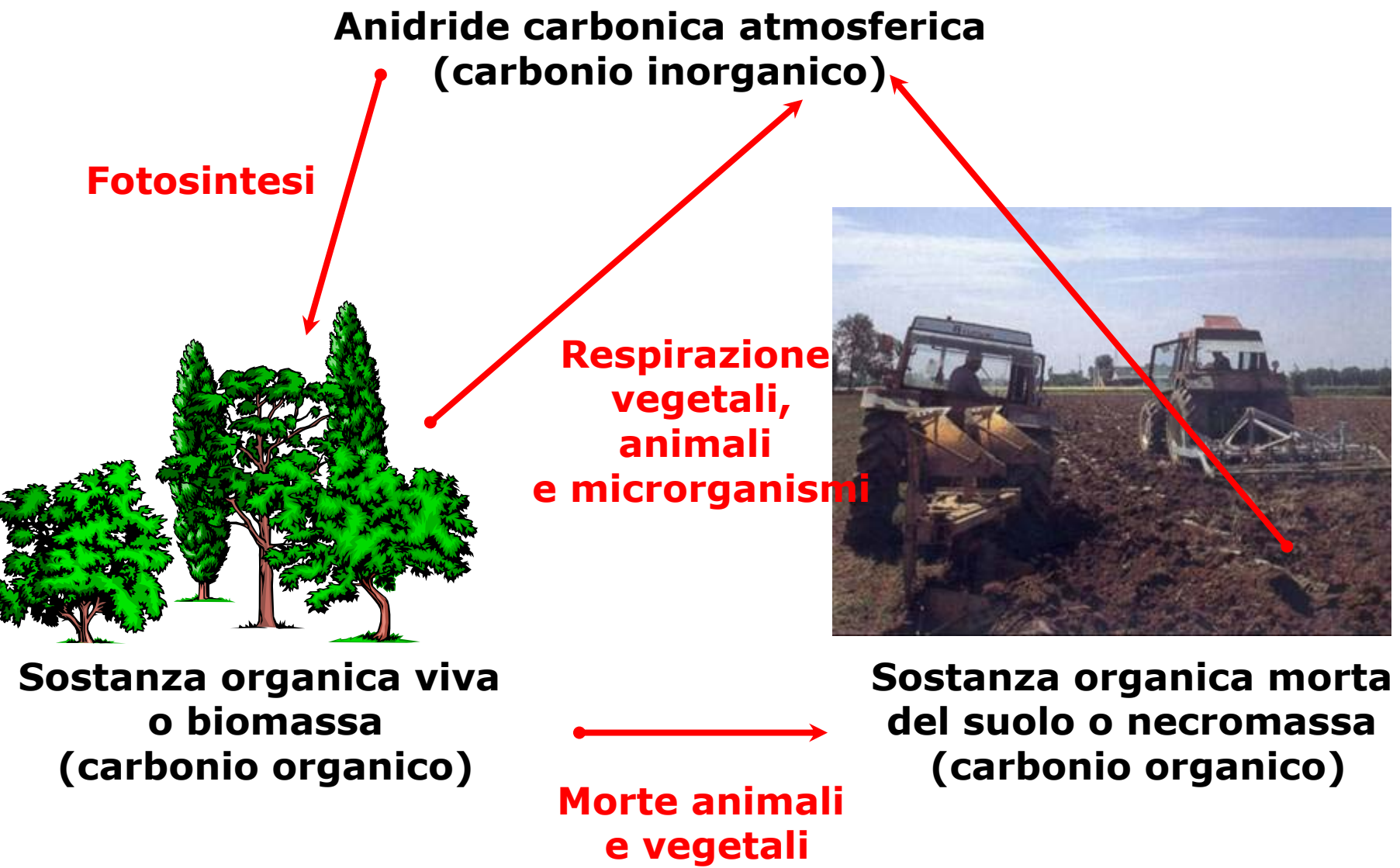


# Ciclo bio-geochimico della sostanza organica e alterazioni antropiche

Dott. Bonanomi Giuliano

# Il ciclo del carbonio nell'ecosistema

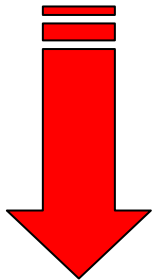


# Il bilancio della sostanza organica (SO) nell'ecosistema suolo

**Input organici (residui vegetali,  
animali, microbici)**



**Pool sostanza organica  
del terreno**



**Respirazione microbica,  
combustione (fuoco), erosione**

Suoli organici  
(fino al 100%)



Torbiere,  
zone anaerobiche  
e/o molto fredde  
SO recalcitrante

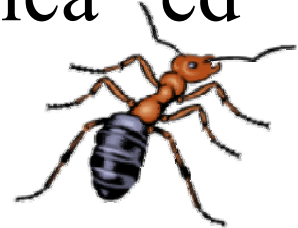
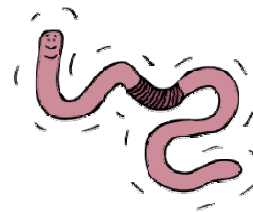
Suolo senza SO  
(meno 1%)



Suoli nudi,  
substrati sterili,  
incendi reiterati  
agricoltura  
intensiva.

# La decomposizione della sostanza organica

- Rilascio nutrienti per la crescita delle piante
- Influenza il bilancio del carbonio nel suolo e a scala globale
- Determinata dall'attività dei macro e micro-organismi eterotrofi del suolo (fauna, funghi e batteri) i quali ottengono nutrimento ed energia dalla sostanza organica e la mineralizzano producendo nutrienti in forma inorganica, anidride carbonica ed acqua

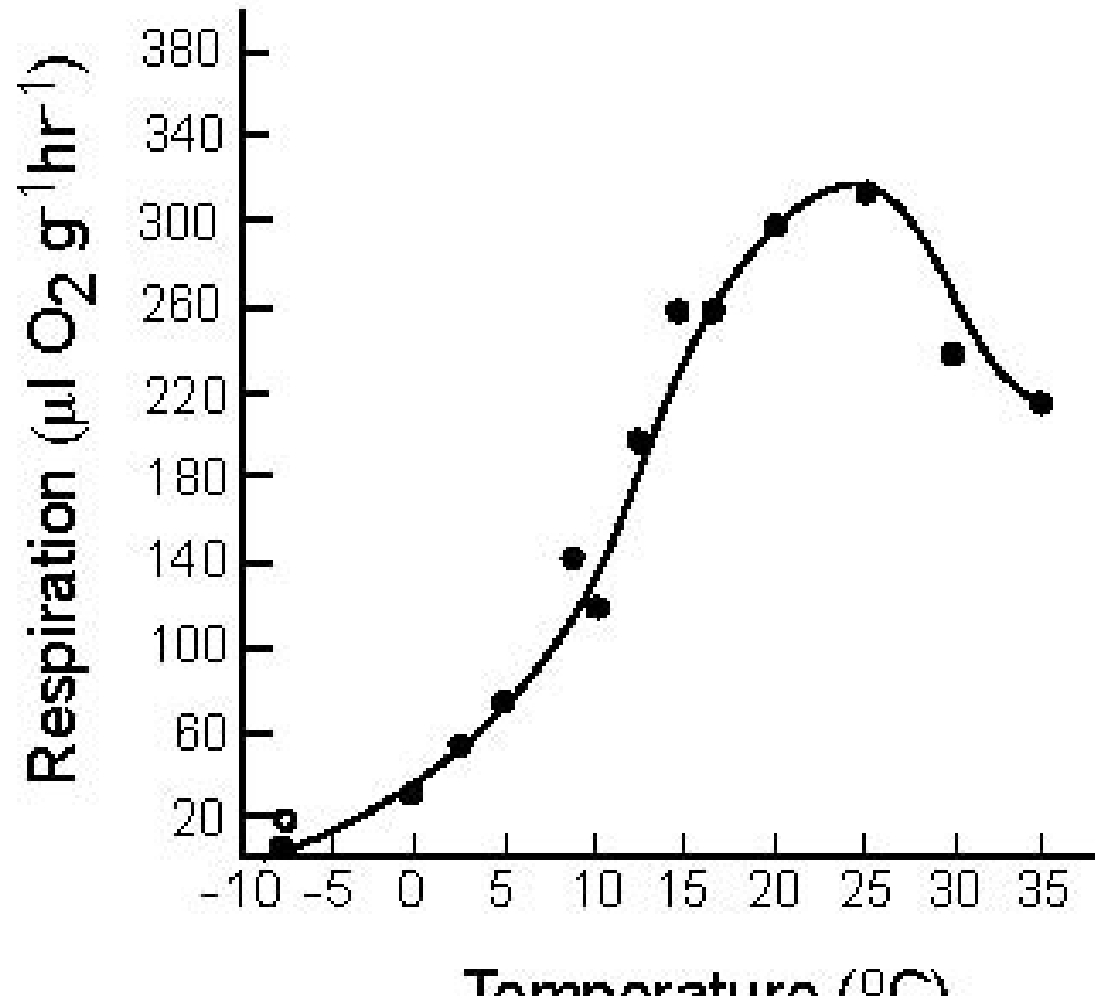


# Fattori ecologici che influenzano il tasso di decomposizione della sostanza organica

- Temperatura ambientale
- Umidità (acqua disponibile)
- “Qualità” della lettiera (residui vegetali)
- Ossigeno disponibile

