



**Agronomia**

# **L'atmosfera**



# Atmosfera

Cos'è?

## Agronomia

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



# Atmosfera

## Composizione

### Agronomia

- Per i 4/5 l'atmosfera è costituita da **Azoto** (78.80%) e per il restante quinto da **Ossigeno** (20.95%).
- Altri gas (Argon, Xenon, Neon, Krypton, Idrogeno ed Elio) sono presenti in **quantità trascurabili** ma più o meno **costanti entro i primi 90 km** di altitudine.
- 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 ( $\text{CH}_4$ ),
  - ✓ anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ),
  - ✓ vapor acqueo ( $\text{H}_2\text{O}$ ),
  - ✓ ozono ( $\text{O}_3$ ).



# Atmosfera

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

### Agronomia

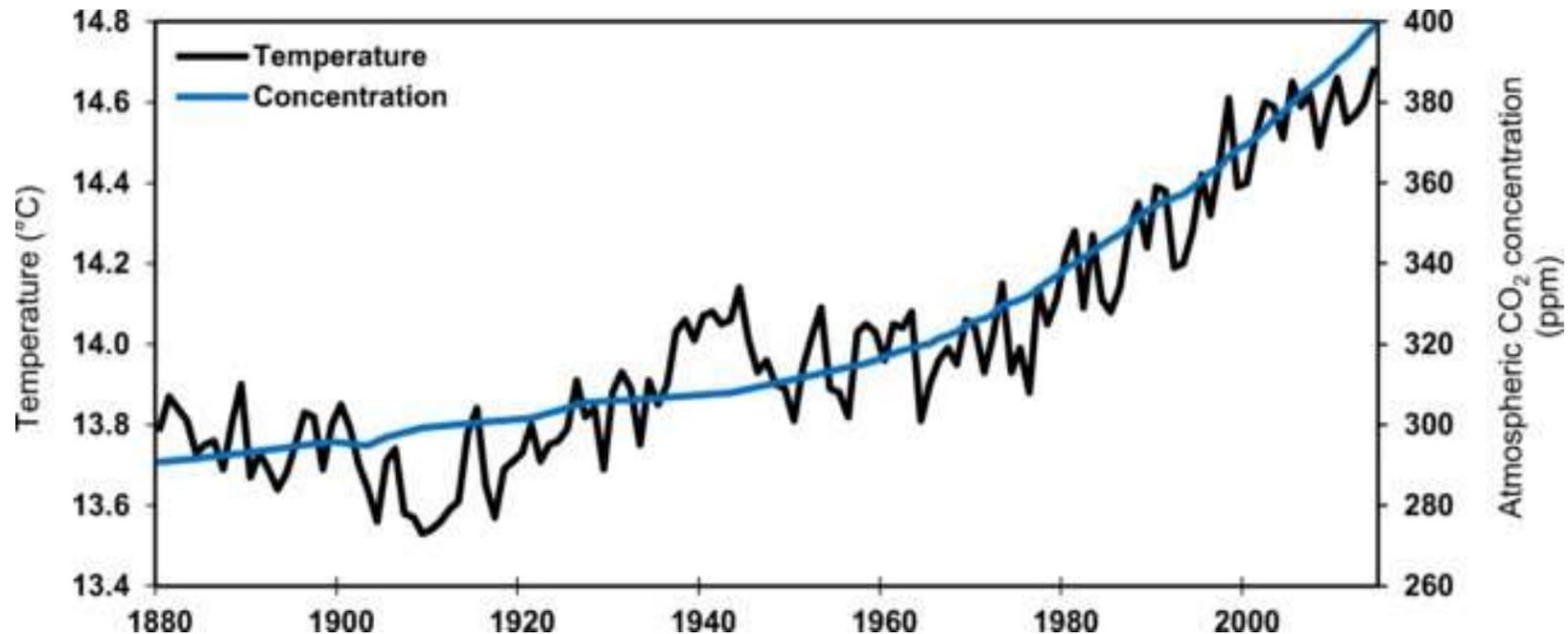
- Deriva da un bilancio che vede alla **voce attiva la combustione del carbonio** (fuoco, combustibili fossili, respirazione degli organismi viventi) ed alla **voce passiva l'organicazione** da parte dei vegetali.
- E' presente negli **strati più bassi** dell'atmosfera.
- La sua **concentrazione** negli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



