



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE E AMBIENTALI  
PRODUZIONE, TERRITORIO, AGROENERGIA

# Corso di Agronomia

**a.a. 2019-2020 primo e secondo semestre**

Prof. Marco Acutis

# Informazioni generali

---

**Docente: Marco Acutis**

Prof. ord. Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali

**Attività di ricerca:**

Sistemi colturali, modellistica, impatto ambientale dei sistemi colturali

- *uff.:* 02 50316596

- cell. 348 8401237 (da usare senza problemi nel caso di non risposta dal telefono dell'ufficio, ma non il sabato e domenica, e tra 8:30 e le 19:30)

- *email:* [marco.acutis@unimi.it](mailto:marco.acutis@unimi.it)

- *ricevimento:* sempre su appuntamento, basta concordare data e ora per mail o telefono.



# Informazioni generali

---

## **Collaboratori:**

prof. Alessia Perego, dott. Calogero Schillaci.

- - *email:* [nome.cognome@unimi.it](mailto:nome.cognome@unimi.it)

- Libro di testo:

**Agronomia**

**A cura di:**

**P. Ceccon, M. Fagnano, C. Grignani, M. Monti, S. Orlandini.**

**<https://www.edises.it/universitario/agronomia.html>**



# Obiettivi formativi:

---

Acquisire una visione integrata degli elementi che concorrono alla gestione delle coltivazioni e al loro inserimento in sistemi colturali\*. Messa a punto, gestione e valutazione di sistemi colturali in termini di produttività, di sostenibilità e di controllo dell'impatto ambientale.

## \* **Il sistema colturale**

Un insieme di elementi di natura agronomica (colture e tecniche), in interazione dinamica, condizionati nel loro comportamento dai fattori ambientali (pedo-clima) e dalle scelte gestionali, che determinano i risultati del processo produttivo (Toderi et al., 2002)



# Competenze acquisibili:

---

Conoscenze delle tecniche colturali e dei loro effetti sulla produttività e sull'ambiente.

Conoscenze sulla gestione dei sistemi colturali in relazione all'ambiente pedoclimatico.

Preparazione di concimazione e conoscenza delle relative modalità pratiche di attuazione.



# Esami:

- prenotazione **esclusivamente attraverso servizio SIFA**
- Svolgimento nello stesso giorno di:
  - ✓ di una prova scritta (domande a risposta aperta)
  - ✓ di una prova pratica (redazione di un piano di concimazione)
  - ✓ di una prova orale.
  - ✓ E' prevista una prova intermedia che è esonerativa di tutta la prima parte del corso, che si terrà in 2 occasioni durante l'intervallo tra i 2 semestri (gennaio-febbraio)
- Appelli: test esonerativo in gennaio-febbraio (in 2 date), appelli 2/3 in giugno, luglio; 2 in settembre; novembre 1 appello, gennaio-febbraio dell'anno successivo  
2 appelli



# Esami:

---

- **vietato** l'uso del telefonino: **PORTARE CALCOLATRICE**
- richiesta la normale serietà morale: **non si copia, non si parla.**
- se queste regole non saranno rispettate saranno presi i dovuti provvedimenti:
  - ✓ Richiamo dello studente
  - ✓ Ritiro materiale in possesso
  - ✓ Ritiro della prova ed esclusione dalla stessa per l'appello in questione.



# ALCUNE BASI DI ECOLOGIA



# Definizione di Ecologia

---

*Il termine fu coniato dal biologo tedesco Ernst Haeckel nel 1866 (dal greco οἶκος = casa e λογος = studio) "l'Ecologia è lo studio dell'economia della natura e delle relazioni degli animali con l'ambiente inorganico e organico, soprattutto dei rapporti favorevoli e sfavorevoli, diretti o indiretti con le piante e con gli animali; in una parola, tutta quell'intricata serie di rapporti ai quali Darwin si è riferito parlando di condizioni della lotta per l'esistenza".*

*Andrewartha (1961): "lo studio scientifico della distribuzione e dell'abbondanza degli organismi"*

*Slobodkin: "l'ecologia, in termini generali, si occupa dell'interazione tra gli organismi e il loro ambiente nel più ampio senso possibile".*



# Definizione di Ecologia (segue)

---

*Odum, 1996: “studio del sistema terrestre per il sostentamento della vita”*

*key words: componente vivente, componente non vivente, interazioni*

## ***definizione didattica:***

*Scienza che studia le condizioni di esistenza degli organismi viventi e le interazioni tra organismi e ambiente fisico e tra organismi ed organismi*



# Ruolo dell'ecologia

---

*L'ecologia ci fornisce gli elementi per la costruzione del quadro d'insieme generale*

*Il degrado della situazione ambientale (es: CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, erosione ecc.) ci obbliga a riconsiderare il ruolo della specie umana.*

*Tutti i fenomeni di valenza globale sono strettamente correlati*

*Solo nell'ambito di un quadro generale sono possibili strategie e interventi ambientali efficaci e equilibrati*



# I livelli di organizzazione biologica

---

*Molecole*

*Cellule*

*Tessuti*

*Organi*

*Organismi (individui)*

Di interesse per l'ecologia

*Popolazioni*

*Comunità/Ecosistemi*

*Biomi*

*Biosfera*



# I livelli di organizzazione biologica

---

## **Popolazione:**

- ✓ *è un gruppo di organismi appartenenti alla stessa specie,*
- ✓ *che occupano uno spazio determinato,*
- ✓ *interagiscono fra loro e sono in grado di incrociarsi liberamente (possiedono un patrimonio genetico comune),*
- ✓ *condividono uno stesso ruolo funzionale,*
- ✓ *reagiscono in modo simile allo stimolo dei fattori ambientali,*
- ✓ *sistema biologico dotato di propri meccanismi di controllo.*

## **Comunità:**

*è l'insieme degli organismi che condividono uno stesso ecosistema*



# I livelli di organizzazione biologica

---

## **Ecosistema**

*è una porzione di biosfera delimitata naturalmente, in cui organismi animali e vegetali interagiscono tra loro e con l'ambiente che li circonda (biotopo)*

## **Biocenosi**

*la comunità delle specie di un ecosistema che vive in un determinato ambiente (biotopo)*

## **Biotopo**

*area di limitate dimensioni (es. stagno, torbiera) di un ambiente dove vivono organismi vegetali ed animali di una stessa specie o di specie diverse*



# I livelli di organizzazione biologica

---

## **Habitat**

*rappresenta il luogo fisico in cui vive una specie all'interno dell'ecosistema*

## **Nicchia ecologica**

*rappresenta il ruolo della specie all'interno dell'ecosistema*

## **Bioma**

*complesso degli ecosistemi di una particolare area geografica del pianeta, definiti in base al tipo di vegetazione dominante (es tundra, savana, foresta decidua)*

## **Biosfera**

*zone della Terra in cui le condizioni consentono lo sviluppo degli ecosistemi*



# Livelli di studio

---

**AUTOECOLOGIA:** *si occupa dell'organismo individuale; studia le interazioni tra una specie e fattori ambientali dell'habitat in cui vive;*

**DEMOECOLOGIA:** *studia le relazioni fra i membri di una popolazione cioè di individui appartenenti alla stessa specie;*

**SINECOLOGIA:** *studio delle relazioni ecologiche di una comunità, quindi le popolazioni che vivono nell'ambito di uno stesso biotopo*