# Decomposizione della SO e temperatura

La temperatura limita la crescita dei batteri che quantitativamente sono i decompositori più importanti (optimum a 30-34 °C)



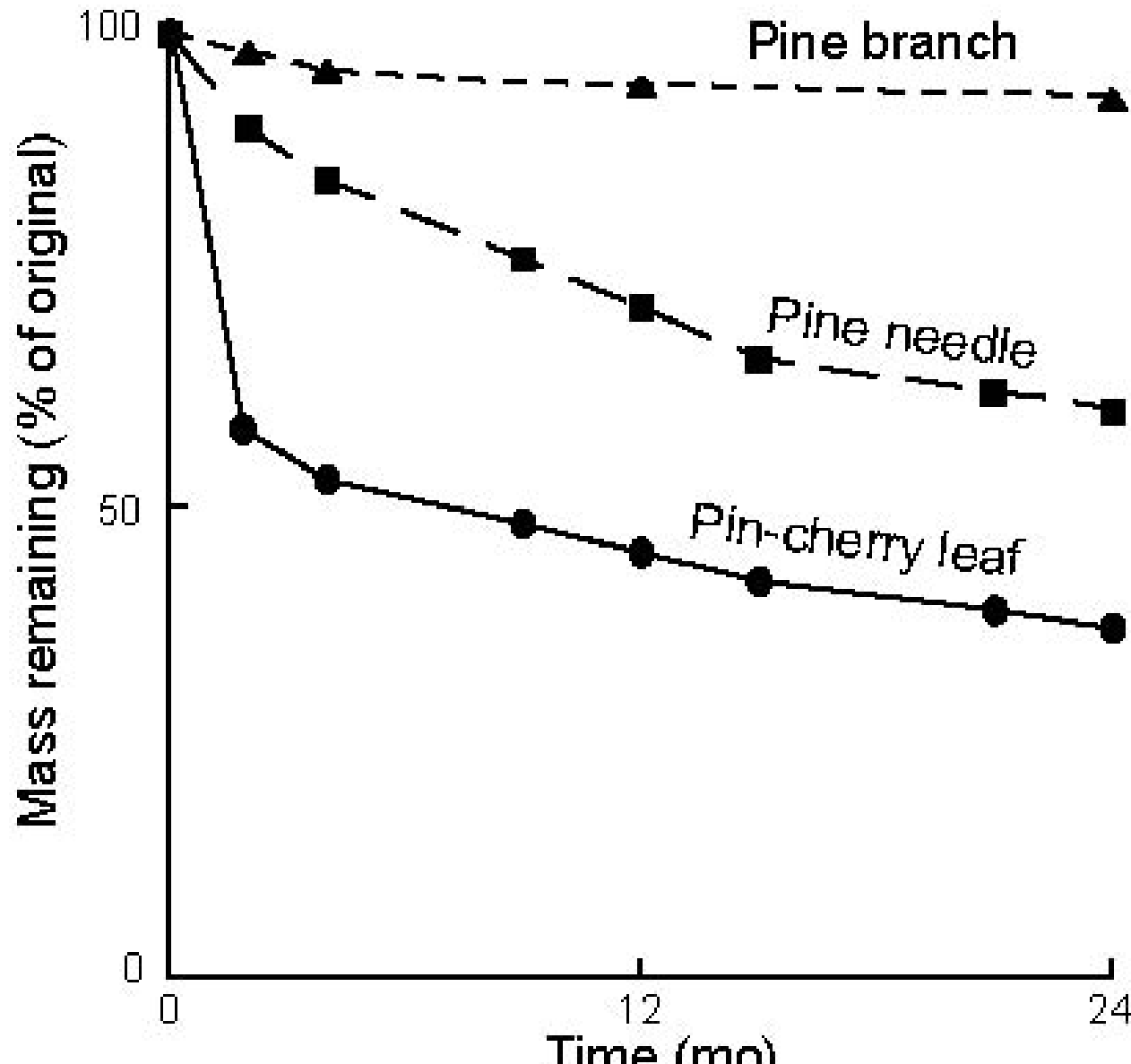
# Decomposizione della SO, ossigeno e disponibilità idrica

- L'ossigeno limita la crescita dei batteri e degli altri eterotrofi (il loro metabolismo passa da aerobico-respirativo ad anaerobico fermentativo). In condizioni anaerobiche la decomposizione della SO diviene estremamente lenta o può anche bloccarsi (*ex torbiere*)
- La disponibilità idrica (non la sua presenza! *ex salinità*) limita la crescita dei batteri e degli altri eterotrofi. In assenza di acqua la decomposizione è bloccata.
- Importanza dei cicli di idratazione-disidratazione e congelamento-scongelo per destrutturare il materiale organico

# Decomposizione della SO e la "qualità" della lettiera

- Presenza sostanza antimicrobiche (*ex polifenoli, terpeni come sostanze anti-erbivoria*)
- Struttura e complessità fisica del materiale e delle molecole chimiche che lo compongono (*decay rate: lignina < cellulosa << amido*)
- Concentrazione di nutrienti:
  - rapporto C / N (*Ok 30, oltre 30 rallenta la decomposizione*)
  - rapporto Lignina / N (*più è alto più lenta è la decomposizione*)