# Atmosfera

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

Agronomia



DOI:10.1007/s10661-019-7761-0

**Alle nostre latitudini:** 500 ppm di notte, 200 ppm di giorno, 400 ppm in inverno, 300 ppm in estate.

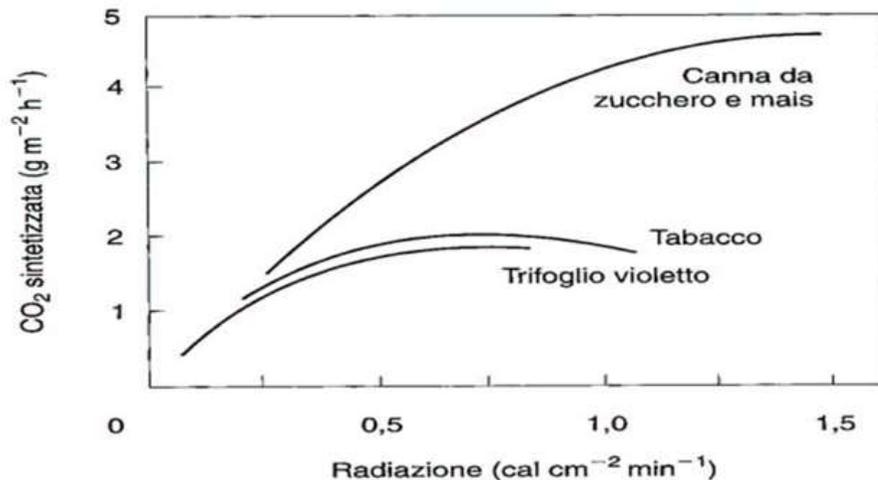


# Atmosfera

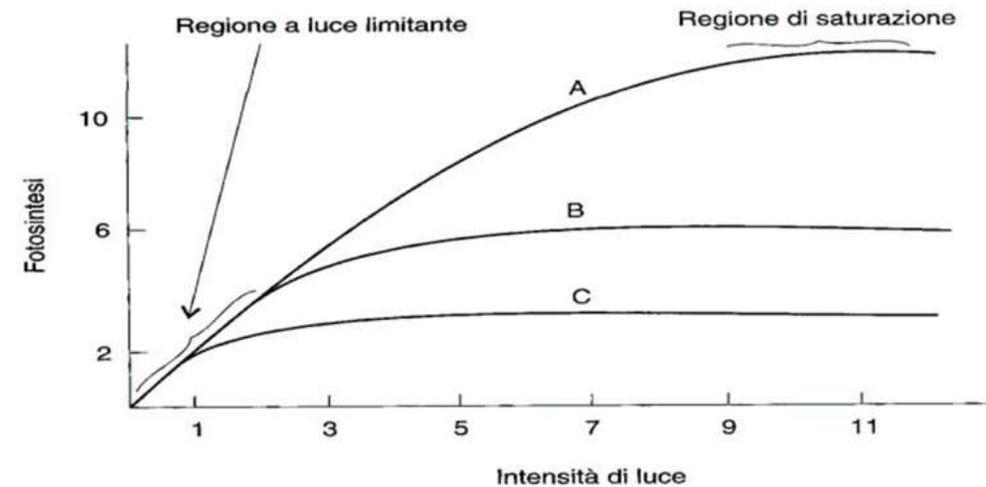
## Anidride carbonica (CO<sub>2</sub>)

### Agronomia

**Fig. 2.4** Assorbimento della CO<sub>2</sub> in funzione dell'intensità di radiazione.



**Fig. 2.5** Influenza dell'intensità di luce, della temperatura e della concentrazione di CO<sub>2</sub> sull'attività fotosintetica.