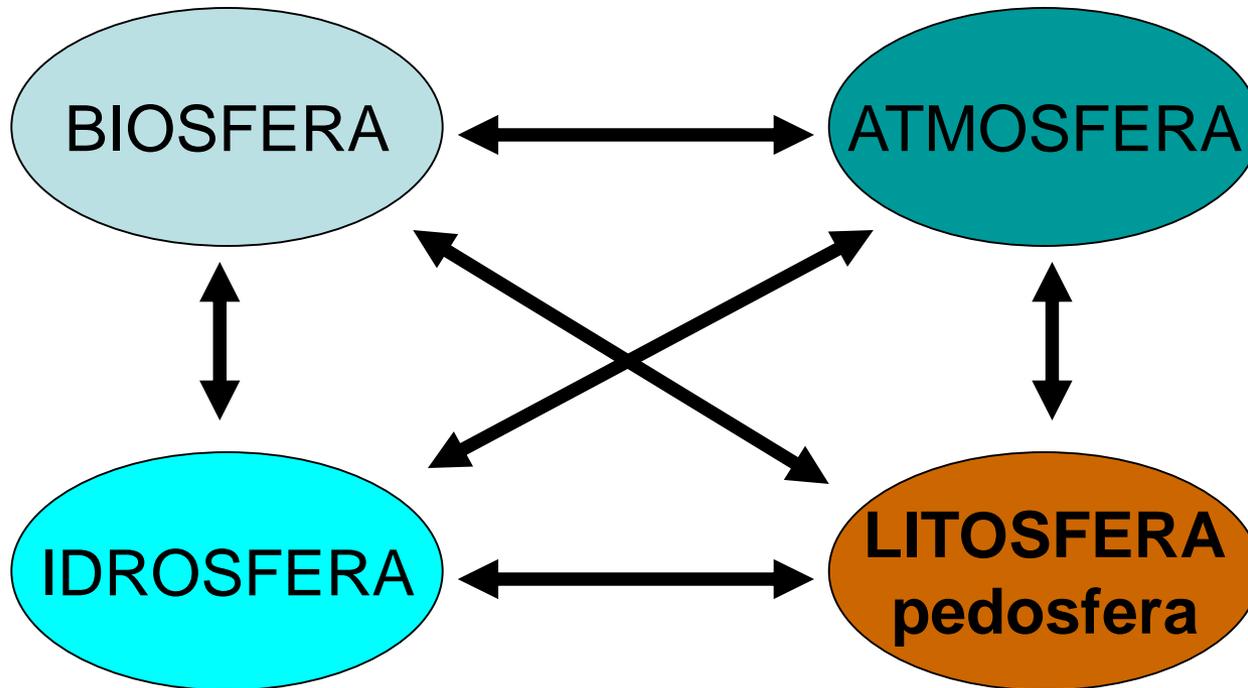


# Ecosistema

Unità spazialmente individuabile che include:

- tutti gli organismi viventi
- tutte le componenti fisiche e chimiche

e considera tutte le interazioni tra essi e il livello di organizzazione autonoma.



# Ecosistema

**IDROSFERA:** parte di crosta terrestre occupata dall'acqua. Ne fanno quindi parte gli oceani, i mari, i fiumi, i laghi, i ghiacciai e le acque sotterranee. Il 94% dell'idrosfera è costituito da acqua salata. Il restante 6% è costituito da: acqua sotterranea (circa il 4,3%), ghiaccio - sotto forma di calotte polari e ghiacciai (circa l'1,7%), laghi, fiumi e acqua dispersa nell'atmosfera (0,03%). L'acqua circola continuamente: dal suolo, dagli oceani e dai mari evapora e sale nell'atmosfera.

**ATMOSFERA:** è composta prevalentemente da azoto (78%) e da ossigeno (21%), con piccole percentuali di argo (0,9%), anidride carbonica e altri gas. Questo particolare miscuglio di gas costituisce l'aria. L'atmosfera costituisce un sistema dinamico molto complesso: movimenti e spostamenti sono responsabili dei diversi climi e del tempo meteorologico, delle perturbazioni e dei venti.

**LITOSFERA:** è l'involucro rigido della Terra. E' costituita per lo più da rocce, ha uno spessore medio di un centinaio di chilometri ed è composta dalla crosta e dalla parte superiore, solida, del mantello .

**BIOSFERA** Parte del pianeta Terra in cui sono presenti gli organismi viventi, ovvero in cui si trovano le condizioni fisico-chimiche che rendono possibile la vita. Comprende una parte della litosfera (la superficie terrestre e il sottosuolo fino a poche decine di metri di profondità), la idrosfera (le acque continentali, i mari e gli oceani, comprese le fosse oceaniche che si considerano il limite inferiore della biosfera) e i primi strati dell'atmosfera (fino a circa 10 km di altezza, valore che si considera il limite superiore).



# Ecosistema naturale - Agrosistema

---

Ecosistema naturale

= 0 ≠

Agroecosistema



# Ecosistema naturale e Agrosistema

---

## **Ecosistema naturale:**

- ecosistemi che si sviluppano in maniera naturale, e che da soli raggiungono il loro equilibrio ecologico, definito climax.

## **Agroecosistema:**

- ecosistemi il cui sviluppo, seppur basato sulle regole generali degli ecosistemi naturali, presentano un imprescindibile e elevato controllo antropico che risulta finalizzato alla produzione di materia che sarà allontanata, in quantità parziale o totale, dallo stesso.



# Ecosistema naturale - Agrosistema: Analogie

---

- entrambi localizzati in un biotopo (ambiente fisico) contraddistinto da un insieme di fattori ambientali di natura non biotica (suolo, clima, idrologia)
- comprendono una biocenosi articolata secondo il modello delle piramidi alimentari (più livelli trofici)
- caratterizzati da un certo grado di biodiversità.
- flusso energetico principale in ingresso: radiazione solare
- flusso di energia e materia che genera, attraverso scambi trofici, una più o meno complessa rete alimentare.



# Ecosistema naturale – Agrosistema: **Analogie**

---

- tendono ad evolversi in una successione ecologica consente la genesi di equilibri che consentono, al loro interno, la conversione della disponibilità energetica in biomassa, in funzione alle condizioni climatiche e pedologiche.
- salvo alcune e ormai rare eccezioni, sono soggetti ad interferenze dirette o indirette da parte dell'uomo.



# Ecosistema naturale – Agrosistema: Differenze

---

- grado d'interferenza del fattore antropico (il controllo della composizione della biocenosi, dei fattori fisici ambientali, del flusso di energia e materia)
- specializzazione e biodiversità:
  - ✓ *Ecosistema naturale*: minor grado di specializzazione e un maggior grado di biodiversità
  - ✓ *Agroecosistema*: maggior grado di specializzazione e un minor grado di biodiversità
- fattori della produzione



# Biodiversità

## **DEFINIZIONI:**

- La variabilità di ogni tipo tra organismi viventi (IUCN, 1994);
- La variabilità spaziale e temporale delle strutture e delle funzioni dei sistemi viventi (Gaston, 1996);
- Biodiversità o diversità biologica: **“La variabilità degli organismi viventi di ogni origine, compresi inter alia\* gli ecosistemi terrestri, marini ed altri ecosistemi acquatici e i complessi ecologici di cui fanno parte; ciò include la diversità nell’ambito delle specie e tra le specie e la diversità degli ecosistemi”** (CBD, *Convention on Biological Diversity, art. 2*).

\* tra l’altro



2010 Anno Internazionale della Biodiversità

Ad oggi sono state classificate 1.600.000 specie di esseri viventi sulla Terra. Si stima che ve ne siano più di 5.000.000 ancora da scoprire.



# Biodiversità

---

## Importanza della Biodiversità

La biodiversità rappresenta la fonte principale di beni e risorse su cui si basa il nostro vivere quotidiano.

Indica una misura della varietà di specie animali e vegetali presenti nella biosfera.

È il risultato di lunghi processi evolutivi che hanno permesso alla vita di adattarsi alle diverse condizioni presenti sulla terra e che consente nel futuro di ospitare forme di vita sulla terra.

Alcuni esempi:

- è la condizione indispensabile nel miglioramento genetico sia in campo animale sia vegetale;
- si possono ottenere produzioni vegetali (esempio la vite) con specifiche caratteristiche in condizioni molto diverse;
- le diverse caratteristiche biologiche degli alberi consentono di destinare a usi diversi secondo la tipologia di legno che si ricava.



# Biodiversità

---

## Importanza della Biodiversità

**Fonti autorevoli indicano la perdita di Biodiversità come il secondo pericolo per gli ecosistemi in ordine di importanza dopo i cambiamenti climatici e prima dell'inquinamento da azoto reattivo. (Giles, 2005)**



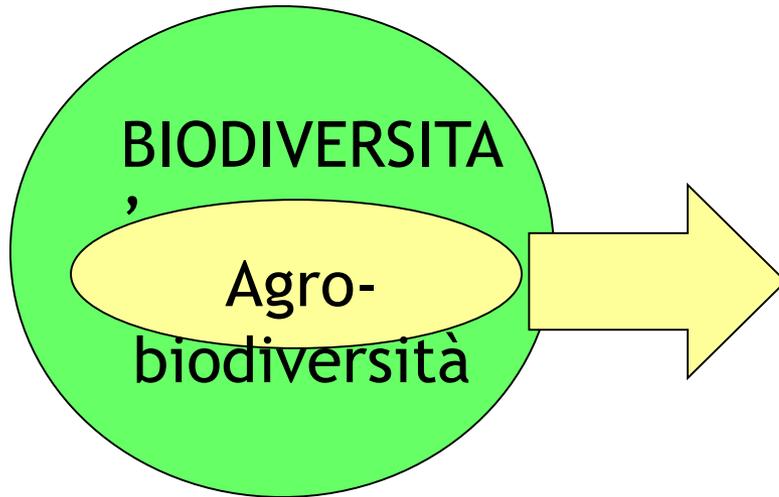
# Agro-biodiversità

*Secondo la FAO (1999):*

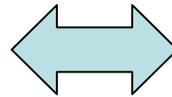
*“L’agro-biodiversità comprende la varietà e variabilità di animali, piante e microrganismi che sono importanti per il cibo e l’agricoltura e che sono il risultato delle interazioni tra l’ambiente, le risorse genetiche e i sistemi di gestione e le pratiche usate dagli uomini”*