# Effetto del rapporto superficie / volume sulla decomposizione della sostanza organica

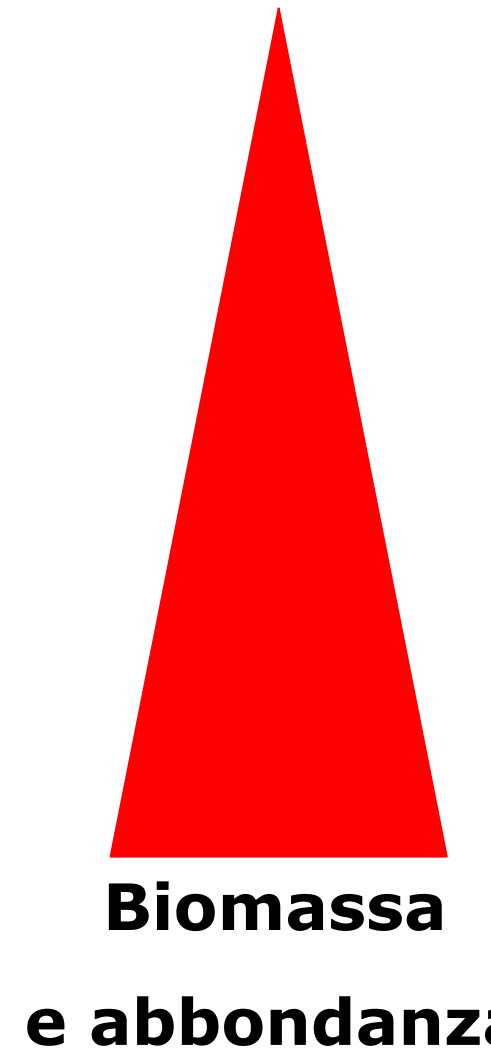
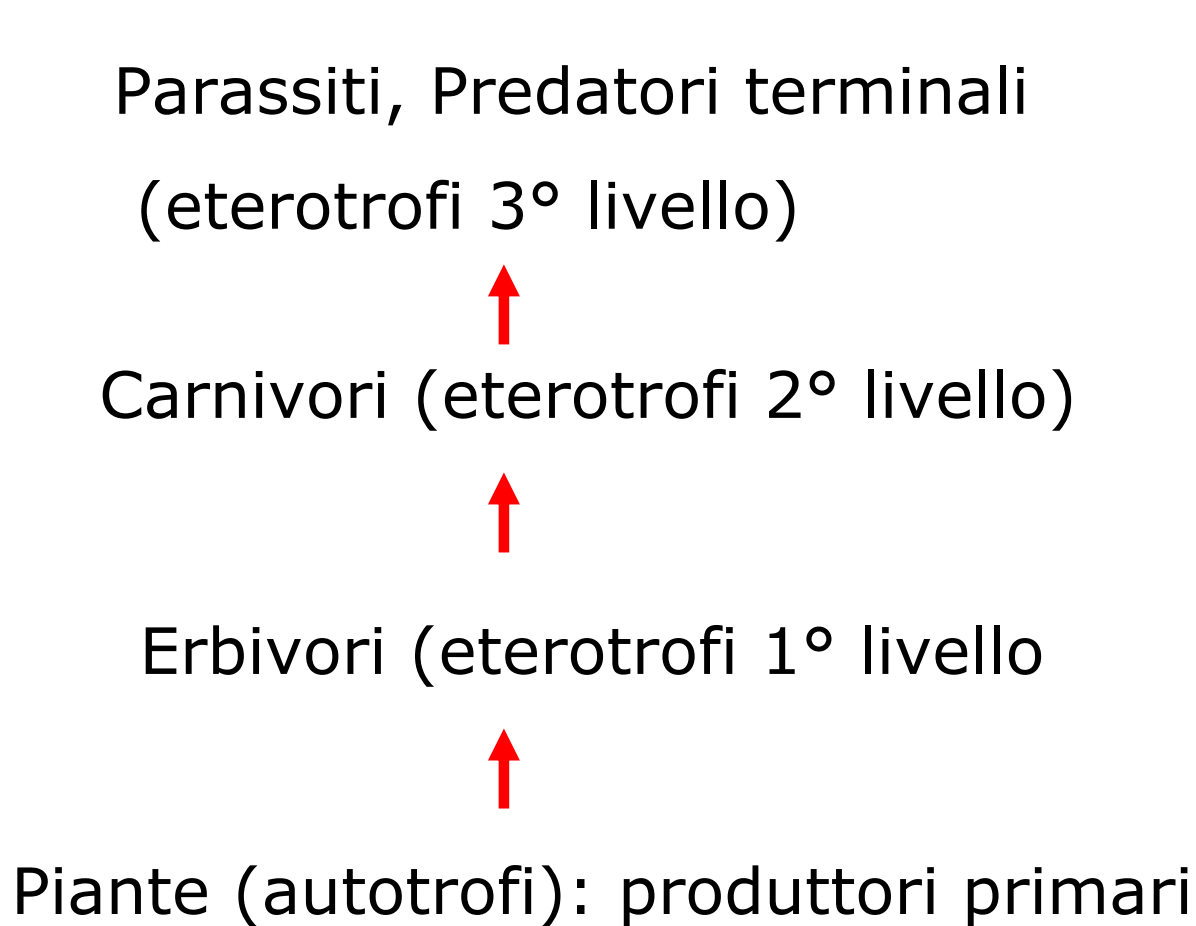


# **Impatto antropico sul ciclo della materia organica**

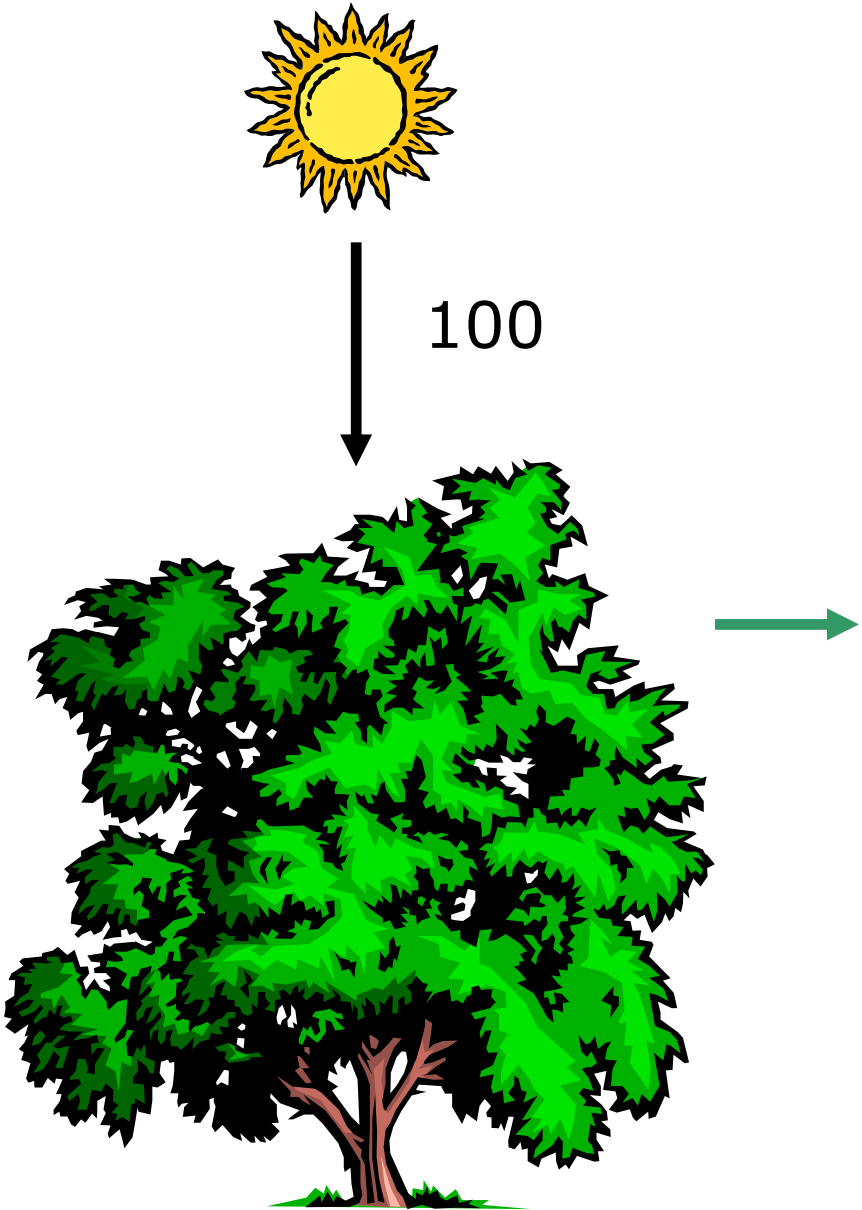
# Impatto dell'uomo sul ciclo della sostanza organica

- ▶ **Alterazione nella destinazione dell'uso del suolo (40% fini agricoli)**
- ▶ **Produttività netta eco-sistemica (40% per fini alimentati come materia organica. Perché?)**

# Produttività degli ecosistemi e livelli trofici

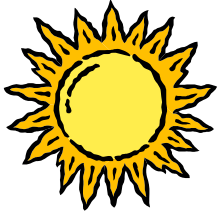


# Produttività degli ecosistemi e livelli trofici

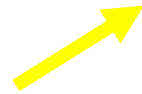


Solo meno del  
2% diviene materia  
organica vegetale  
attraverso il  
processo di fotosintesi  
(agroecosistemi sono  
più mediamente + efficienti)