A = temperatura ottimale e atmosfera arricchita di CO<sub>2</sub>  
B = bassa temperatura e atmosfera arricchita  
C = temperatura ottimale e atmosfera normale

- PIANTE C3: maggiore fotorespirazione, cloroplasti solo nel mesofillo
- PIANTE C4: minore fotorespirazione, fotosintesi **netta maggiore (ad alte T e radiazione); cloroplasti di due tipi** nel mesofillo e nella guaina del fascio
- C4 miglior conversione ad alte T e radiazione
- C3 miglior conversione a basse T e radiazione

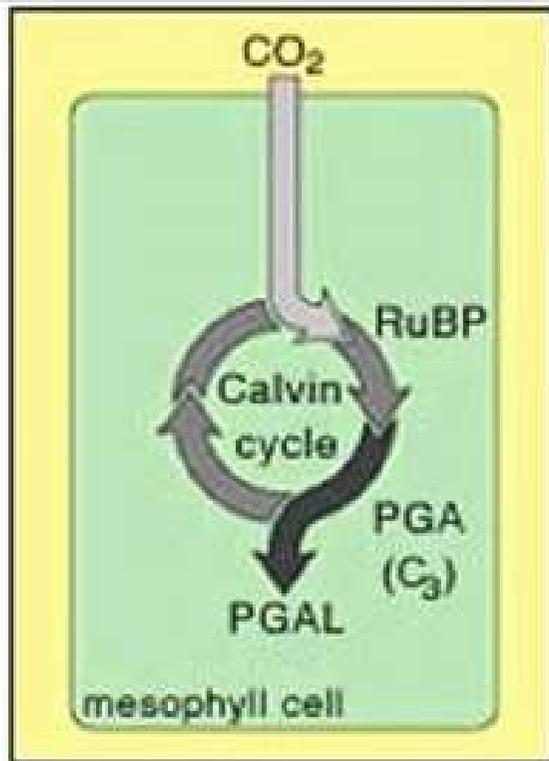
(<http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/e24/24b.htm>)