# Agro-biodiversità



- Diversi agroecosistemi
- Colture, specie e varietà
- Varietà e cultivar antiche
- Animali allevati
- Specie selvatiche
- Variabilità genetica di piante e animali
- M.O. nel suolo
- Agenti naturali di controllo dei patogeni

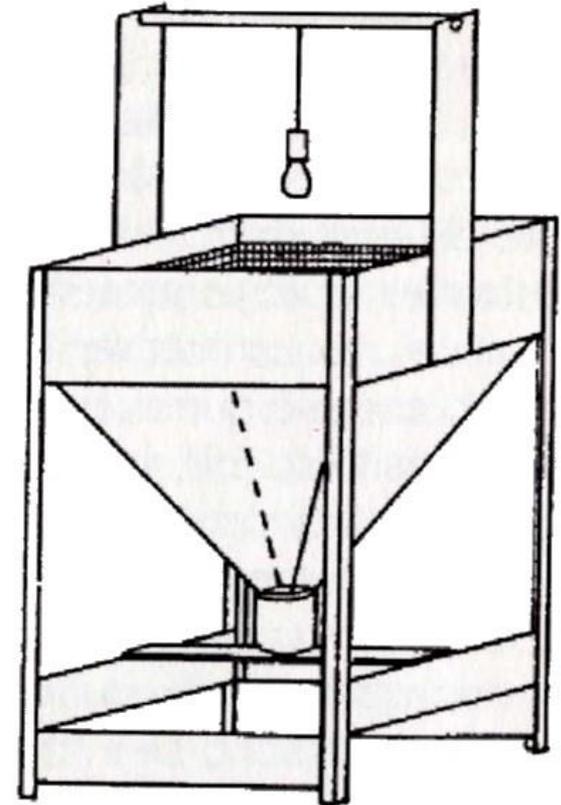


# L'Indice di Qualità Biologica del suolo: microartropodi (QBS-ar)

si basa sull'analisi di tutti i gruppi di microartropodi presenti nel suolo (insetti, aracnidi, miriapodi, crostacei).

**Forma biologica:** indica il grado di adattamento anatomico di un organismo alla vita nel suolo. Se l'ecosistema suolo non è disturbato da attività antropiche tenderanno ad essere presenti molti gruppi particolarmente adattati alla vita in questo ambiente (di piccole dimensioni, depigmentati, privi di occhi e ali). Se il suolo subisce degli impatti i gruppi più adattati al suolo tenderanno a scomparire e resteranno solo quelli meno adattati.

Il metodo prevede un campionamento dei primi 10 cm degli orizzonti minerali e un'estrazione dei microartropodi mediante un estrattore di Berlese-Tulgren



# QBS-ar

Gli organismi estratti vengono identificati al microscopio stereoscopico a livello di phylum, classe o, al massimo, ordine. Il riconoscimento è in genere abbastanza semplice e può essere fatto anche da non specialisti.

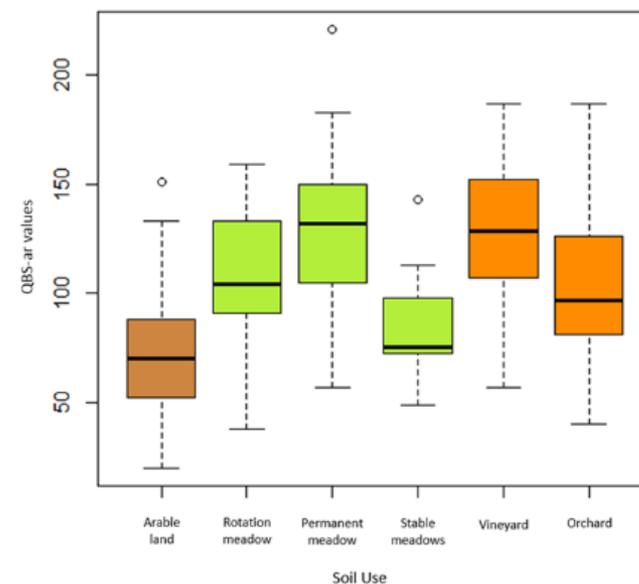
A tutti i gruppi sistematici presenti è stato assegnato un punteggio (EMI Indice Ecomorfologico) che va da 1, per gli organismi per nulla adattati alla vita nel suolo, a 20, per quelli completamente adattati. Apposite tabelle permettono di valutare l'EMI delle forme presenti. Una volta identificati tutti gli EMI la loro somma darà il valore di QBS-ar. Valori alti di questo indice segnalano una buona qualità ecologica del suolo.

Il protocollo per determinare l'Indice QBS-ar prevede il prelievo di 3 zolle di terreno, con dimensioni 10x10x10 cm, distanziate circa 10 metri l'una dall'altra, da cui vengono estratti i microartropodi poi riconosciuti e valutati per la determinazione dell'indice.



# QBS-ar

SEMINATIVI E COLTURE ERBACEE		COLTURE ARBOREE E VIGNETI		AMBIENTI NATURALI, BOSCHI, PRATI-PASCOLI	
Valore QBS-ar	Qualità	Valore QBS-ar	Qualità	Valore QBS-ar	Qualità
>120	Ottimo	>160	Ottimo	>200	Ottimo
101-120	Buono	141-160	Buono	171-200	Buono
81-100	Discreto	121-140	Discreto	151-170	Discreto
61-80	Sufficiente	101-120	Sufficiente	131-150	Sufficiente
41-60	Modesto	81-100	Modesto	111-130	Modesto
31-40	Scadente	61-80	Scadente	91-110	Scadente
<30	Nulla	<60	Nulla	<90	Nulla



**Figure 1:** QBS-ar values for the six soil uses inserted in the Emilia-Romagna project.

Agriculture Management and Soil Fauna Monitoring: The Case of Emilia-Romagna Region (Italy) –

<https://juniperpublishers.com/artoaj/pdf/ARTOAJ.MS.ID.555649.pdf>



# Agrosistema: caratteristiche

---

Gli agroecosistemi differiscono da quelli naturali per l'azione dell'uomo:

- **riduzione della complessità** biologica: solo le specie coltivate sono volute
- somministrazione di **input energetici**
- asportazione di biomassa (**output energetici**)
- **miglioramento** produttivo delle parti di pianta utili (genetica)
- **perturbazioni** (lavorazioni, irrigazione, fertilizzazioni, sistemazioni idrauliche)

Agronomia:

insieme delle tecniche che hanno lo scopo di **MIGLIORARE** la produttività primaria alterando il meno possibile l'ambiente produttivo



# Agrosistema: caratteristiche

---

## **Imperativo:**

lasciare alle generazioni successive un ambiente non compromesso

## **Obbiettivi tecnici:**

- garantire il reddito agli operatori
- evitare eccessi di concimazioni
- contenere la desertificazione
- evitare erosione
- impiego razionale mezzi chimici
- evitare l'impiego errato di acque salse



# Agroecosistema

## Variabili guida

### Clima

- radiazione
- temperatura
- precipitazioni

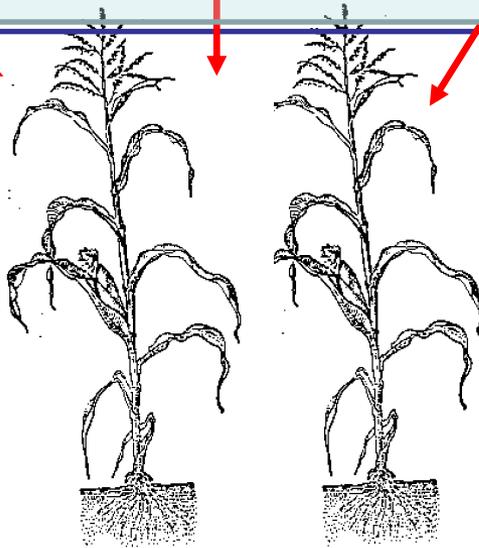
### Atmosfera

- Composizione
- Inquinamento

### Aspetti economici e sociali

### Ambiente biologico

- infestanti
- microbiologia del suolo
- crittogame
- animali



### Interventi agronomici

- Scelte organizzative
- lavorazioni
- irrigazione
- diserbo
- difesa fitosanitaria

### Pianta

- genotipo
- produttività
- Adattabilità all'ambiente

### Suolo

- caratteristiche fisiche e chimiche
- Acqua
- aria
- elementi chimici e loro dinamica
- temperatura

## OUTPUT

- SO (prodotti e flussi economici)
- CO<sub>2</sub> (suolo e piante)
- NH<sub>3</sub> (volatilizzazione)
- CH<sub>4</sub> (atmosfera)
- NO<sub>3</sub> (lisciviazione e ruscellamento)
- NO<sub>x</sub> (in atmosfera)
- N<sub>2</sub>O (in atmosfera)
- Agrofarmaci (in falda e atmosfera)
- Erosione (ruscellamento)
- P (erosione e ruscellamento)
- Paesaggio fruibilità



# Agrosistema – Variabili guida

---

**variabili guida:** sono quelle variabili che influenzano il sistema senza esserne influenzate (es: vari parametri meteorologici quali le precipitazioni o la radiazione solare).