# Produttività degli ecosistemi e livelli trofici

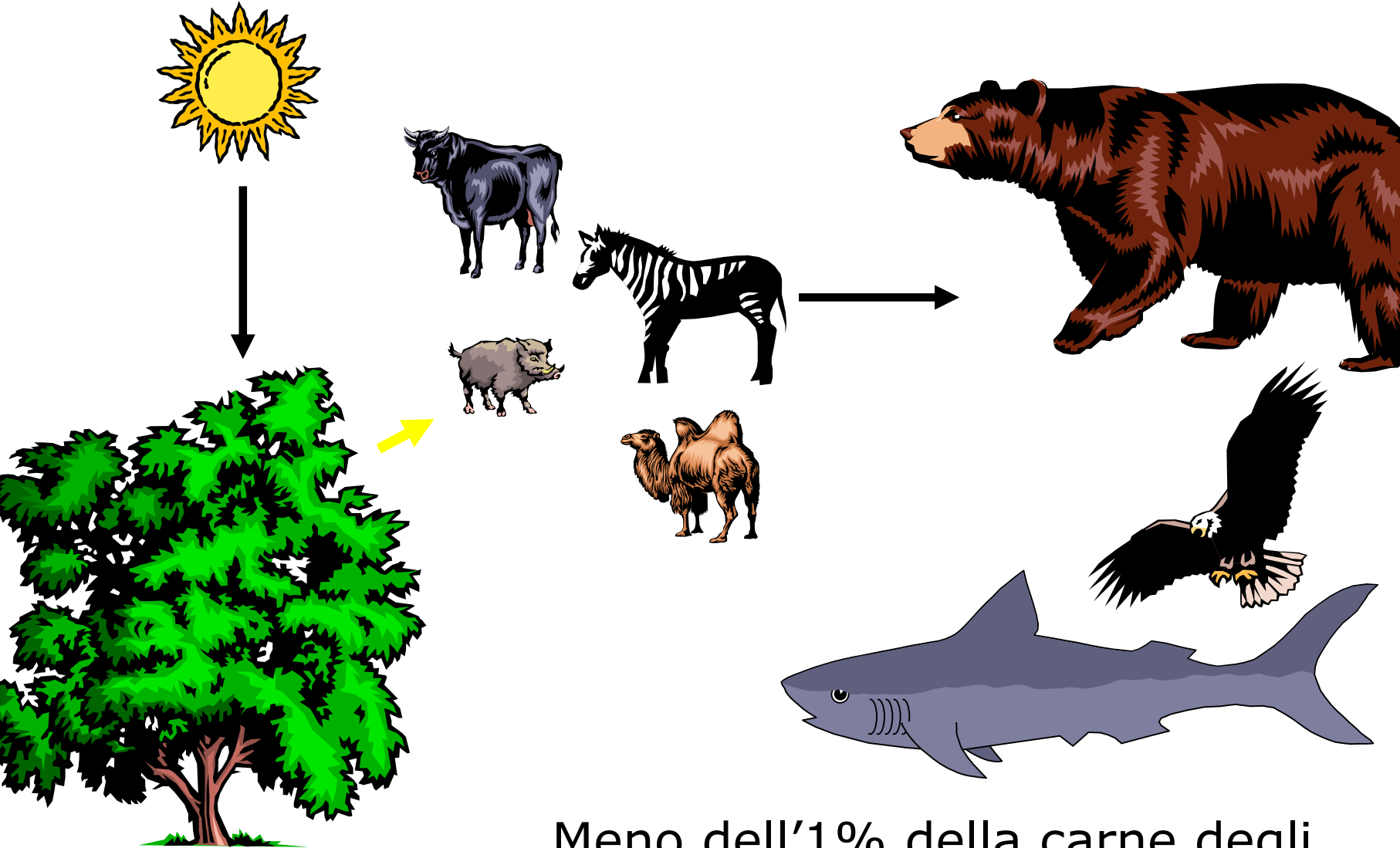


Solo una frazione  
fra il 10 e l'1% diviene carne  
di erbivoro



100 biomassa  
vegetale

# Produttività degli ecosistemi e livelli trofici



Meno dell'1% della carne degli erbivori diviene carne di carnivoro

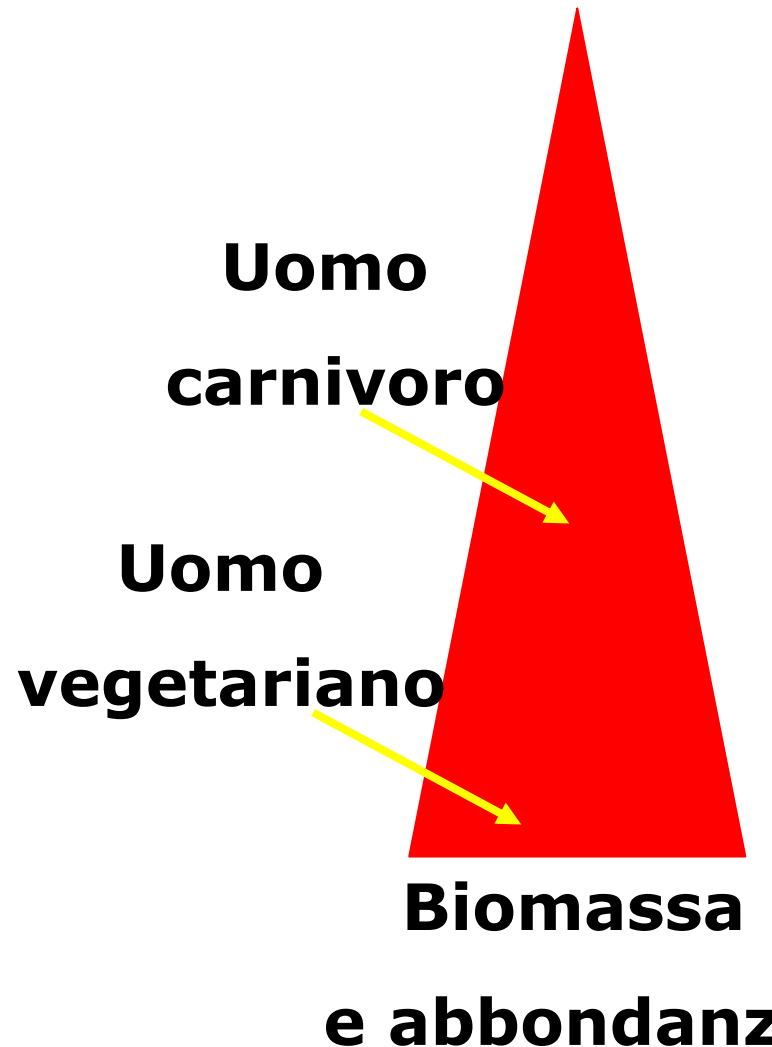
# Produttività degli ecosistemi e livelli trofici

Perdita di energia ad ogni passaggio trofico (circa con rapporto 1/10 nell'uomo; 1/100 animali ex *Canis lupis*)

Gli animali di grosse (Aquile, Lupi ecc) dimensioni sono molto rari in natura (ridotte densità = n°/ unità di superficie).  
L'uomo è un'eccezione.

# Produttività degli ecosistemi e livelli trofici: il perché dell'impatto umano sul ciclo della sostanza organica

La "**posizione**" dell'uomo nella catena trofica influenza la quantità di energia utilizzata. La "terra" non può sostenere 10 miliardi di uomini carnivori ma può sostenere 50 miliardi di uomini vegetariani



# **Impatto dell'uomo sul ciclo della sostanza organica**

- ▶ **Alterazione nella destinazione dell'uso del suolo (40% fini agricoli)**
- ▶ **Produttività netta eco-sistemica (40% per fini alimentati come materia organica)**
- ▶ **Impatto dell'uomo sul ciclo della materia organica nell'agro-ecosistema. L'impatto delle pratiche agricole**

# L'agricoltura moderna riduce il tenore di sostanza organica del suolo

## MINORI APPORTI ORGANICI

- riduzione della biomassa coltivata
- maggiore asporto dei prodotti
- suoli nudi in fasi intercalari