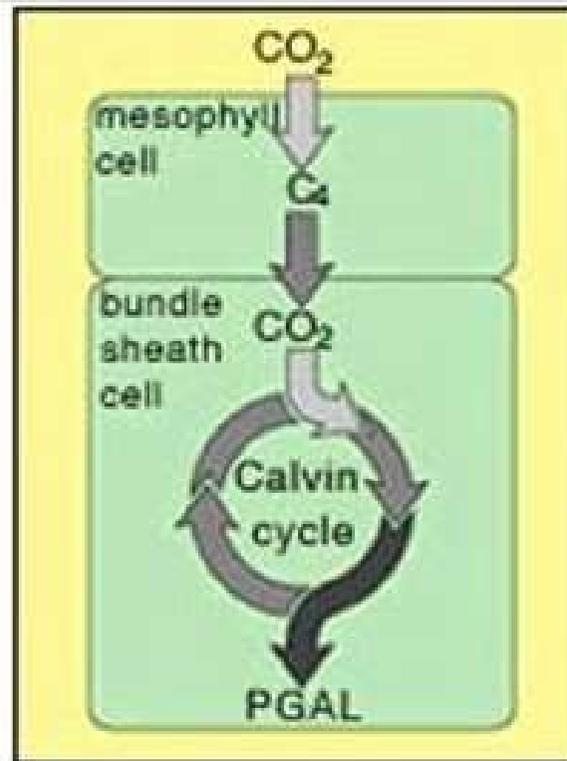
# Atmosfera

**C3 ÷ C4 ÷ CAM**

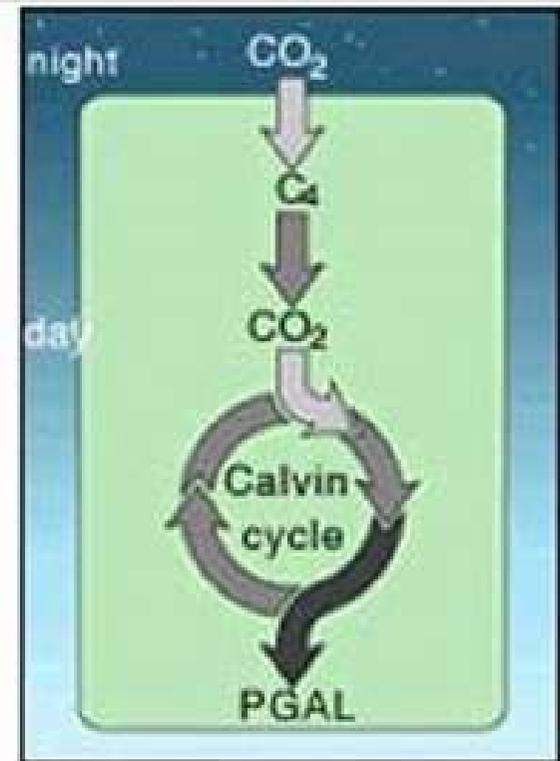
Agronomia



CO<sub>2</sub> fixation in a C<sub>3</sub> plant



CO<sub>2</sub> fixation in a C<sub>4</sub> plant



CO<sub>2</sub> fixation in a CAM plant



# Atmosfera

## Ozono (formula molecolare: $O_3$ )

### Agronomia

- Gas con odore pungente caratteristico (dal greco ὄζειν "puzzare")
- Prevalentemente localizzato nella **stratosfera ( $\approx 90\%$ )** e in concentrazioni inferiori nella **troposfera ( $\approx 10\%$ )**
- Concentrazione in stratosfera è di circa **7 ppm e diminuisce verso la superficie** della terra, dove è dannoso alla biosfera
- Instabile; esplosivo allo stato liquido; **forte ossidante e altamente tossico**
- **Essenziale alla vita** sulla Terra per via della sua capacità di **assorbire la radiazione ultravioletta**
- **Genesi e distruzione in stratosfera** grazie a: luce UV con  $\lambda < 320$  nm, ossigeno molecolare ( $O_2$ ) e ossigeno atomico (O)

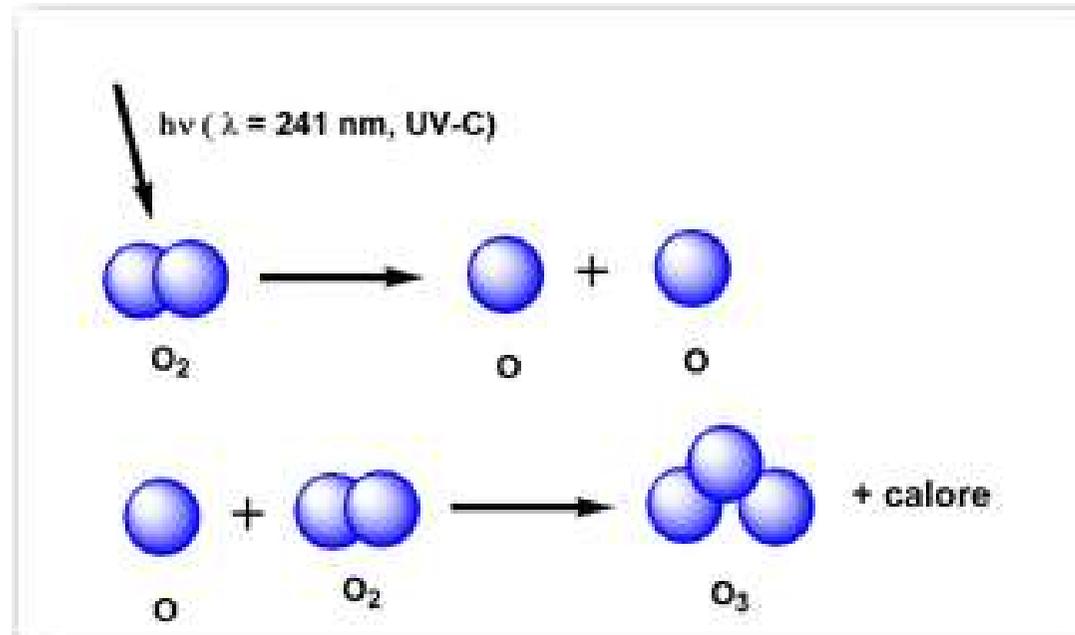


# Atmosfera

## Ozono stratosferico

### Agronomia

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



- Queste reazioni sono particolarmente frequenti ad altitudini comprese **tra 30 e 60 km**.

