



L'atmosfera



- 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 (SO_2),
 - ✓ monossido di carbonio (CO),
 - ✓ metano (CH_4),
 - ✓ anidride carbonica (CO_2),
 - ✓ vapor acqueo (H_2O),
 - ✓ ozono (O_3).



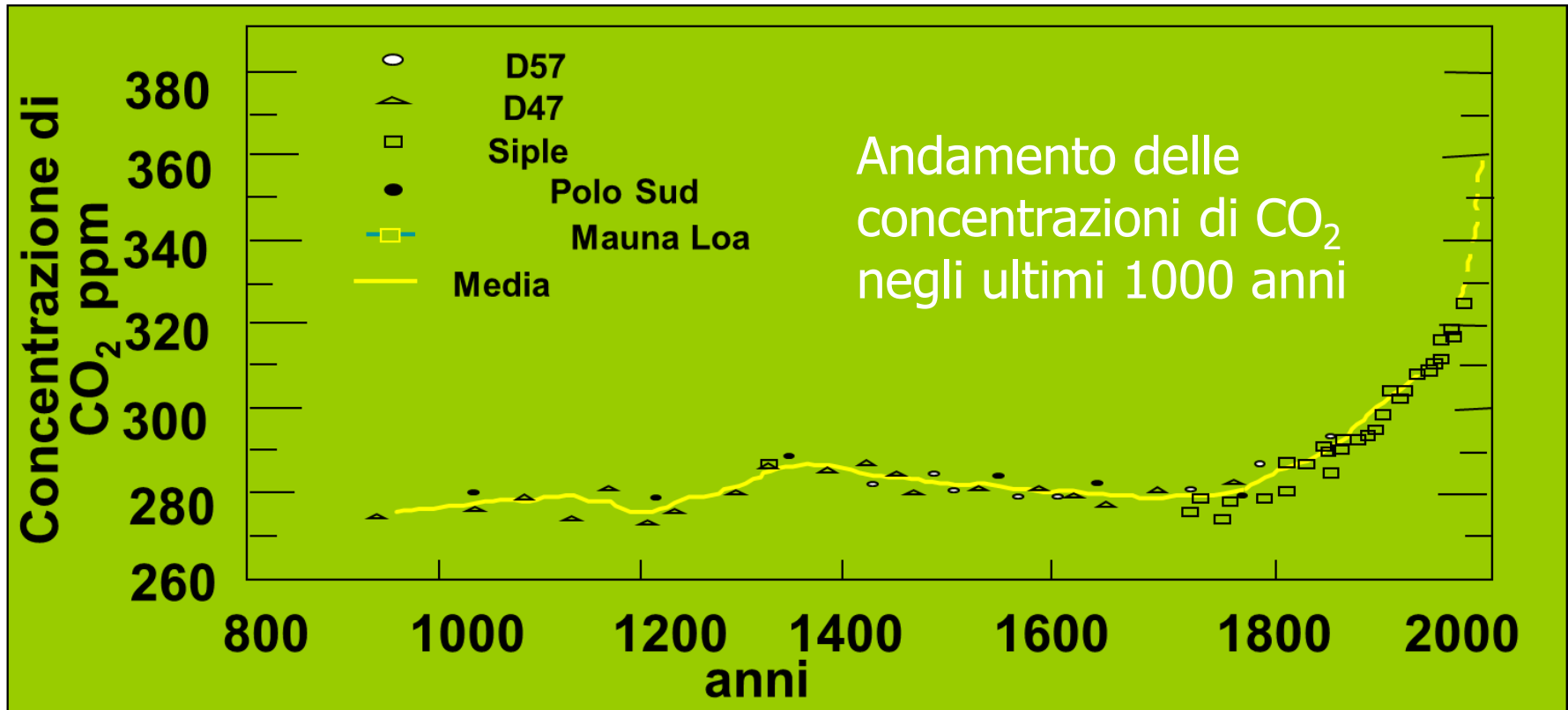
- Deriva da un bilancio che vede alla **voce attiva la combustione del carbonio** (fuoco, combustibili fossili, respirazione degli organismi viventi) ed alla **voce passiva l'organizzazione** da parte dei vegetali.
- E' presente negli **strati più bassi** dell'atmosfera.
- La sua **concentrazione** negli 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 (CO₂)

Agronomia



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.