## EROSIONE DEL TERRENO

- denudamento dei suoli
- povertà di humus
- intensificazione delle arature

## AUMENTATA RESPIRAZIONE

- lavorazioni e concimazioni
- escursioni termiche
- escursioni idriche

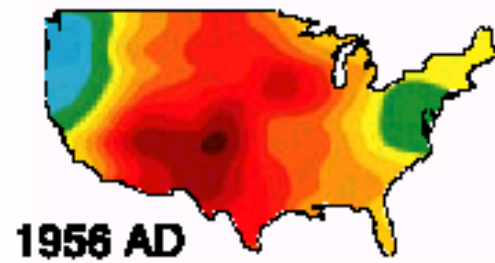
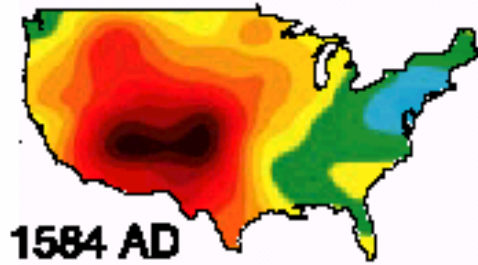
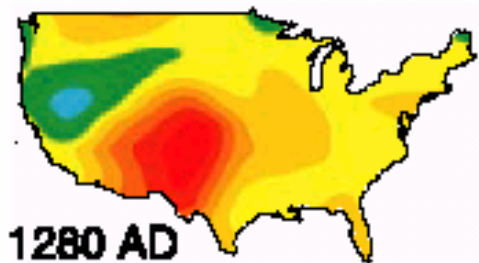
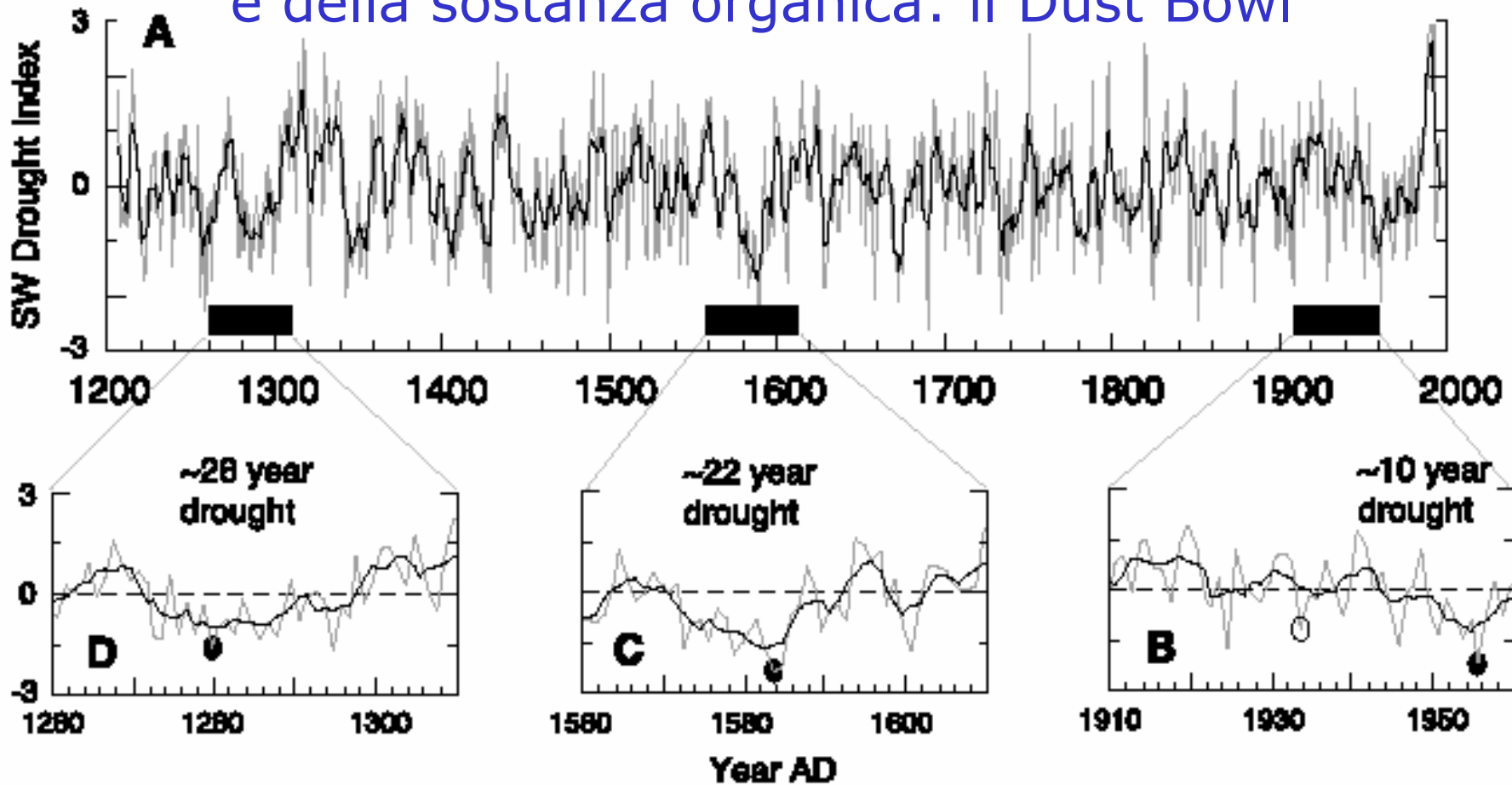
## RIDUZIONE DELL' UMIFICAZIONE

- intensificazione della monocoltura
- impiego di sostanze chimiche

# **Ruolo funzionale della sostanza organica per la fertilità del suolo**

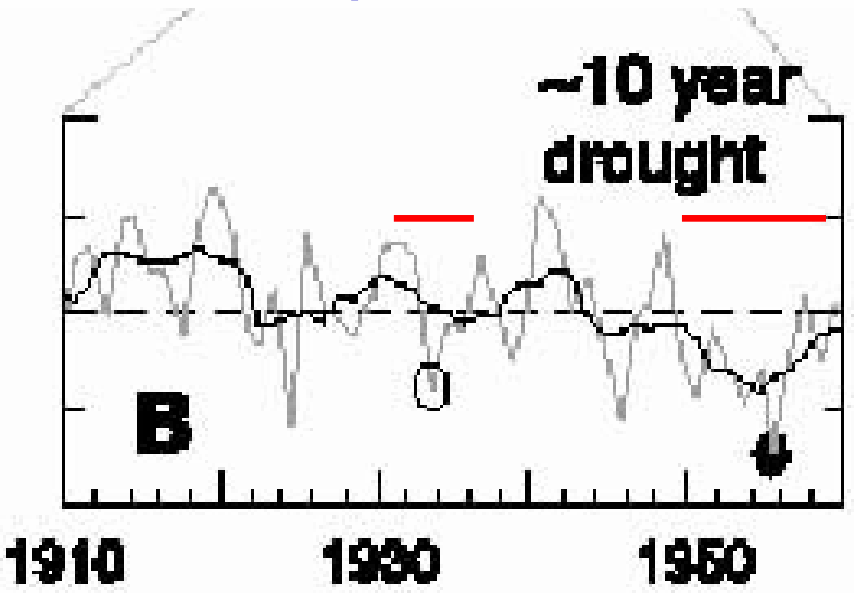
- ▶ **Elevata capacità di ritenzione idrica**
- ▶ **Pool di nutrienti in forma non dilavabile che sono rilasciati in maniera progressiva attraverso la mineralizzazione**
- ▶ **Elemento fondamentale per la struttura del terreno**

# Conseguenze della cattiva gestione del suolo e della sostanza organica: il Dust Bowl

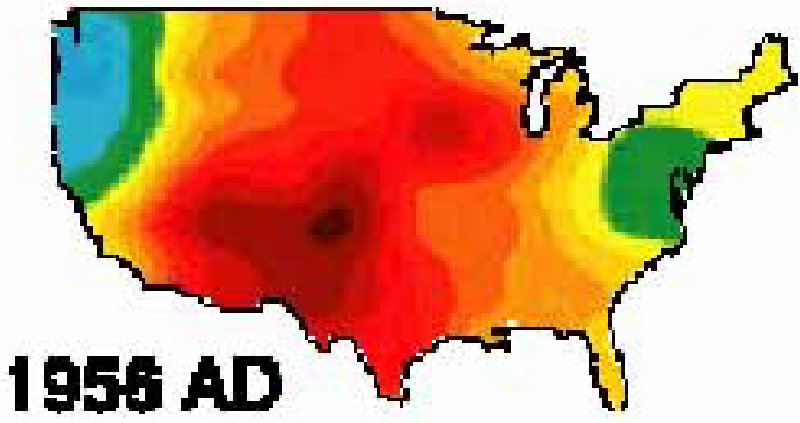


# Siccità del 1933-1939 e degli anni '50:

effetto dipendente dal tipo di gestione del suolo



- Siccità del 1933-1939 è relativamente breve e di media intensità. Conseguenze per le attività umane devastanti



- Siccità del degli anni '50 è prolungata e più intensa e diffusa in quasi tutti gli USA con massima intensità nel '56. Conseguenze limitate ad una marcata riduzione della produzione agricola

# La siccità del 1933-1939: il "DUST BOWL"

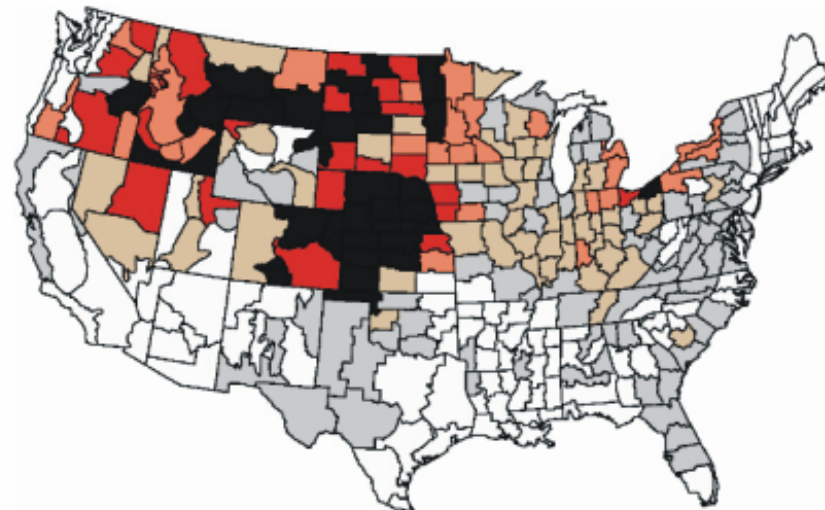
## The Dust Bowl



### Palmer Drought Severity Index

1930-1939

Percent of time in severe and extreme drought



% of time PDSI  $\leq$  -3

- Less than 10%
- 10% to 19.99%
- 20% to 29.99%
- 30% to 39.99%
- 40% to 49.99%
- 50% or greater

SOURCE: McKee et al. (1993); NOAA (1990); High Plains Regional Climate Center (1996)  
Albers Equal Area Projection; Map prepared at the National Drought Mitigation Center

# Le grandi siccità del XX secolo: il Dust Bowl

**Il fenomeno:** periodo poli-annuale con ridotte precipitazioni e alta frequenza di tempeste (decine all'anno) di vento con conseguente movimento di grandi masse nell'aria di polvere.