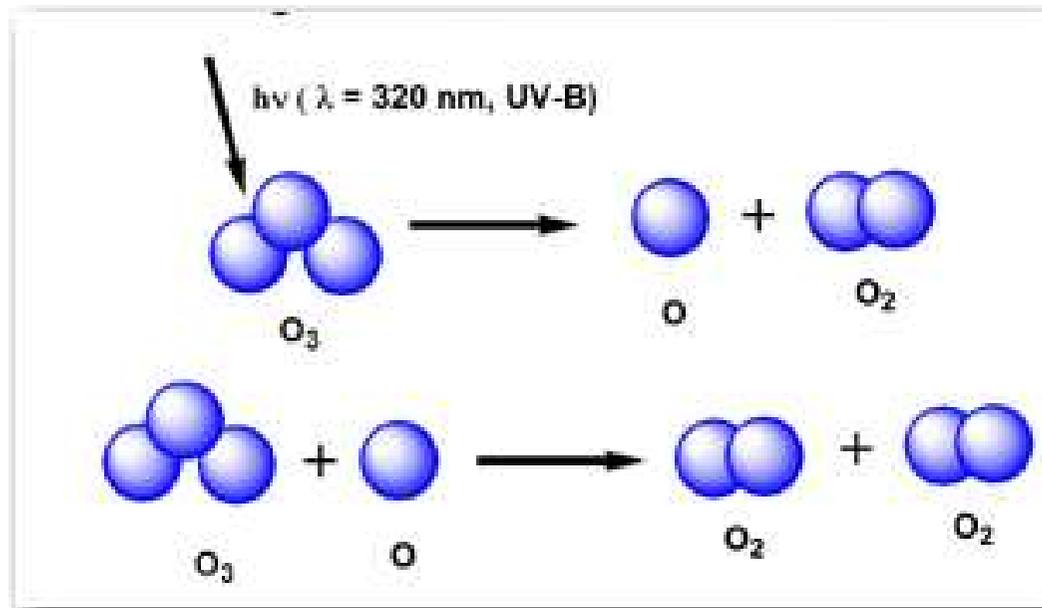


# Atmosfera

## Ozono stratosferico

### Agronomia

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



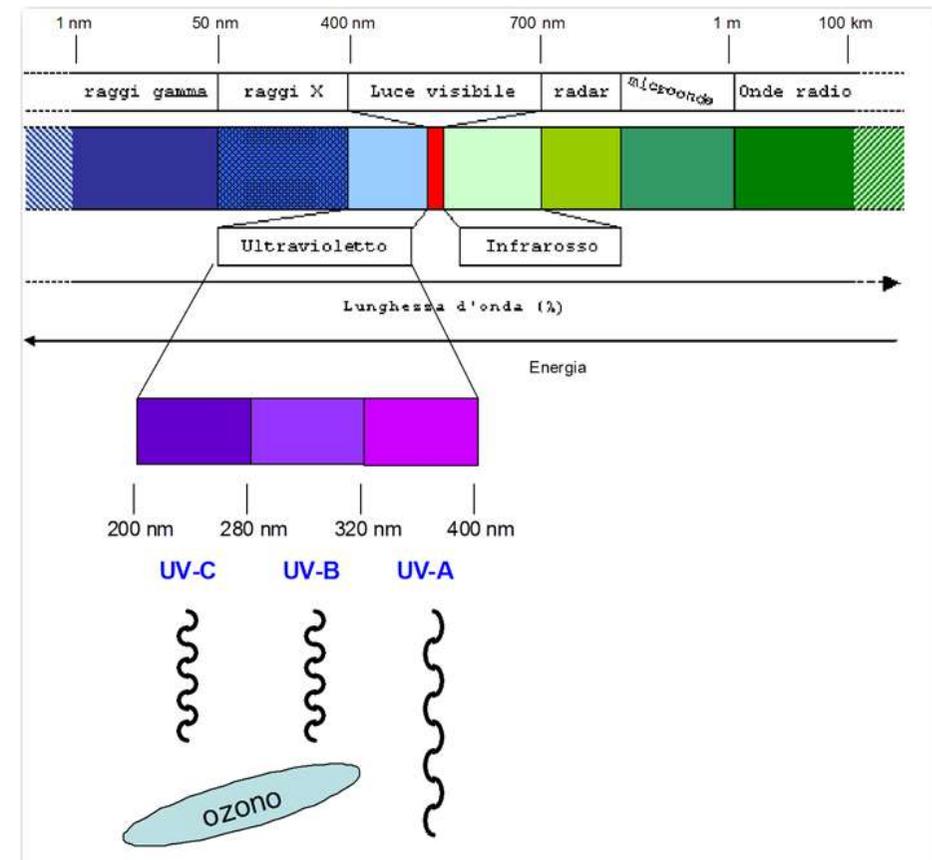


# Atmosfera

## Ozono stratosferico

### Agronomia

- Lo strato di ozono riveste **notevole importanza** dal punto di vista **biologico**: la molecola **assorbe la radiazione UV** (200-300 nm), **dannosa** per gli organismi viventi.
- Tale **assorbimento di energia** determina un **aumento di temperatura** alla sommità dello strato di ozono.
- E il "buco dell'ozono" ???