Atmosfera

Anidride carbonica (CO₂)

Agronomia

Fig. 2.4 Assorbimento della CO₂ in funzione dell'intensità di radiazione.

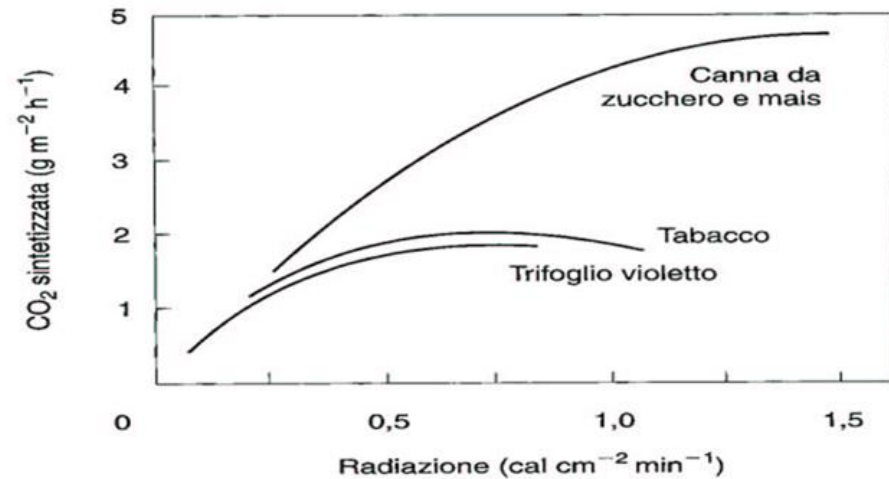
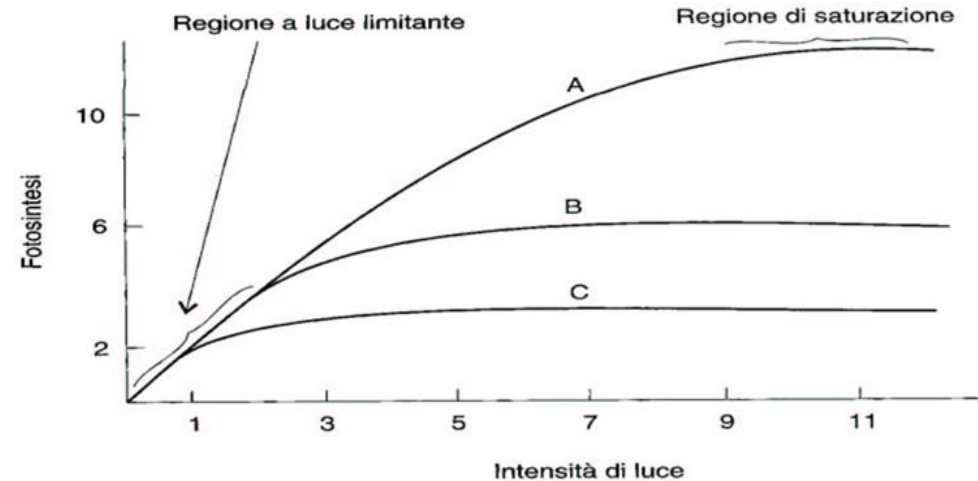


Fig. 2.5 Influenza dell'intensità di luce, della temperatura e della concentrazione di CO₂ sull'attività fotosintetica.