## Clima

- radiazione
- temperatura
- precipitazioni

## Atmosfera

- Composizione
- Inquinamento

Aspetti economici e  
sociali



# Resilienza e Resistenza

La resilienza descrive la velocità con la quale un ecosistema ritorna nella condizione precedente ad un evento che lo ha perturbato.

La resistenza descrive, invece, l'abilità del sistema di evitare spostamenti dalla propria condizione

La perdita di biodiversità fa diminuire la resilienza degli ecosistemi (omosuccessioni)

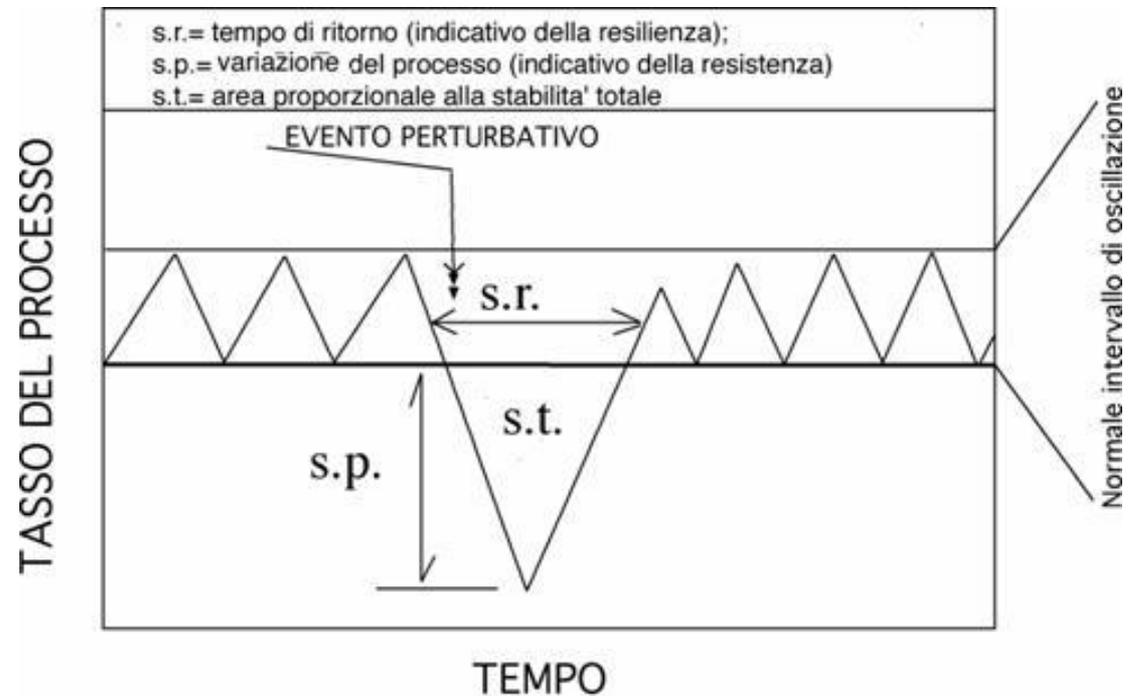


# Resilienza e Resistenza

La resilienza descrive la velocità con la quale un ecosistema ritorna nella condizione precedente ad un evento che lo ha perturbato.

La resistenza descrive, invece, l'abilità del sistema di evitare spostamenti dalla propria condizione

La perdita di biodiversità fa diminuire la resilienza degli ecosistemi (omosuccessioni)



# L'ATMOSFERA



# Atmosfera: cos'è?

---

- è l'involucro di gas che riveste il pianeta in cui viviamo,
- possiede struttura complessa,
- è divisa in più strati, sfere, che in ordine di altezza sono:
  - ✓ troposfera,
  - ✓ stratosfera,
  - ✓ mesosfera,
  - ✓ termosfera,
  - ✓ ionosfera,
  - ✓ esosfera.

Tra due sfere si trova una superficie di discontinuità, avente suffisso "***pausa***".



# Atmosfera: composizione

---

1. Per i 4/5 l'atmosfera è costituita da Azoto (78.80%) e per il restante quinto da Ossigeno (20.95%);
2. altri gas (Argon, Xenon, Neon, Kripton, Idrogeno ed Elio) sono presenti in quantità trascurabili ma più o meno costanti entro i primi 90 km di altitudine;
3. oltre a questi ultimi gas, altri sono presenti in tracce ed in concentrazioni variabili in funzione dell'altitudine, del periodo dell'anno e delle condizioni climatiche: anidride solforosa ( $\text{SO}_2$ ), monossido di carbonio (CO), metano ( $\text{CH}_4$ ) ma soprattutto anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ), vapor acqueo ( $\text{H}_2\text{O}$ ), ozono ( $\text{O}_3$ ) .