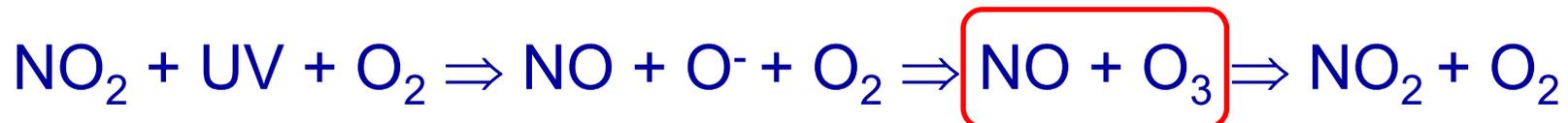


# Atmosfera

## Ozono TROPOSFERICO

### Agronomia

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



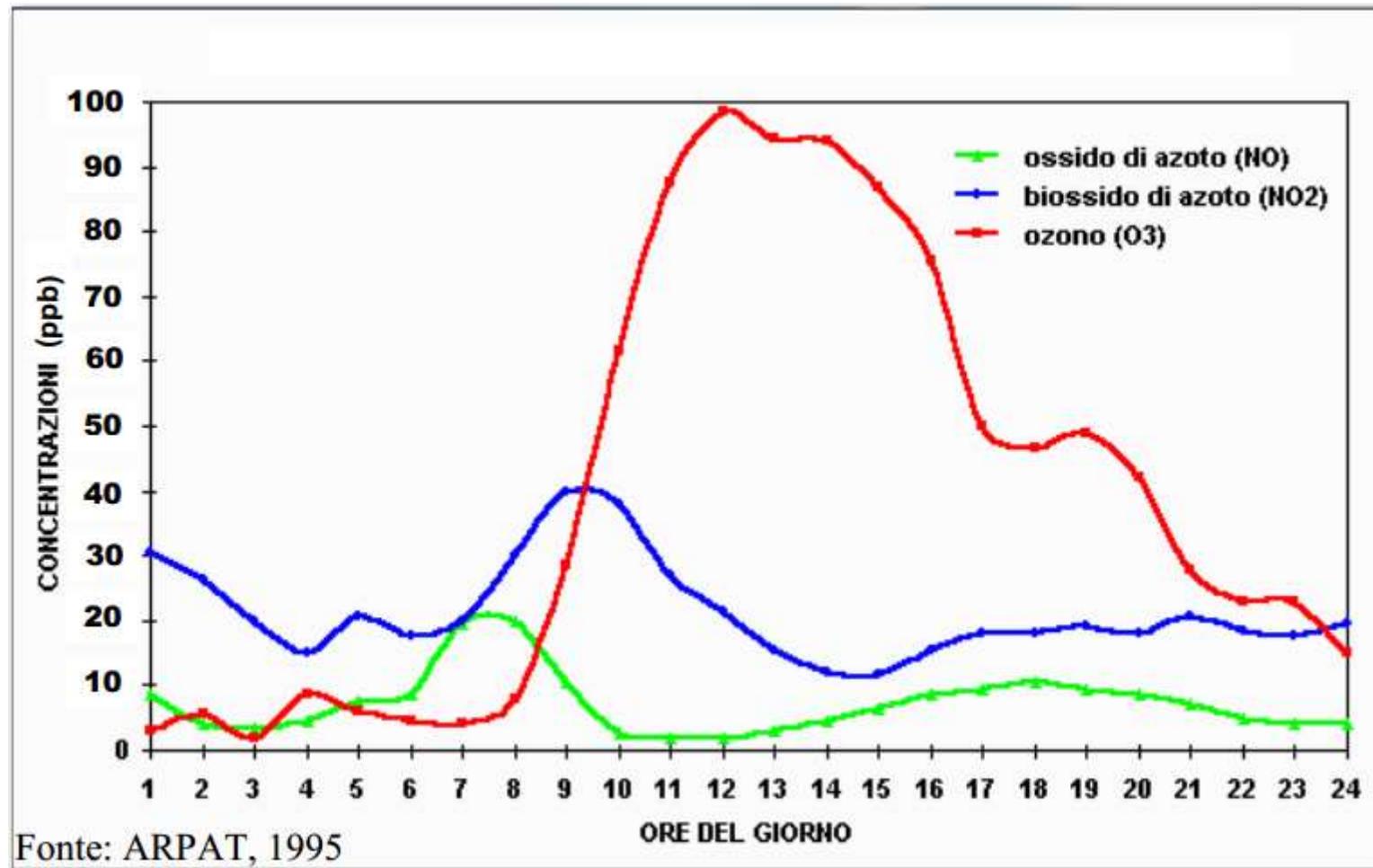
- La presenza di **VOCs** elimina NO **bloccando la 3a reazione** e determinando l'**accumulo di ozono.**