- A = temperatura ottimale e atmosfera arricchita di CO₂
- 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

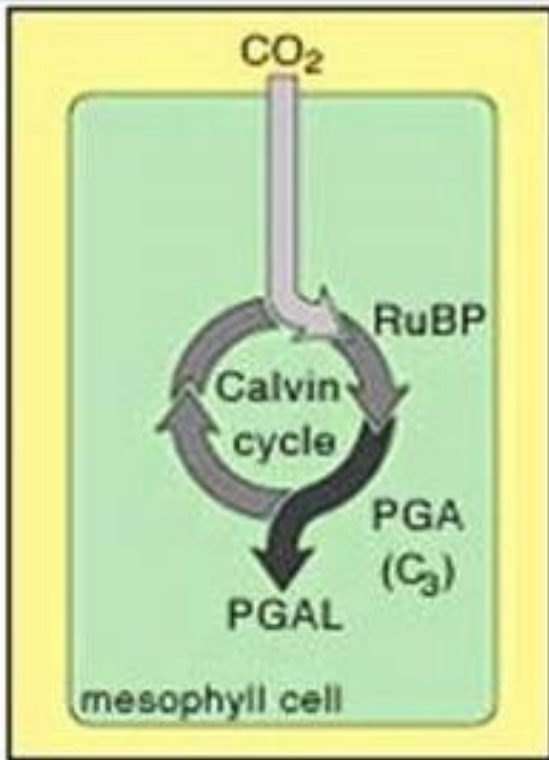
(<http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/e24/24b.htm>)