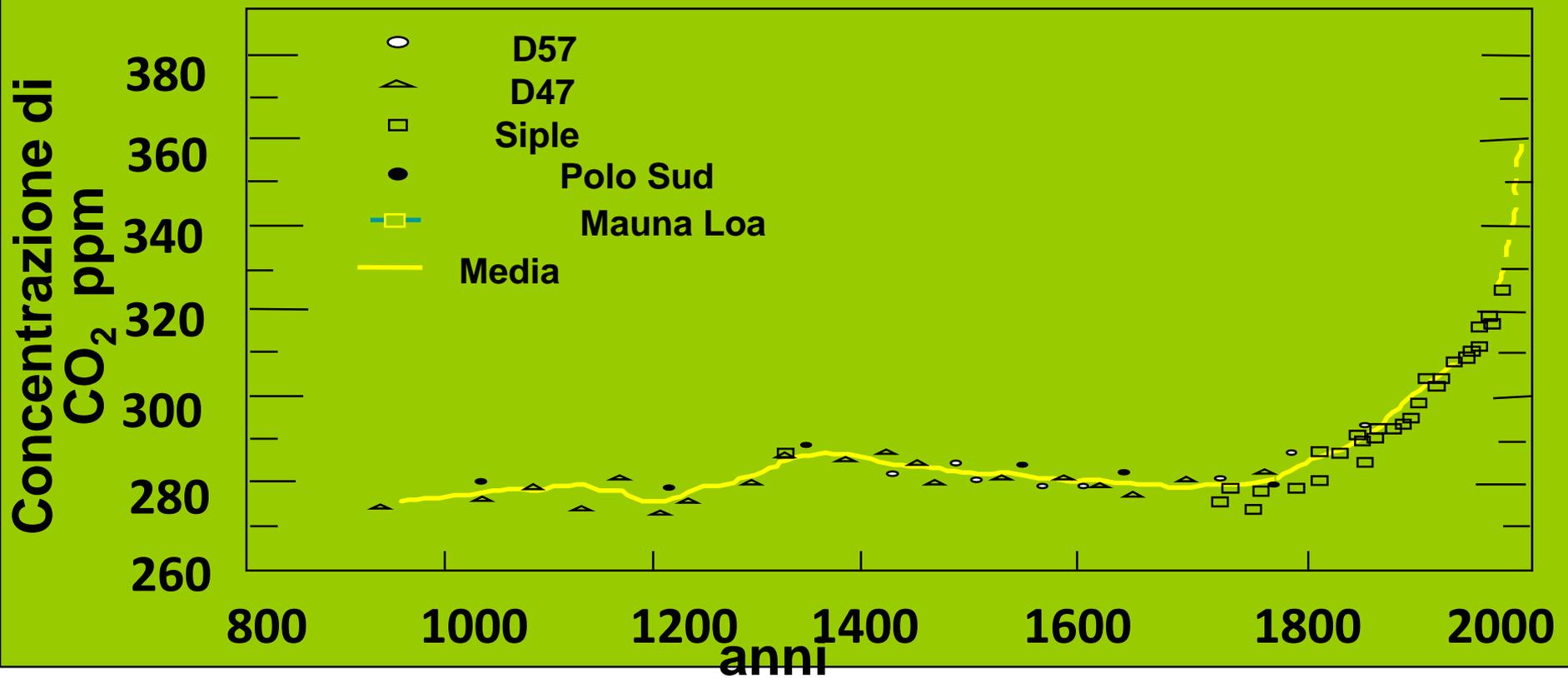


# Anidride carbonica (CO<sub>2</sub>):

---

1. deriva da un bilancio che vede alla voce attiva la combustione del carbonio (fuoco, combustibili fossili, respirazione degli organismi viventi) ed alla voce passiva l'organicazione da parte dei vegetali (studiato successivamente) ;
2. è presente negli strati più bassi dell'atmosfera;
3. la sua concentrazione negli strati più bassi dipende prevalentemente dall'attività degli organismi vegetali ed animali
  - a) alle nostre latitudini è maggiore d'inverno e minore d'estate (organismi che respirano a fronte di minore fotosintesi)
  - b) più alta di notte e più bassa di giorno; (di notte le piante respirano, ma non fotosintetizzano)



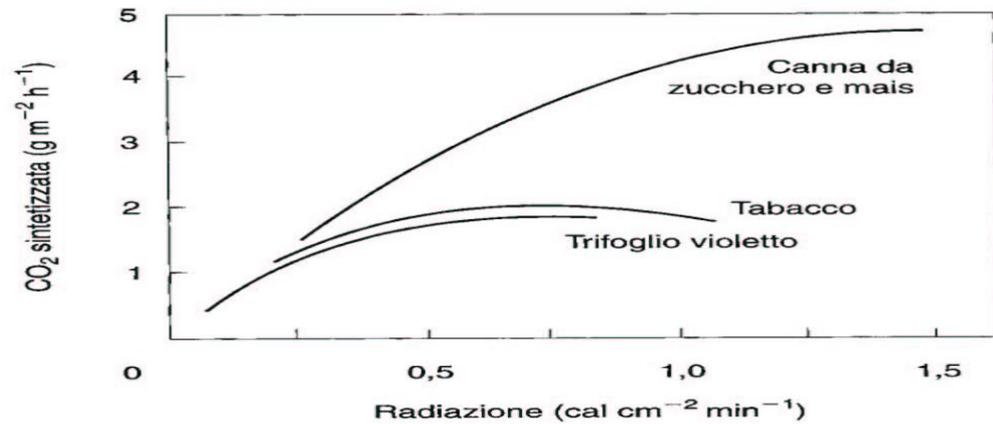


*Andamento delle concentrazioni di CO<sub>2</sub> negli ultimi 1000 anni*  
 Nel 2001 = 360 ppm (aumento dell'1-2% all'anno)

ALLE NOSTRE LATITUDINI

500 ppm di notte, 200 ppm di giorno ÷ 400 ppm in inverno, 300 ppm in estate

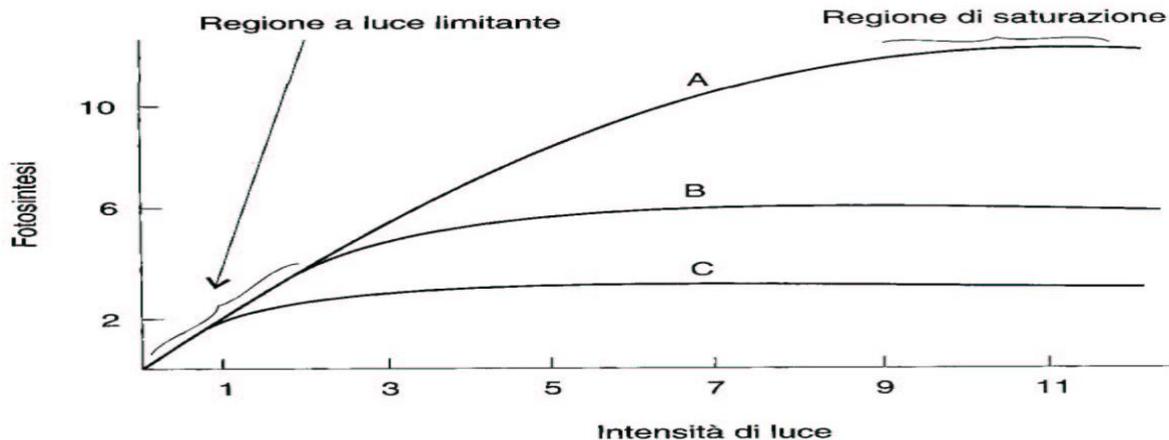




**Fig. 2.4** Assorbimento della  $\text{CO}_2$  in funzione dell'intensità di radiazione.

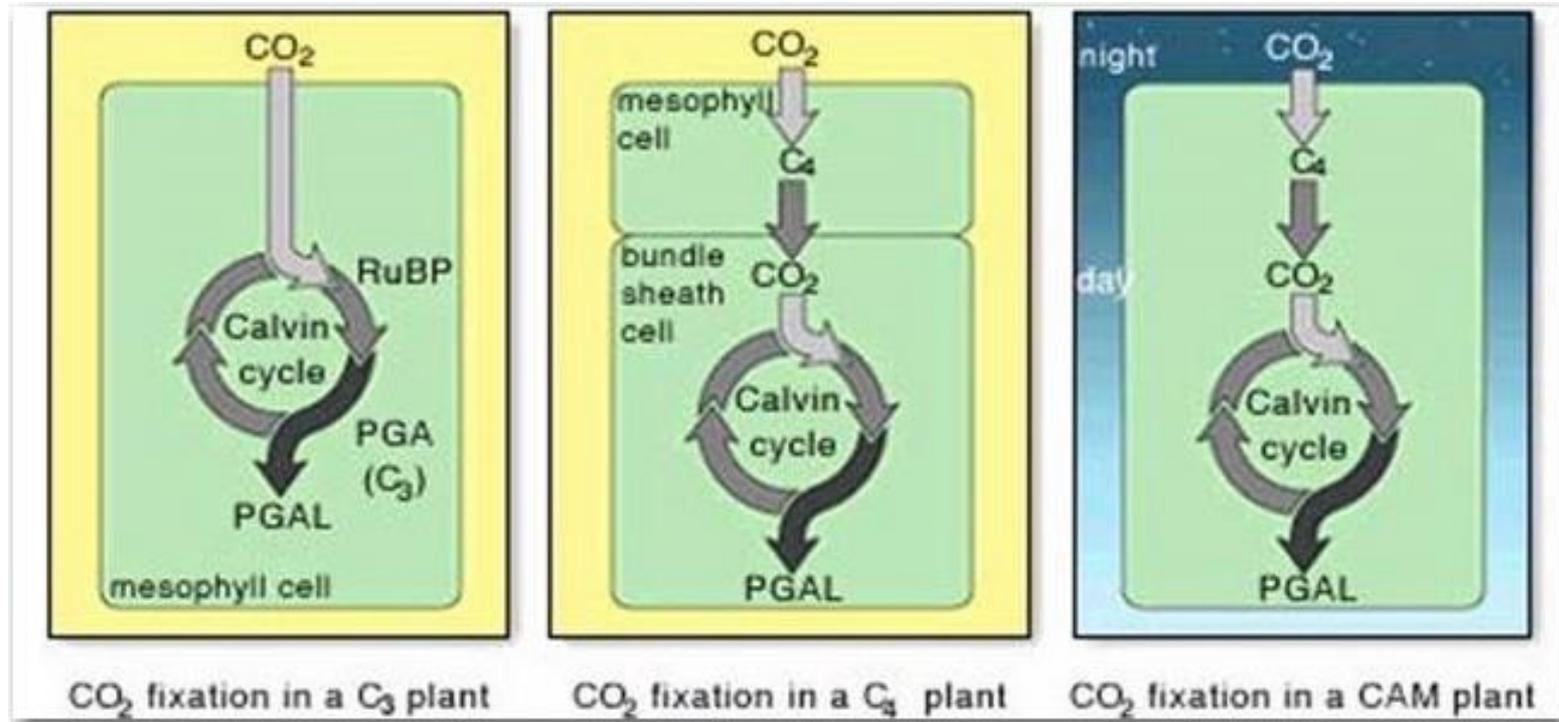
PIANTE C3: maggiore fotorespirazione, cloroplasti solo nel mesofillo  
 PIANTE C4: minore fotorespirazione fotosintesi netta maggiore (ad alte T e Radiazioni); cloroplasti di due tipi nel mesofillo e nelle guaine  
 C4 miglior conversione di C3 a alta T e Radiazione  
 C3 miglior conversione di C4 a bassa T e radiazione  
 (<http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/e24/24b.htm>)

- A = temperatura ottimale e atmosfera arricchita di  $\text{CO}_2$
- B = bassa temperatura e atmosfera arricchita
- C = temperatura ottimale e atmosfera normale



**Fig. 2.5** Influenza dell'intensità di luce, della temperatura e della concentrazione di  $\text{CO}_2$  sull'attività fotosintetica.