# Atmosfera

## Ozono troposferico: andamento giornaliero

Agronomia

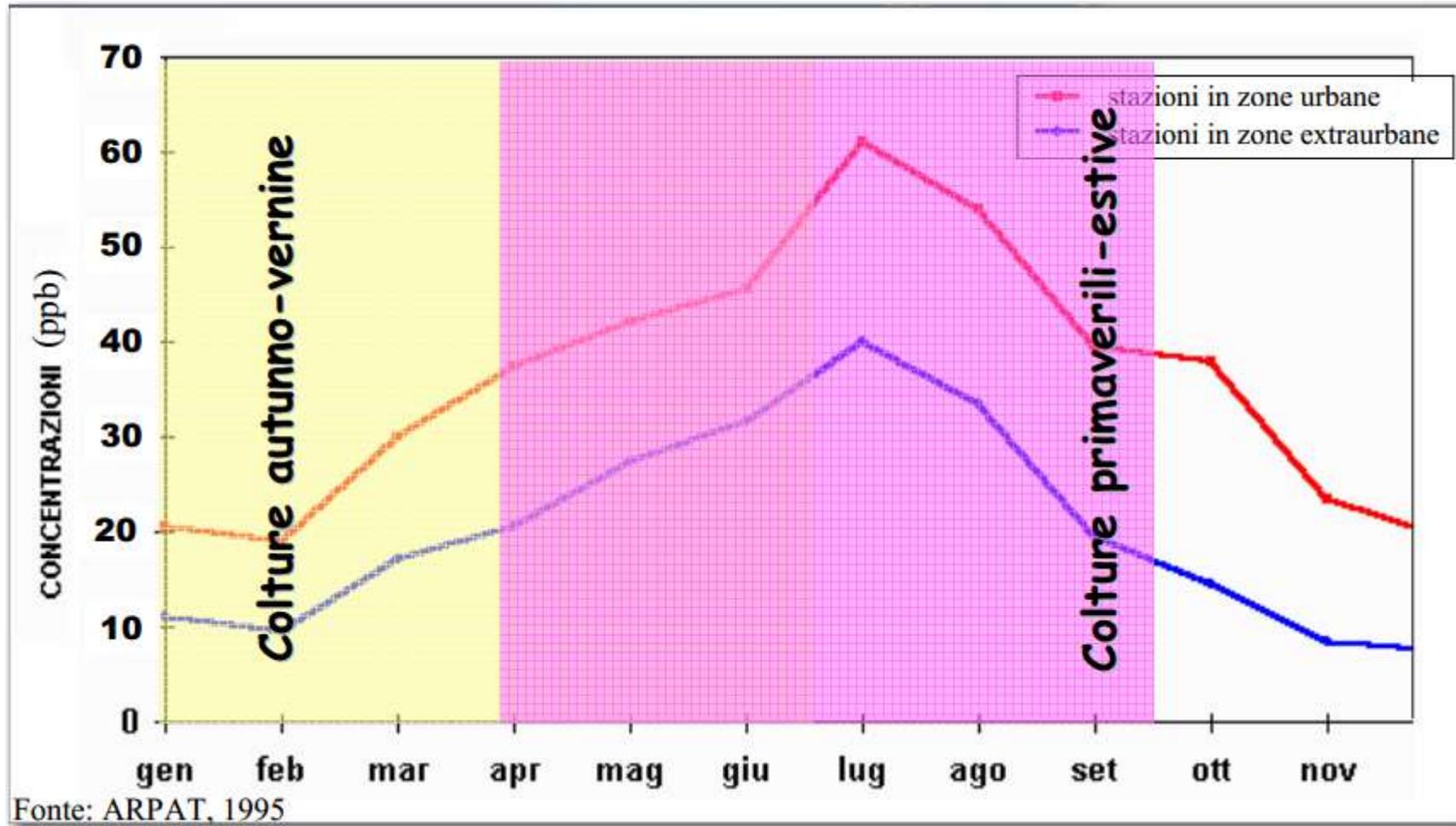




# Atmosfera

## Ozono troposferico: andamento annuale

Agronomia





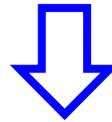
# Atmosfera

## Ozono troposferico e piante

### Agronomia

- Principale via d'**ingresso** dell'O<sub>3</sub> nelle piante: **aperture stomatiche**.
- **Danni** dopo la penetrazione attraverso gli stomi
  - ✓ Formazione di **specie reattive dell'ossigeno** (e.g., radicale OH).

**DANNO = Concentrazione x Conducibilità stomatica**



- Tutti i **fattori che limitano gli scambi gassosi** (stress **idrico**, **salino**,...) **riducono** anche i **danni da O<sub>3</sub>**; ecco perché in **sud Europa** sono **accettabili** per le piante **livelli di O<sub>3</sub> maggiori**.
- **Fattori** principali che **influenzano la conducibilità** stomatica:
  - ✓ Richiesta **evapotraspirativa** atmosfera
  - ✓ **Stato idrico sistema** pianta-terreno



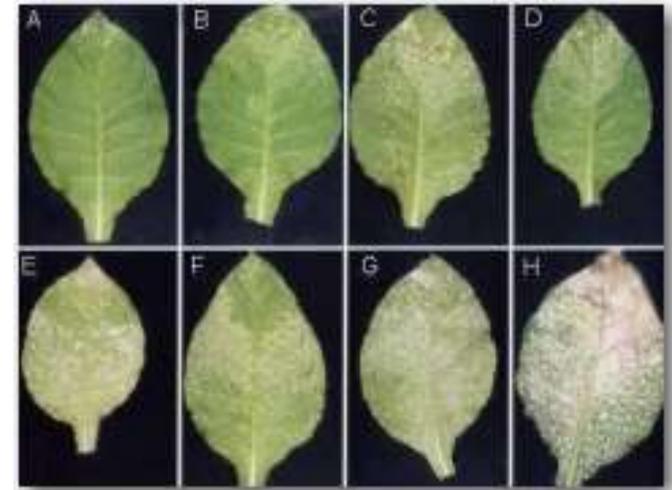
# Atmosfera

## Ozono troposferico: sintomatologia

### Agronomia

Evidenze:

- Comparsa di **necrosi, clorosi**
- **Senescenza e abscissione** fogliare





# Atmosfera

## Ozono troposferico

### Agronomia

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 **open top chambers**) la **perdita di produzione** è del **10 - 30%**.

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



# Atmosfera

## Ozono troposferico

Agronomia



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



# Atmosfera

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