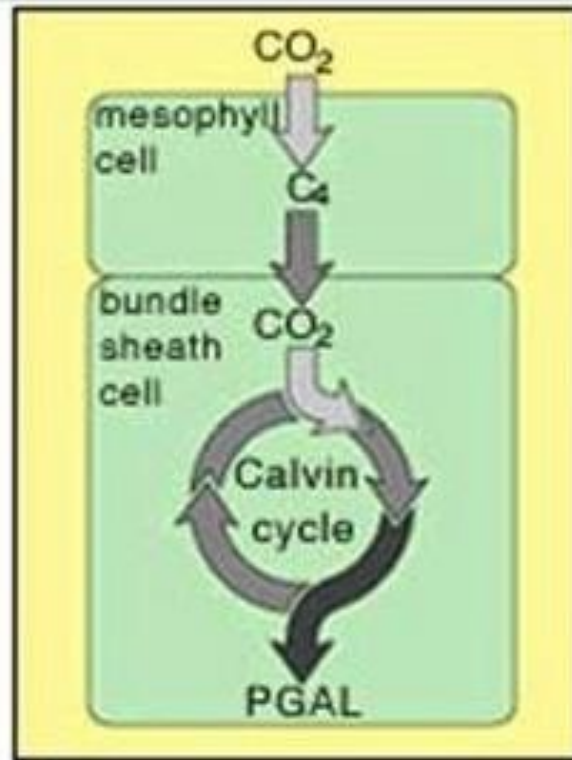
Atmosfera

C3 ÷ C4 ÷ CAM

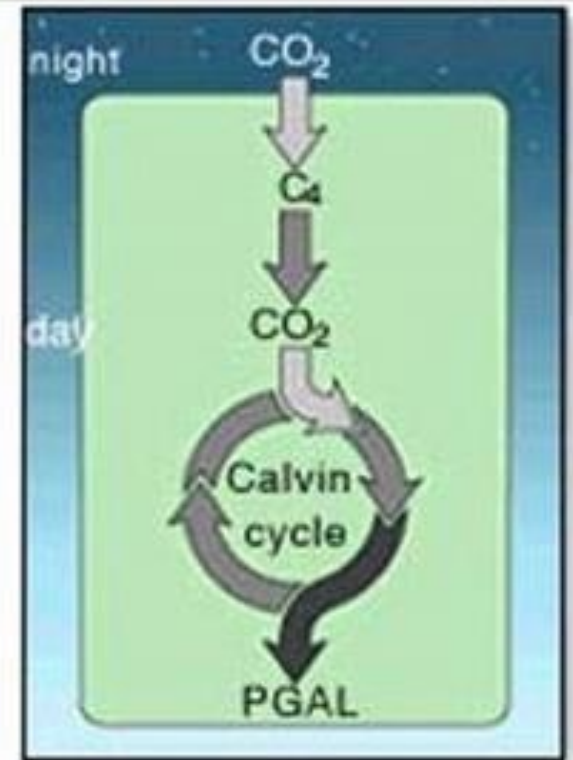
Agronomia



CO₂ fixation in a C₃ plant



CO₂ fixation in a C₄ plant



CO₂ fixation in a CAM plant



Atmosfera

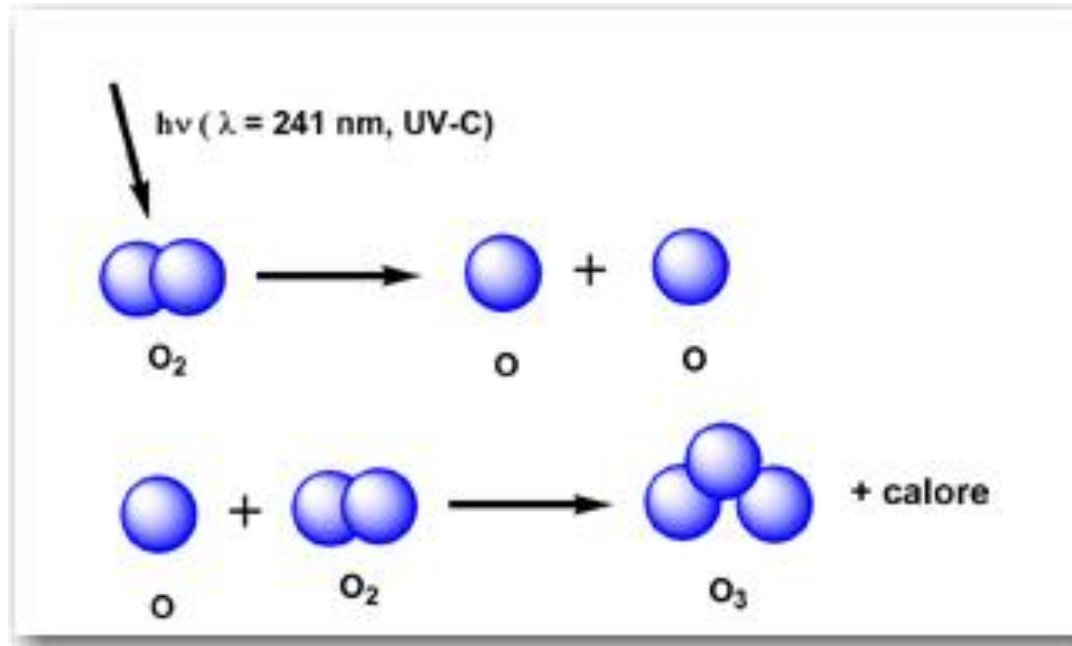
Ozono (formula molecolare: O_3)