# C3 ÷ C4 ÷ CAM



# Ozono ( $O_3$ ):

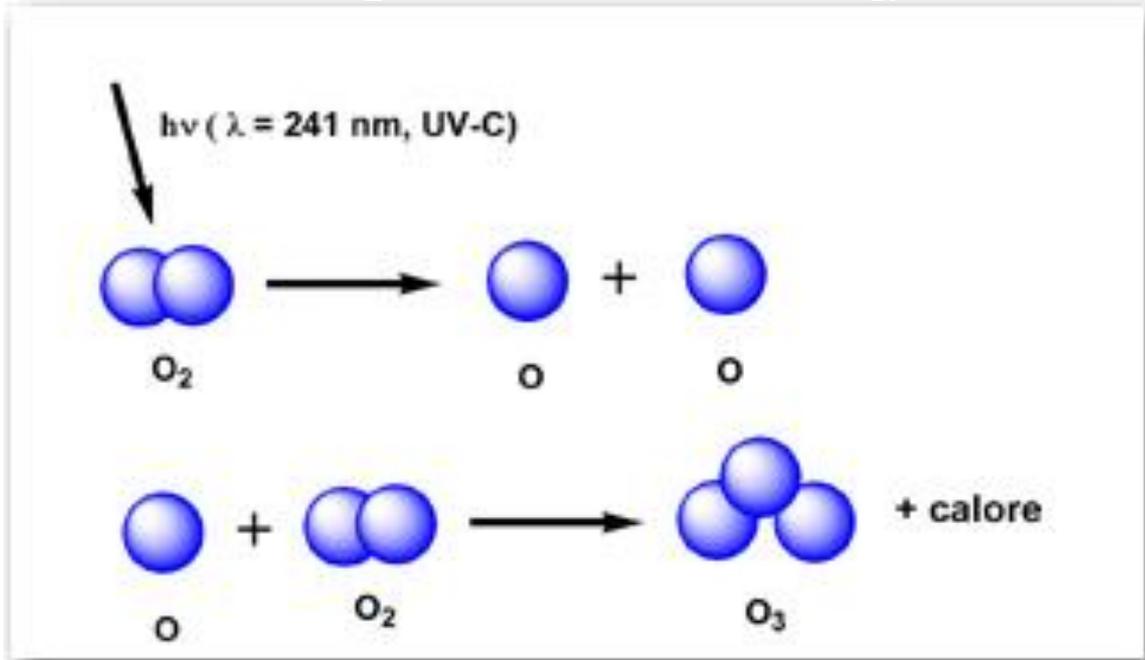
---

1. formula molecolare  $O_3$
2. gas avente odore pungente caratteristico; il suo nome deriva dal verbo greco ὀζειν, "puzzare"
3. prevalentemente localizzato nella stratosfera ( $\approx 90\%$ ) e in concentrazioni inferiori nella troposfera ( $\approx 10\%$ )
4. concentrazione in stratosfera è di circa 7 ppm e diminuisce verso la superficie della terra, dove è dannoso alla biosfera
5. gas instabile; esplosivo allo stato liquido; forte ossidante e altamente tossico
6. è fortemente irritante per le mucose ed è in grado di danneggiare materiali plastici
7. è essenziale alla vita sulla Terra per via della sua capacità di assorbire la luce ultravioletta
8. genesi e distruzione in stratosfera grazie a: luce UV con  $\lambda < 320$  nm, ossigeno molecolare ( $O_2$ ) e ossigeno atomico (O)



# Ozono stratosferico ( $O_3$ ):

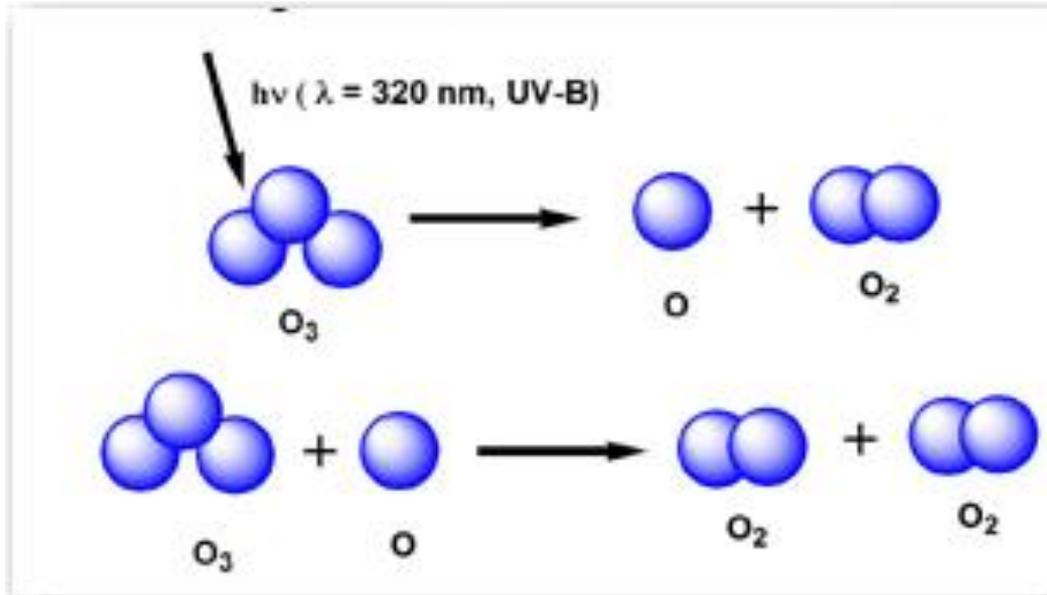
1. si genera per dissociazione di molecole di ossigeno (causata dalla radiazione UV) in atomi liberi (O) che, entrando in collisione con altre molecole di  $O_2$ , formano l'ozono ( $O_3$ );



2. queste reazioni sono particolarmente frequenti ad altitudini comprese tra 30 e 60 km di altitudine;

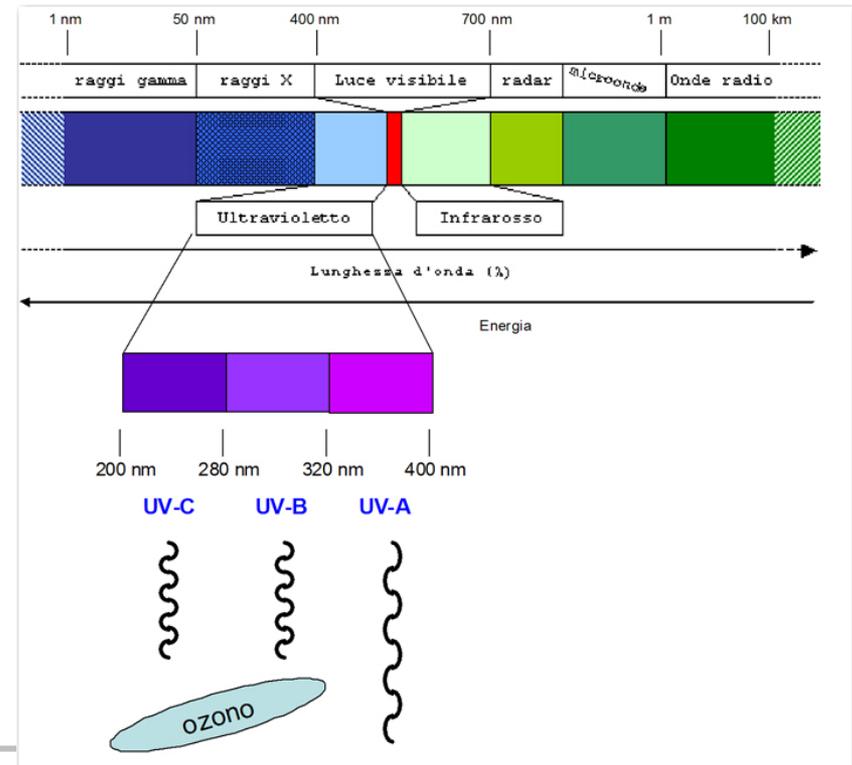
# Ozono stratosferico ( $O_3$ ):

3. è distrutto dalla radiazione solare in un modo analogo: scissione mediata da radiazione UV in ossigeno molecolare ( $O_2$ ) e ossigeno atomico (O). L'atomo di ossigeno O reagisce poi con un'altra molecole di ozono per formare due molecole di ossigeno.

