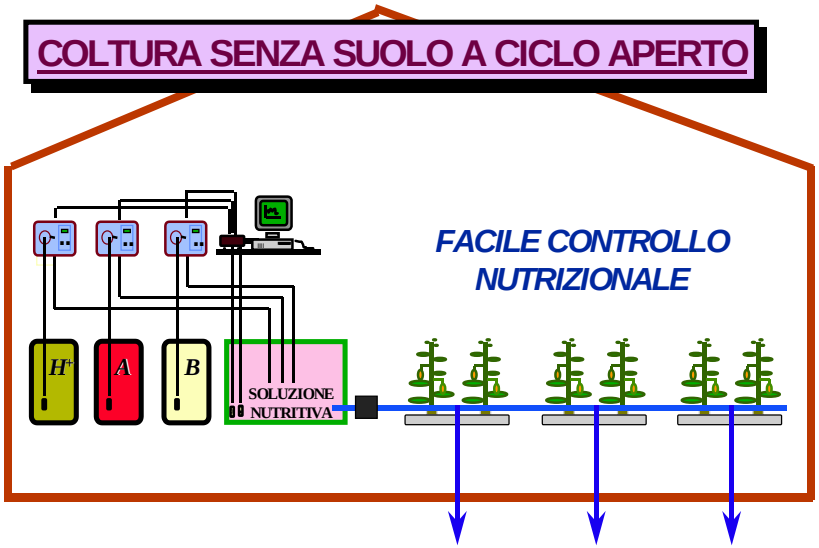
- Vasche contenti sol. nutr.
- Pannelli inclinati
- Sistema di nebulizzazione
- Sistema sterilizzazione

Classificazione Idroponica

Soluzione Nutritiva:

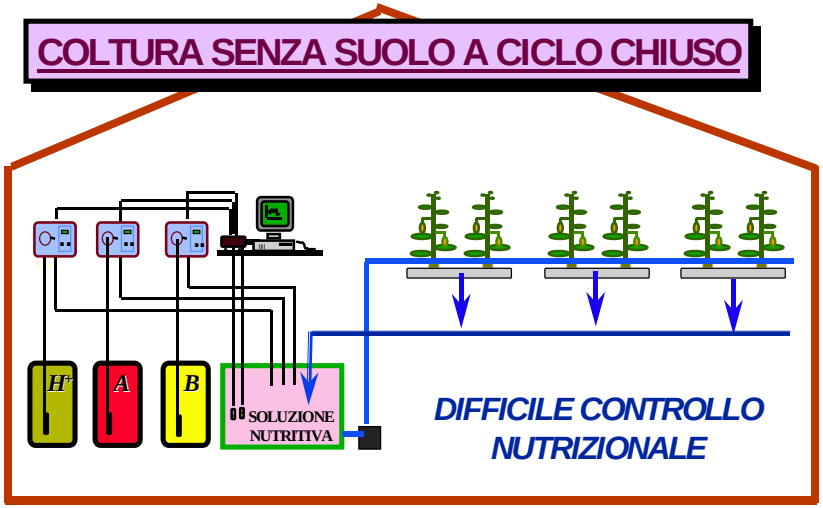


Ciclo Aperto e Chiuso



SPRECO DI ACQUA E FERTILIZZANTI

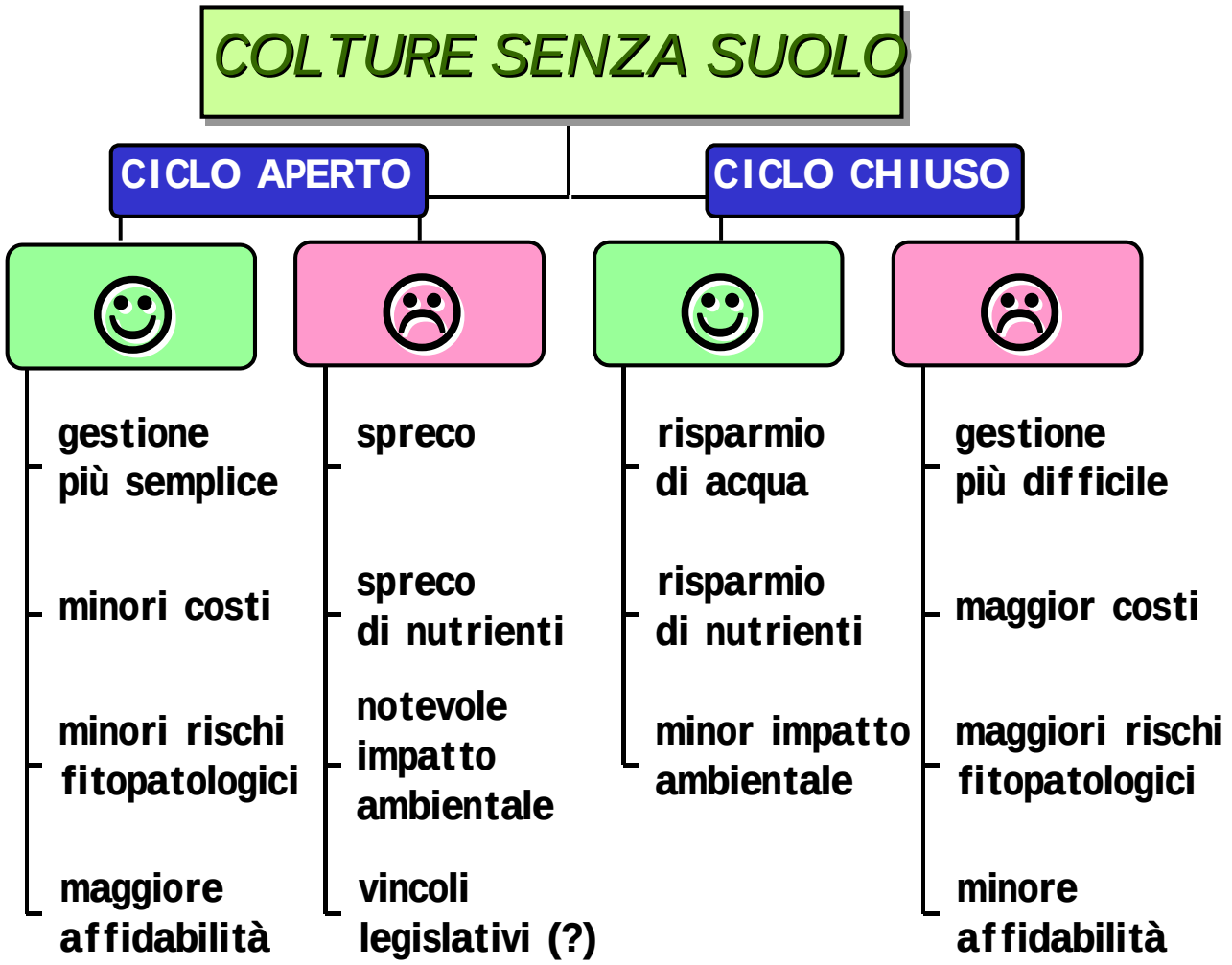
INQUINAMENTO



RISPARMIO DI ACQUA E FERTILIZZANTI

MINORE INQUINAMENTO

Sistemi aperti e sistemi chiusi (soluzione nutritiva ricircolante)



Confronto ciclo aperto vs ciclo chiuso

Consumo di acqua ed elementi nutritivi su pomodoro, con ciclo di 8 mesi

	Acqua (m^3 ha^{-1})	N (kg ha^{-1})	P (kg ha^{-1})	K (kg ha^{-1})	Ca (kg ha^{-1})	Mg (kg ha^{-1})
Ciclo chiuso	*8990*	*848*	*246*	*1377*	*217*	*89*
Ciclo aperto	*11950*	*1897*	*457*	*2932*	*575*	*212*
Risparmio (%)	*25%*	*55%*	*46%*	*33%*	*62%*	*58%*

(Dati rielaborati da Baillè, 1998)

Caratteristiche dei vari sistemi di coltivazione fuori suolo

	SUBSTRATO		COLTURA LIQUIDA		
CARATTERISTICHE	IRRIG. A GOCCIA	SUBIRRIG.	NFT	FLOATING SYSTEM	AEROPONICA
Diffusione	++++	++++	++	+	+
Colture	ort. frutto f.recisi	p.in vaso f.recisi	ort.foglia ort.frutto	ort.foglia	ort.foglia
Substrati	organici o inerti	organici	assente	assente	assente
C.aperto (A) o chiuso(C)	A, C	C, (A)	C	C	C
Potere tampone	+++	++	assente	assente	assente
Costi di investimento	++	++++	+++	+	++++
Costi di gestione	++	++	+++	+	++++
Difficoltà di gestione	++	+++	+++	+	++++
Rischio ipossia radicale	+	++	+++	+++	+
Rischio alta temp. rad.	++	+++	+++	++	+++
Rischio fitopatolog.	+ (C, +++)	+	+++	++	++