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)



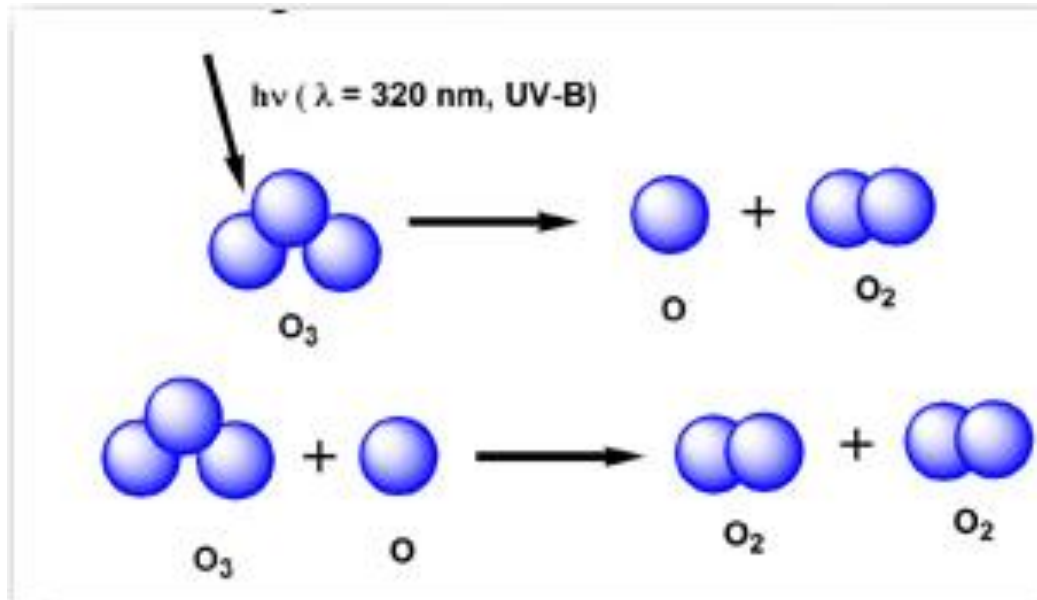
- Si genera per **dissociazione di molecole di ossigeno** (causata dalla radiazione UV-C) **in atomi liberi** (O) che, entrando in **collisione** con altre molecole di O_2 , formano l'ozono (O_3).