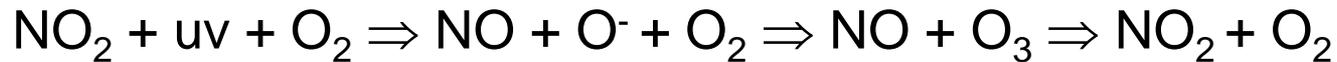


# Ozono stratosferico (O<sub>3</sub>):

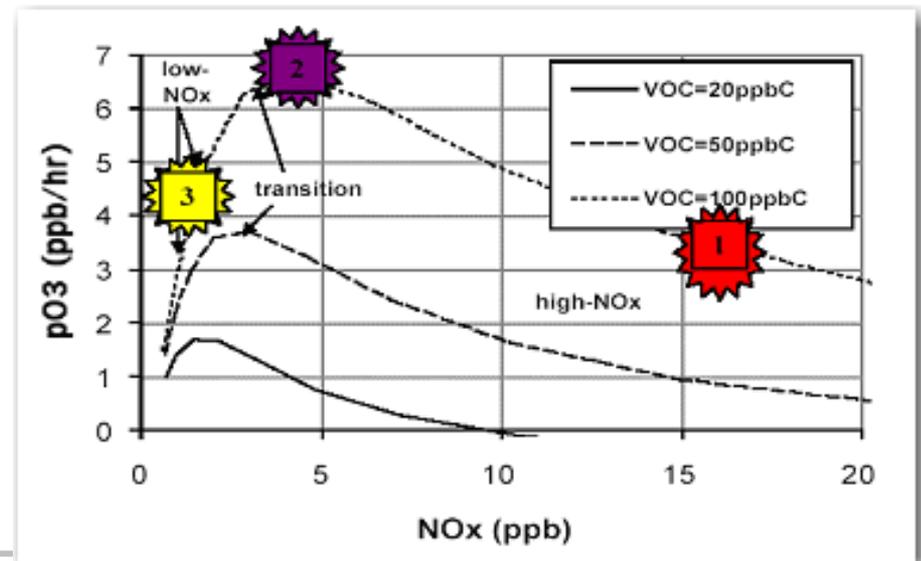
4. lo strato di ozono riveste notevole importanza dal punto di vista biologico: la molecola assorbe la radiazione UV (0.2-0.3 m), dannosa per gli organismi viventi;
5. tale assorbimento di energia determina un aumento di temperatura alla sommità dello strato di ozono;
6. e il "buco dell'ozono" ???



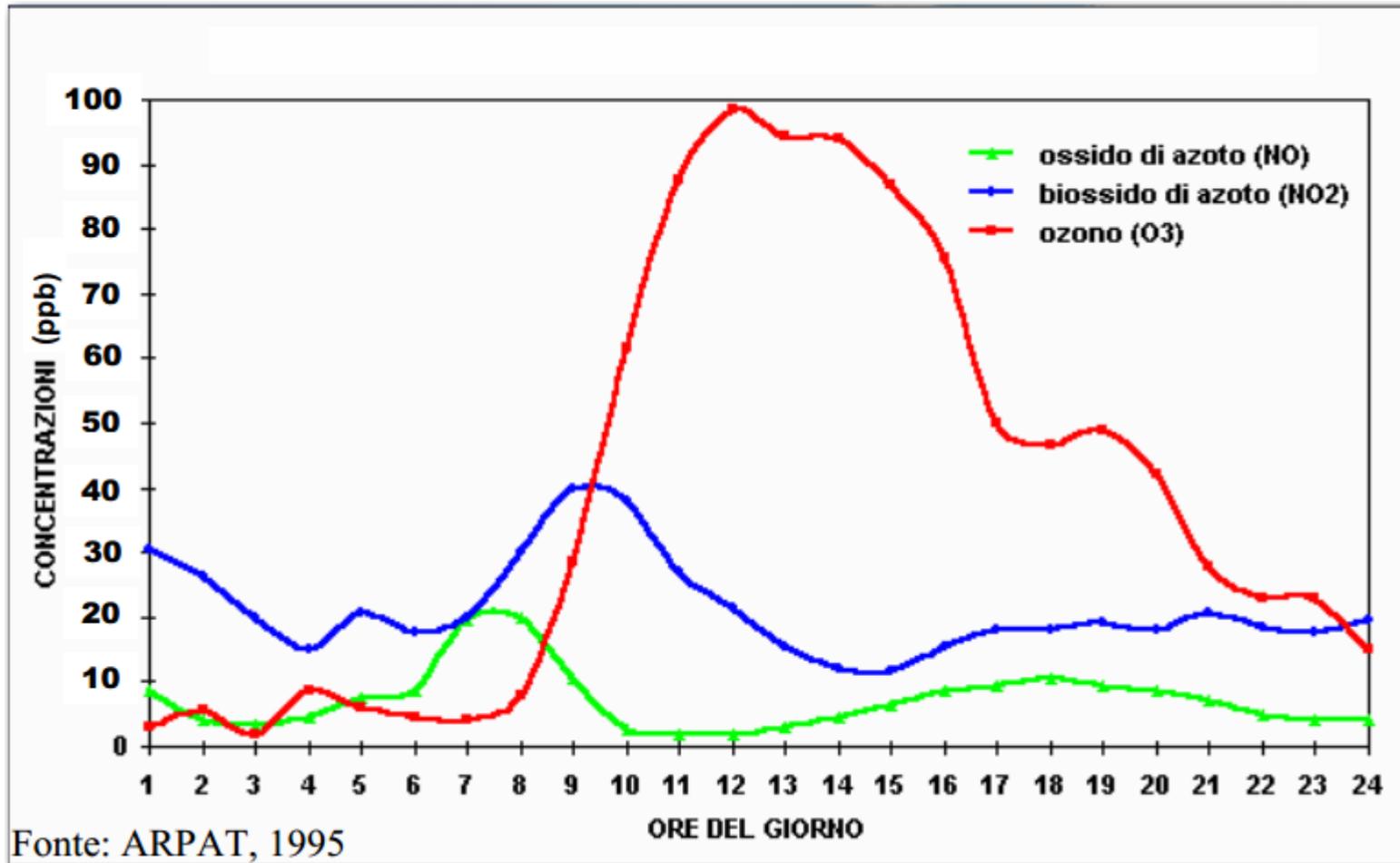
1. origine sia antropica che naturale
2. inquinante secondario: generato da reazioni fotolitiche a carico di inquinanti primari quali ossidi di azoto ( $\text{NO}_x$ ) e composti organici volatili (VOCs)