### Agronomia

- La **concentrazione** di questo gas **varia fortemente** nel **tempo** e nello **spazio** (tra 0.1 e 7% al suolo).
- I **3/4 di vapore acqueo** dell'atmosfera si trovano generalmente a **quote superiori a 4 km**.
- Si **origina** dall'**evaporazione** delle **masse di acqua libera** (oceani, mari, laghi, ecc.) ma anche dai processi di **respirazione e di traspirazione** a carico degli esseri viventi.
- 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.



# Atmosfera

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

### Agronomia

- $\text{SO}_2$  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**.
- Effetto **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  $\approx 50 \mu\text{g}/\text{mc}$ ;
  - ✓ in grandi città industrializzate ed in via di sviluppo spesso rilevati anche livelli di  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



# Atmosfera

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

### Agronomia

- **Nelle foglie:**
  - ✓  $\text{SO}_2$  **trasformato in  $\text{H}_2\text{SO}_3$  e solfiti ( $\text{SO}_3^{2-}$ ),**
  - ✓ da questi **per ossidazione** si generano i **solforati ( $\text{SO}_4^{2-}$ ;** forma in cui S viene metabolizzato nelle piante).
- Quando [ **$\text{SO}_2$** ] nell'aria è elevata (!!!), nelle foglie **si accumulano solfiti** che causano **distruzione** della **clorofilla**, **collasso** 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.



# Atmosfera

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

### Agronomia

- 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  $\text{O}_3$