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

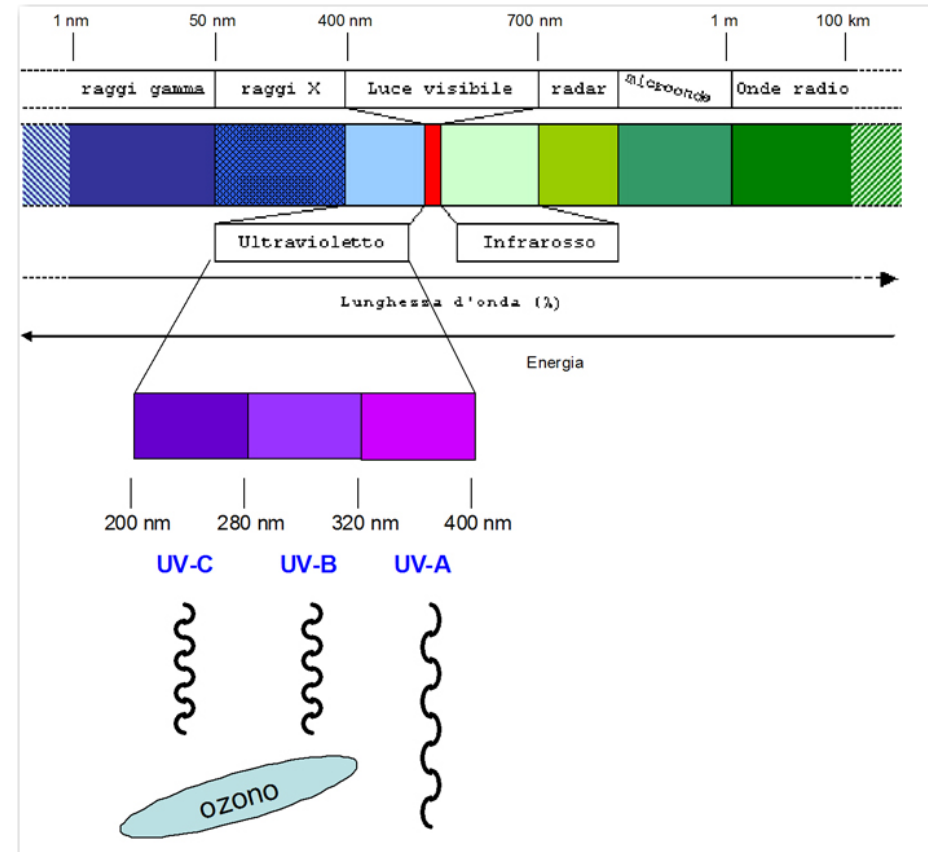


- E' distrutto dalla radiazione solare in un modo analogo: **scissione mediata da radiazione UV-B** in ossigeno molecolare (O_2) e ossigeno atomico (O).
- L'atomo di ossigeno O reagisce poi **con un'altra molecola di ozono** per formare due molecole di ossigeno.