## **La più grande crisi per l'agricoltura, l'economia e sociale nella storia degli USA**

Stati a vocazione agricola: abbandono attività. Enorme danni economici (aggravamento crisi finanziaria del 1929) e rifornimenti alimentari. Migrazioni dagli stati colpiti verso alcuni stati costieri (California) di alcuni milioni di persone.

# Analisi delle conseguenze del Dust Bowl:

- Siccità intensa ma non eccezionale, quella degli anni '50 più intensa e duratura ma meno dannosa. Quali cause?
- Effetto della siccità risultante dall'interazione fra attività antropica ed evento climatico.
- Lo sviluppo agricolo degli anni '20 aveva portato al dissodamento di ampie aree di prateria. Il suolo nudo derivante dall'aratura ha reso il suolo altamente suscettibile all'erosione eolica. Durante la siccità del '33-'39 l'erosione eolica è stata imponente (dust bowl) determinando gli effetti catastrofici descritti.
- Dagli anni '50 ed attualmente il suolo è gestito o con cover-crop o il suolo è adibito a pascolo o prateria naturale. Tale gestione del suolo permette di fronteggiare con sicurezza le periodiche siccità poli-annuali che colpiscono le aree centrali degli USA. La conoscenza dei fenomeni ha permesso una corretta gestione di fenomeni climatici estremi ancora non applicati a scala globale (**ex Sahel**)

# Inquinamento ambientale

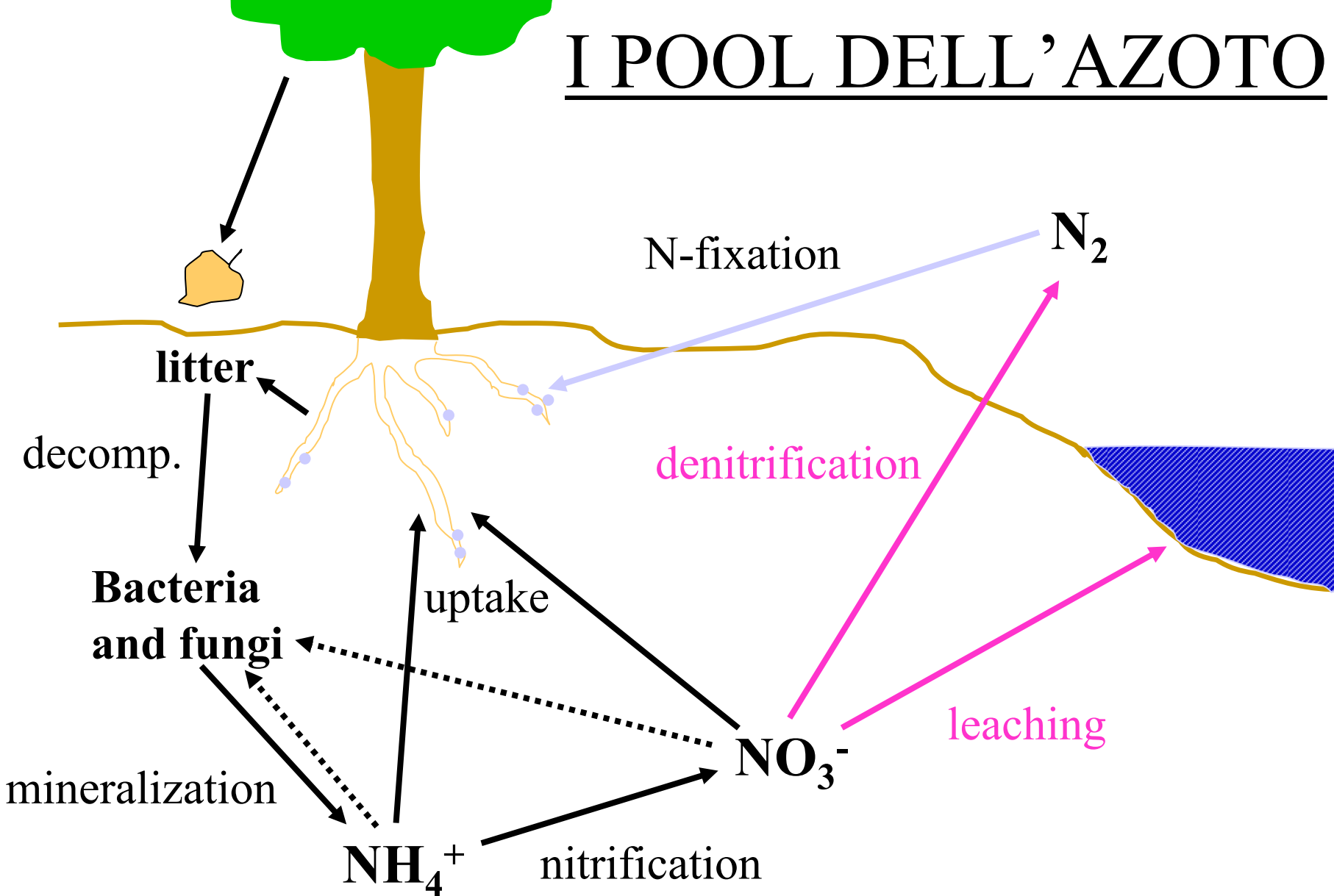
- L'introduzione diretta o indiretta da parte dell'uomo di sostanze o energia nell'ambiente, la quale determina effetti dannosi alla vita, alle risorse, alla salute umana e alle attività economiche attraverso un peggioramento della qualità dell'acqua, dell'aria e del suolo (World Health Organization)
- Mercurio – Metallo pesante
- Azoto - Elemento nutritivo
- Diossine – Composti organici

# Ciclo bio-geochimico dell'azoto e alterazioni antropiche

# Importanza del ciclo dell'azoto

- **Gas dominante dell'atmosfera (circa 80% come  $N_2$ )**
- **Nutriente che limita maggiormente la crescita vegetale ed animale sulla terra**
- **Inquinante delle acque (eutrofizzazione  $NO_3$ ) e dell'aria  $NO_x$  al suolo**

# I POOL DELL'AZOTO



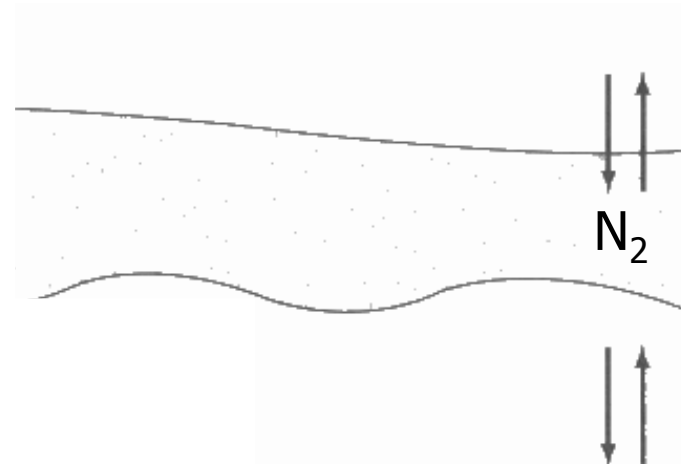
Azoto organico  
(proteine, aminoacidi)

Azoto fissazione

ATMOSFERA ( $N_2$ )



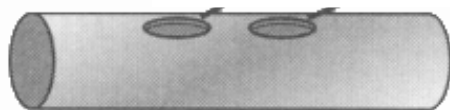
Degradazione  
(mineralizzazione)  
della sostanza organica