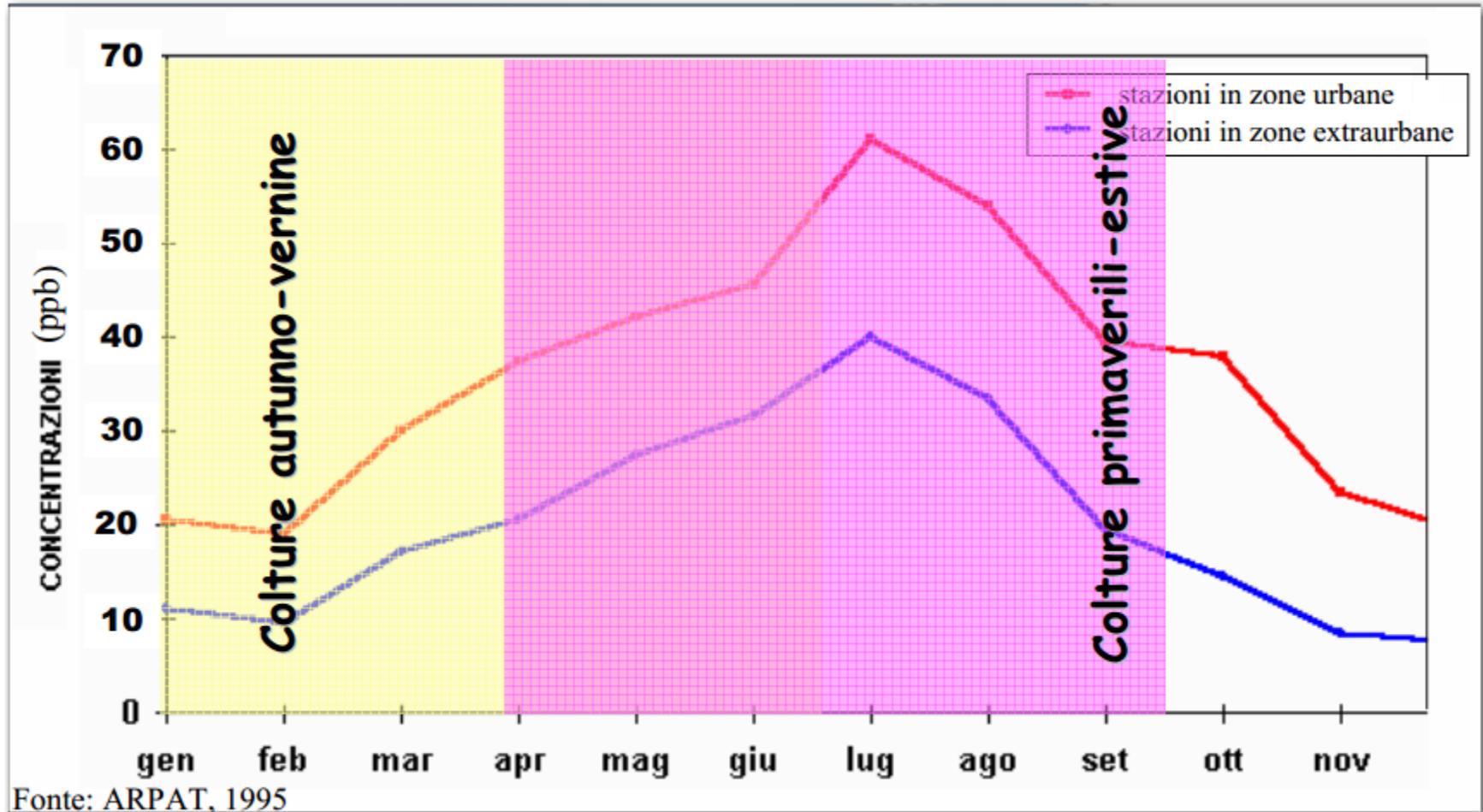
La presenza di VOCs elimina NO bloccando la 3<sup>a</sup> reazione e determinando l'accumulo di ozono.



# Ozono Troposferico: andamento giornaliero



# Ozono Troposferico: andamento giornaliero



# Ozono Troposferico e piante

- principale via d'ingresso dell'O<sub>3</sub> nelle piante: aperture stomatiche
- i danni alla vegetazione si hanno dopo la penetrazione attraverso gli stomi, per cui:

$$\text{DANNO} = \text{Concentrazione} \times \text{Conducibilità stomatica}$$



**Tutti i fattori che limitano gli scambi gassosi (stress idrico e salino,...) riducono anche i danni da ozono; ecco perché in sud Europa sono accettabili per le piante livelli di O<sub>3</sub> maggiori rispetto al nord Europa**

Quali fattori ambientali influenzano principalmente la conducibilità stomatica:

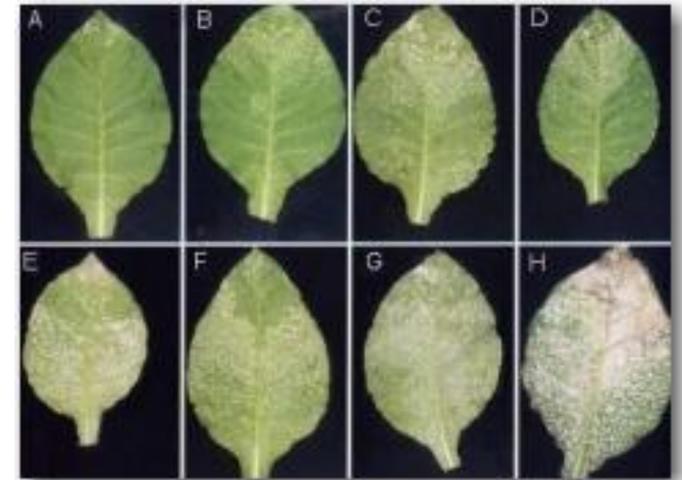
- Richiesta evapotraspirativa atmosfera
- Stato idrico sistema pianta-terreno



# Ozono Troposferico: sintomatologia

Evidenze:

- comparsa necrosi, clorosi
- senescenza e abscissione fogliare



# Ozono Troposferico (O<sub>3</sub>):

La risposta delle piante è specifica (in alcuni casi varietale) perché esistono diversi meccanismi di resistenza (biochimici, morfologici, enzimatici, fisiologici)

Da alcune stime (eseguite in OTC) la perdita di produzione è del 10 - 30%

**“Entro il 2006 dovrà essere attivata una normativa europea che stabilisca i livelli critici e che imponga agli Stati membri la riduzione delle emissioni dei precursori”**, per ora non c'è nulla.

Sensibili	Moderatamente sensibili	Moderatamente tolleranti	Tolleranti
Fumento Soia Fagiolo Cotone Trifoglio	Patata Tabacco Pomodoro B.bietola E.medica	Riso Mais Vite Pascoli	Avena Orzo



# Ozono Troposferico:



**CAMPO PER LO STUDIO DEI DANNI DA OZONO ALLA VEGETAZIONE**

# Vapore acqueo (H<sub>2</sub>O)

---

1. la concentrazione di questo gas varia fortemente nel tempo e nello spazio (tra 0.1 e 7% al suolo);
2. i 3/4 di vapore acqueo dell'atmosfera si trovano generalmente a quote superiori a 4 km;
3. si origina dall'evaporazione delle masse di acqua libera (oceani, mari, laghi etc) ma anche dai processi di respirazione e di traspirazione a carico degli esseri viventi;
4. contribuisce a provocare le precipitazioni ed agisce sullo scambio di calore tra la terra, che si raffredda per evaporazione, e l'atmosfera, che si riscalda per condensazione dello stesso. E' il primo responsabile dell'effetto serra, ma non possiamo controllarlo direttamente e incrementa l'effetto del riscaldamento.



# Anidride Solforosa ( $\text{SO}_2$ ) e Solforica ( $\text{SO}_3$ )

- $\text{SO}_2$  ed  $\text{SO}_3$  ( $\text{SO}_x$ ) sono i principali inquinanti atmosferici a base di zolfo.
- derivano dall'uso di combustibili fossili e da emissioni vulcaniche
- effetti irritante alle vie respiratorie, in sinergia con il particolato.
- $\text{SO}_2$  permane in atmosfera per 1-4 giorni: è principalmente ossidato ad  $\text{H}_2\text{SO}_4$  che ricade in forma di nebbie o piogge acide
- concentrazione di fondo  $\approx 0,2-0,5 \mu\text{g}/\text{mc}$ ; nelle aree urbane anche  $\approx 50 \mu\text{g} \text{ m}^{-3}$ ; in grandi città industrializzate ed in via di sviluppo spesso rilevati anche livelli di  $300 \mu\text{g} \text{ m}^{-3}$  (dati dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, 1998).
- Fondamentale considerare  $\text{SO}_x$  nei modelli di *climate change*



# Anidride Solforosa ( $\text{SO}_2$ ) e Solforica ( $\text{SO}_3$ )

- nelle foglie:  $\text{SO}_2$  trasformato in  $\text{H}_2\text{SO}_3$  e solfiti, da questi per ossidazione si generano i solfati (forma in cui S viene metabolizzato nelle piante)
- quando  $[\text{SO}_2]$  nell'aria è troppo elevata, nelle foglie si accumulano solfiti che causano distruzione della clorofilla, collasso delle cellule e necrosi dei tessuti:
  - ✓ nelle foglie, fra i margini e nervature, comparsa di aree irregolari di colore bianco, giallo o marrone, che presentano necrosi
  - ✓ negli aghi delle conifere ne diviene marrone l'apice
  - ✓ gli effetti aumentano se:
    - l'umidità relativa è elevata
    - le temperature sono alte
    - radiazione elevata
    - piante vecchie
    - presenza di  $\text{O}_3$