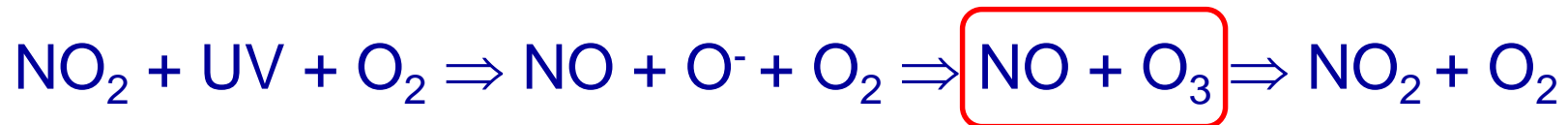


- Lo strato di ozono riveste **notevole importanza** dal punto di vista **biologico**: la molecola **assorbe la radiazione UV** (200-300 nm), **dannosa** per gli organismi viventi.
- Tale **assorbimento di energia** determina un **aumento di temperatura** alla sommità dello strato di ozono.
- E il "buco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





- Origine **sia antropica che naturale.**
- **Inquinante secondario:** generato da **reazioni fotolitiche** a carico di **inquinanti primari** quali **ossidi di azoto** (NO_x) e **composti organici volatili** (VOCs)

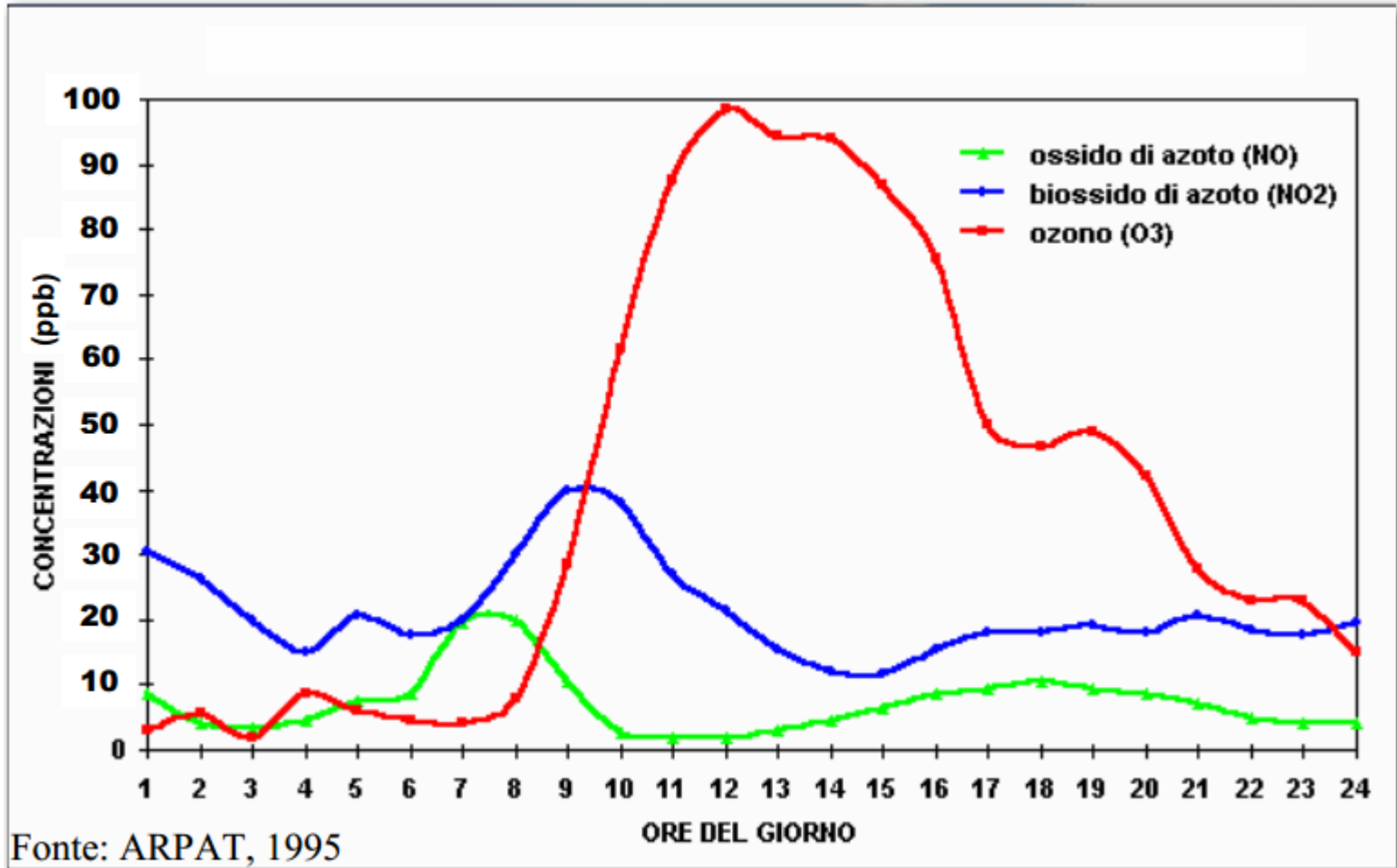


- La presenza di **VOCs** elimina NO **bloccando la 3a reazione** e determinando l'**accumulo di ozono.**