Concimazione



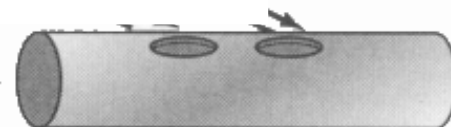
$NH_4^+$



Nitrificazione

*Assorbimento  
dalle piante*

$NO_3^-$



Denitrificazione

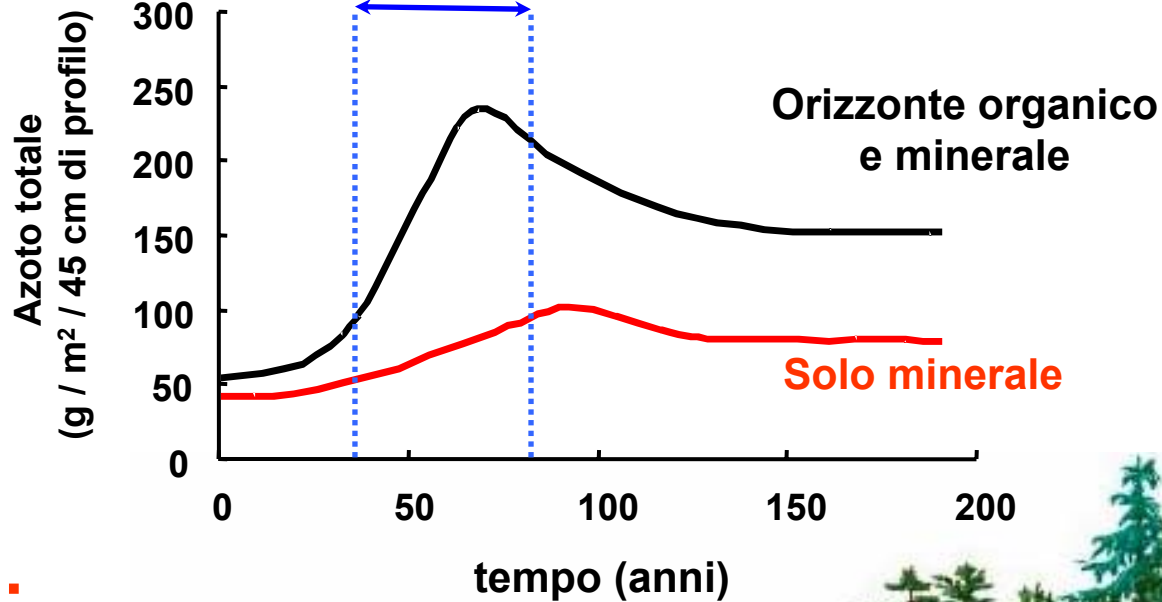
$N_2$



**Percolazione in falda**

# Sequenze del ciclo dell'azoto

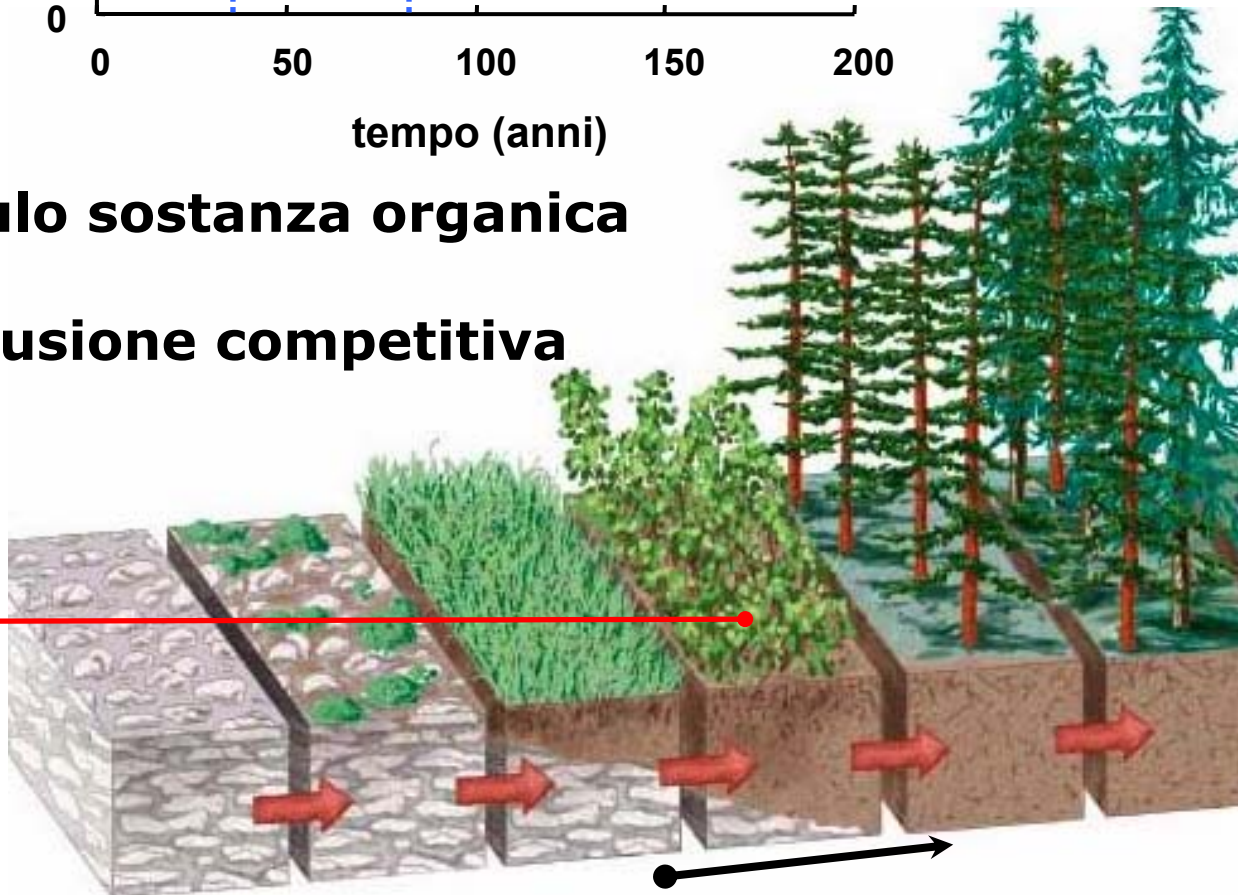
- Ammonificazione (organico  $\Rightarrow$   $\text{NH}_4$ ). Mineralizzazione dell'N dalla forma organica a inorganica. Effettuato dai batteri.
- Nitrificazione ( $\text{NH}_4 \Rightarrow \text{NO}_3$ ). Ossidazione dell'azoto da ammoniacale a nitrico. Il primo è adsorbito dalle argille il secondo è dilavabile. Effettuato dai batteri. Le piante assorbono preferenzialmente  $\text{NO}_3$ .
- Denitrificazione (  $\text{NO}_3 \Rightarrow \text{NO}_x \Rightarrow \text{N}_2$  ). Riduzione dell'azoto nitrico a N molecolare gassoso. Avviene in condizioni riducenti (anaerobiche).
- Azoto fissazione ( $\text{N}_2 \Rightarrow$  organico). Fissazione dell'N atmosferico in organico grazie alla simbiosi mutualistica fra vegetali e batteri.