Ozono troposferico: andamento giornaliero

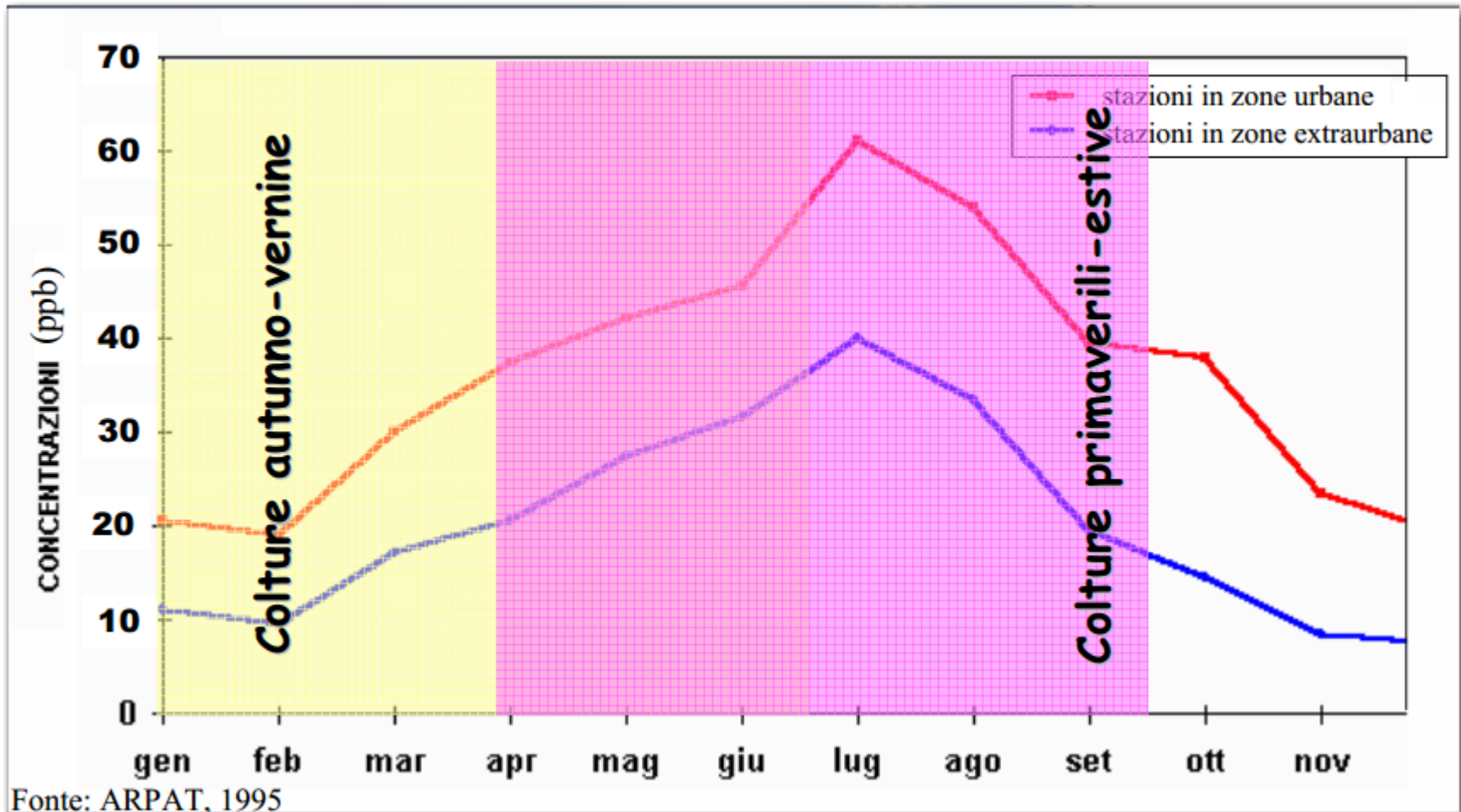
Agronomia





Ozono troposferico: andamento annuale

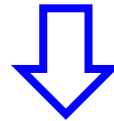
Agronomia





- Principale via d'**ingresso** dell' O_3 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_3** ; ecco perché in **sud Europa** sono **accettabili** per le piante **livelli di O_3 maggiori**.
- **Fattori** principali che **influenzano la conducibilità** stomatica:
 - ✓ Richiesta **evapotraspirativa** atmosfera
 - ✓ **Stato idrico sistema** pianta-terreno

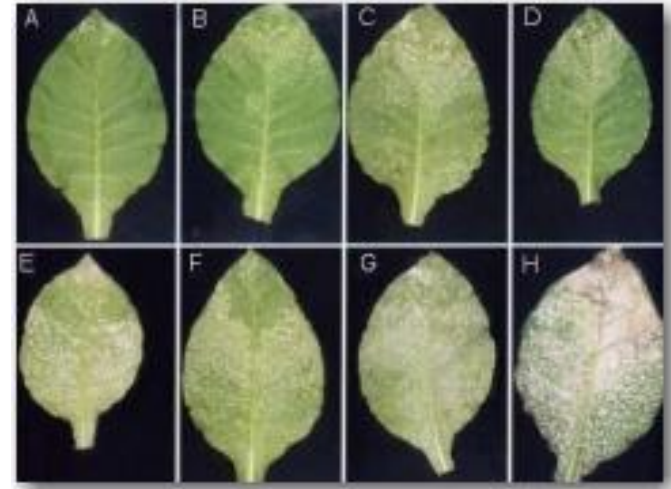


Ozono troposferico: sintomatologia

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 (H₂O)

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.



Anidride Solforosa (SO_2) e Solforica (SO_3)

- SO_2 ed SO_3 (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.
- SO_2 permane **in atmosfera per 1-4 giorni**: è principalmente ossidato ad **H_2SO_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 $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Anidride Solforosa (SO_2) e Solforica (SO_3)

- **Nelle foglie:**
 - ✓ SO_2 **trasformato in H_2SO_3 e solfiti (SO_3^{2-}),**
 - ✓ da questi **per ossidazione** si generano i **solforati (SO_4^{2-} ;** forma in cui S viene metabolizzato nelle piante).
- Quando **$[\text{SO}_2]$ nell'aria 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.



Anidride Solforosa (SO_2) e Solforica (SO_3)

- 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 O_3



- Qual è la composizione dell'atmosfera?
- Da dove si origina la CO_2 atmosferica?
- Quali processi riducono e quali incrementano la CO_2 atmosferica?
- Come rispondono le piante a variazioni di CO_2 ?
- La CO_2 è tossica?
- Ozono stratosferico e troposferico.
- L'ozono è tossico?
- Meccanismi dei danni da ozono.
- Specie sensibili e tolleranti rispetto all'ozono.
- Ruolo del vapore acqueo.
- Origine della SO_2 .
- Effetti della SO_2 .