**Pedogenesi:**

- elevato accumulo sostanza organica e di azoto
- successiva esclusione competitiva

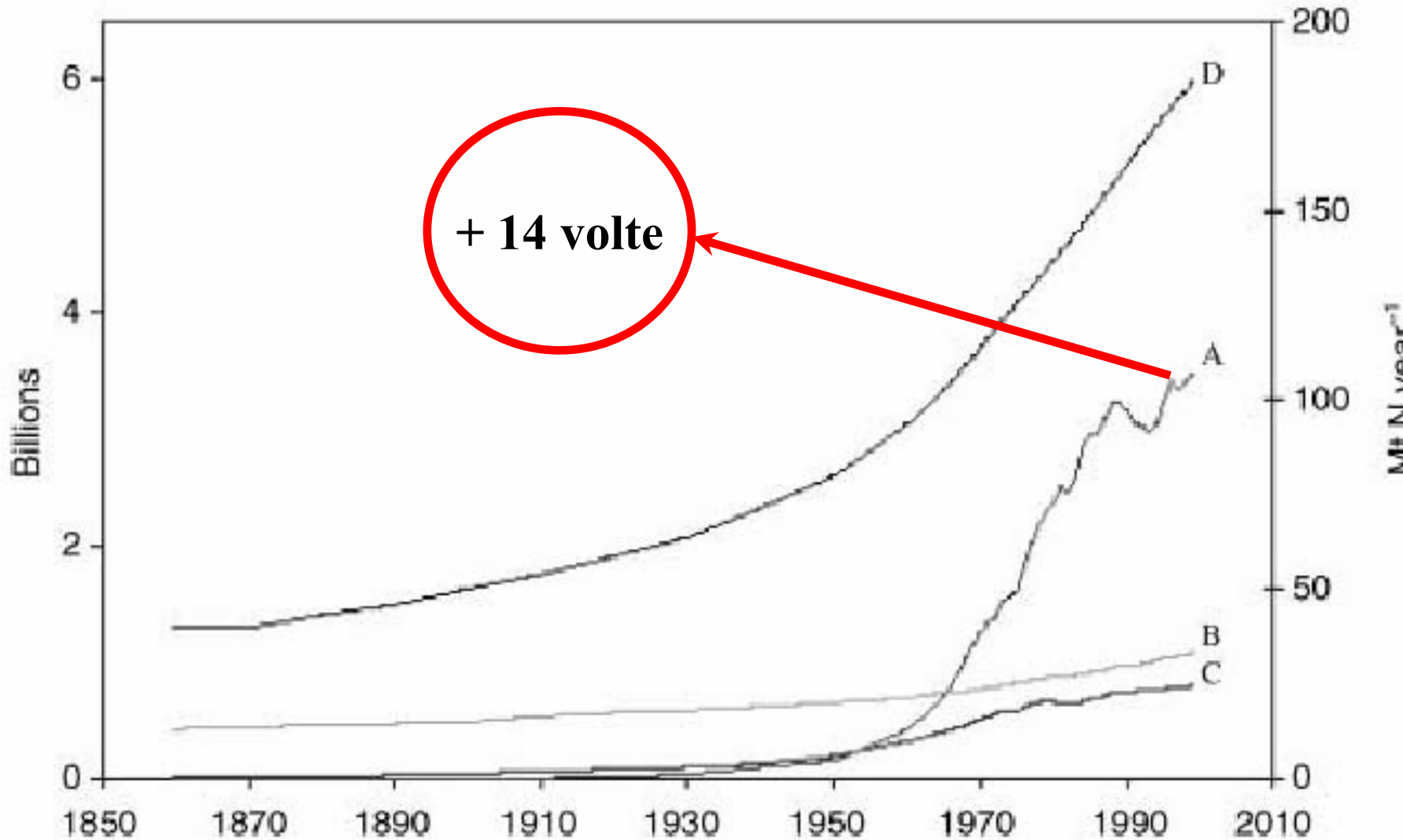
↑  
**Arbusti N-fissatori**



Tempo (decenni)

# Alterazioni antropiche del ciclo dell'azoto

# Ciclo dell'azoto e attività antropiche



# Ciclo dell'azoto e attività antropiche

## Emissioni

- **Combustione (NO<sub>x</sub>)  
richiede molta energia  
(1% spesa energetica  
nazionale UK)** **25 MtN / anno**
- **Fertilizzanti chimici** **100 MtN / anno**
- **N-fissazione naturale** **35 MtN / anno**
- **Emissioni totali** **160 MtN / anno**



# Alterazioni antropiche dell'azoto: il ruolo dell'agricoltura

- **Il concima più diffuso ed utilizzato in quanto determina un forte effetto sulla crescita delle colture ed è molto economico**
- **Quando utilizzato in eccesso lo ione nitrico è soggetto a dilavamento (surplus idrico) nelle falde e nei corsi d'acqua**
- **Eutrofizzazione nei corsi d'acqua e nei bacini e non potabilità delle acque di falda (*max 50 ppm NO<sub>3</sub>*)**

# Alterazioni antropiche del ciclo dell'azoto

- **Arricchimento generale attraverso la fissazione chimica per la produzione dei concimi chimici**
- **Disfunzioni dovute agli agro-ecosistemi**
- **Disfunzioni legate all'urbanizzazione e all'allevamento intensivo di animali (maiali, bovini, avicoli)  
"scollegamento" fra produzione e rilascio dell'azoto  
attraverso l'escrezione animale e il suolo**

# Alterazioni antropiche del ciclo dell'azoto ed urbanizzazione

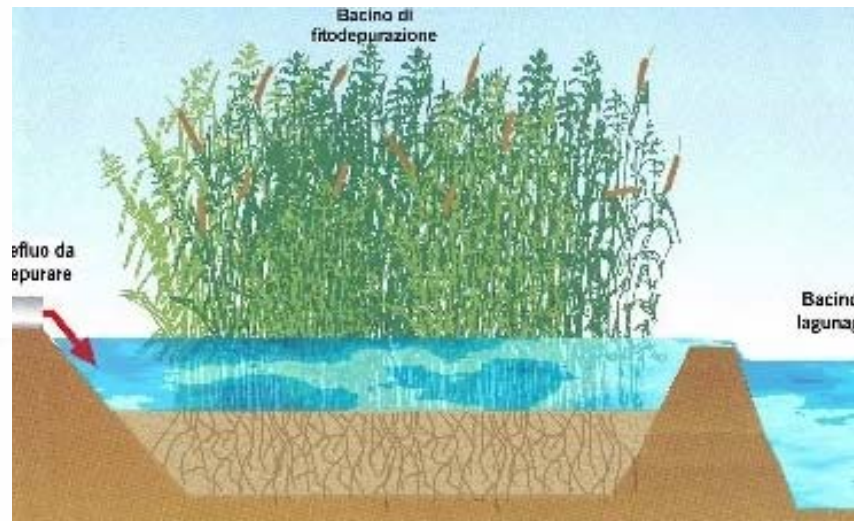
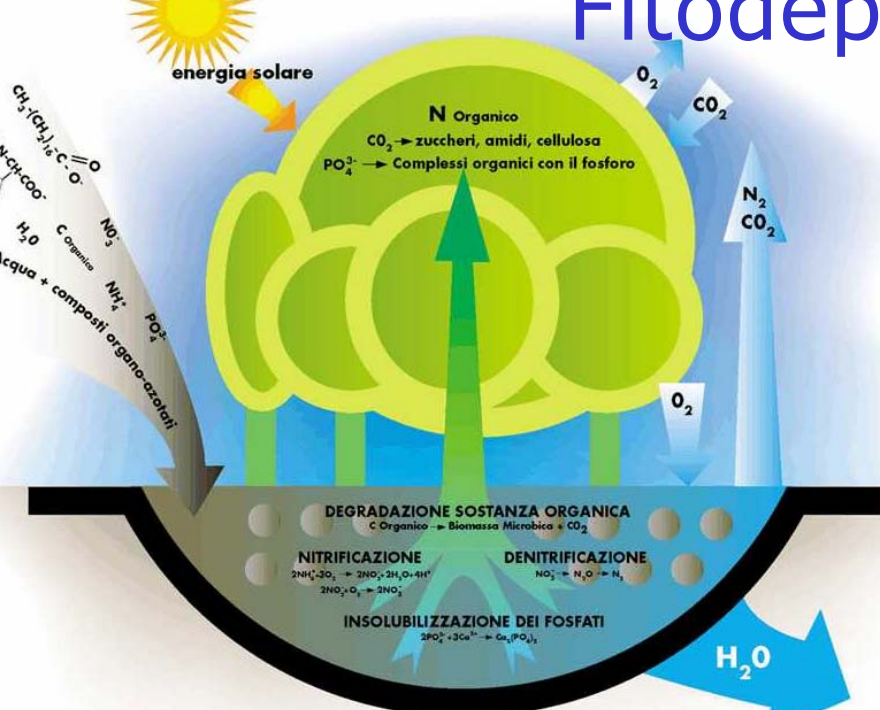
## ➤ Depurazione diretta:

**trasformazione N organico in inorganico attraverso attività dei microrganismi aerobici**

## ➤ Fitodepurazione:

**assorbimento N inorganico attraverso l'attività delle piante prima dell'immissione nei corpi idrici**

# Fitodepurazione



➤ **0,5-1 m<sup>2</sup> / persona**

# Fitodepurazione

➤ **0,5-1 m<sup>2</sup> / persona**

➤ **escrezione uomo: 5-10 gN/giorno (1.8 kg/anno)**

➤ **Impatto uomo: 18.000 kg/ha/anno se utilizziamo 1 m<sup>2</sup> / persona**

➤ **Massimo assorbimento da parte dei vegetali: 300-500 kgN/ha/anno**