



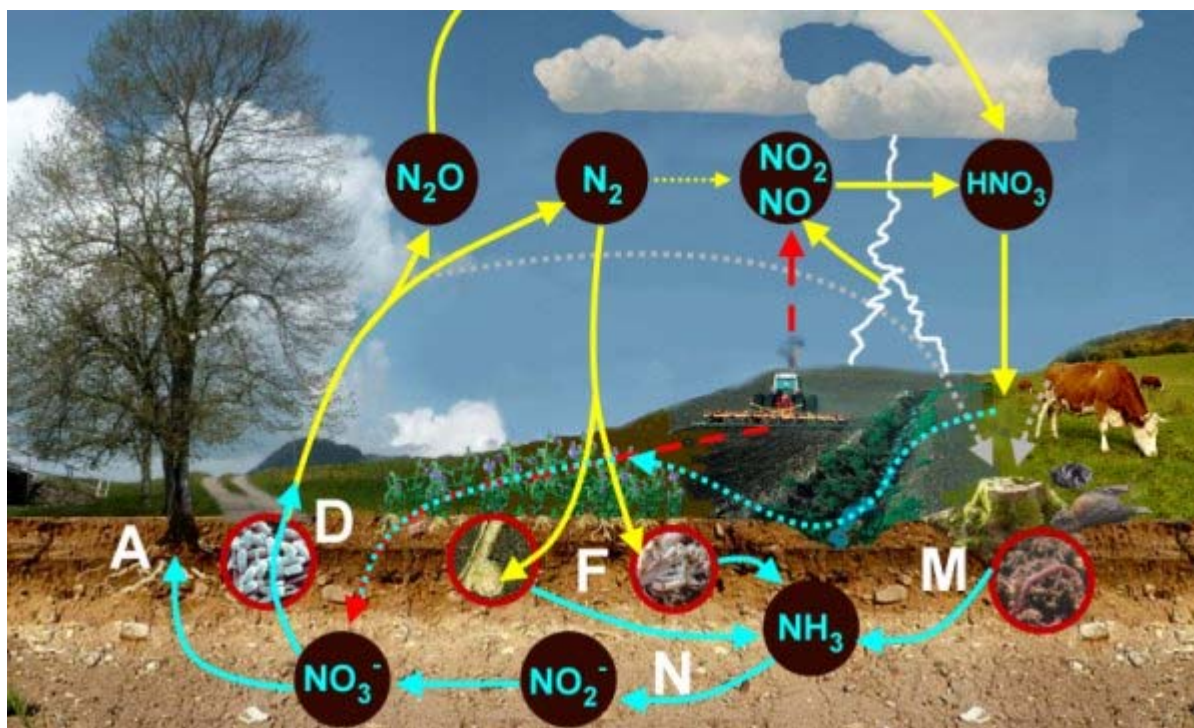
Contesto: il ciclo dell'azoto

Parole chiave:

Fissazione dell'azoto, nitrificazione, denitrificazione, assimilazione, fertilizzazione, emissioni di ossido di azoto

Il ciclo dell'azoto

Il ciclo dell'azoto è un processo chimico fondamentale per la vita sul nostro pianeta e per l'esistenza degli stessi esseri umani. I composti dell'azoto svolgono un ruolo di cruciale importanza nel metabolismo degli organismi viventi e molte molecole organiche presenti all'interno di piante, animali ed esseri umani quali aminoacidi, proteine e DNA contengono azoto. I composti dell'azoto sono tuttavia presenti anche nei processi chimici che avvengono nell'atmosfera con conseguenze sul sistema climatico.



1. Il ciclo dell'azoto: A = assimilazione da parte delle piante, F = fissazione dell'azoto ad opera di batteri sia in simbiosi con le piante che mediante i batteri presenti nel suolo, N = nitrificazione, D = denitrificazione, M = mineralizzazione - Schema: Elmar Uherek

Il ciclo dell'azoto è costituito principalmente da reazioni chimiche che avvengono nell'aria (soprattutto reazioni di ossidazione) e da reazioni chimiche che avvengono nella biosfera, sia nelle piante che nei microorganismi presenti nel suolo (ossidazione e riduzione).



Fissazione dell'azoto, nitrificazione e denitrificazione

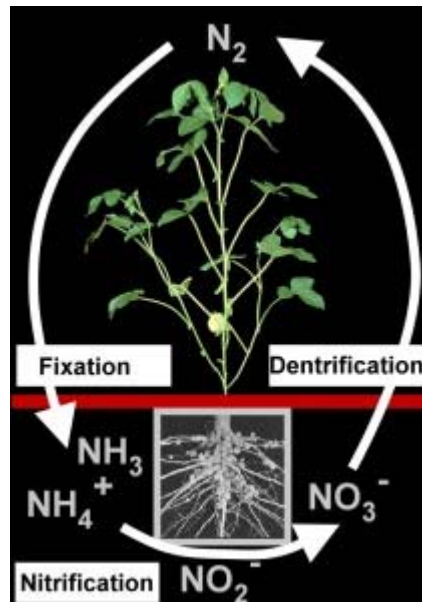
I composti dell'azoto sono indispensabili per la crescita delle piante. In natura, l'azoto può essere disponibile in forme che risultano disponibili (come nitrati o composti dell'ammoniaca) o non disponibili (come azoto molecolare o ossido di azoto) per le piante. La conversione tra le due forme avviene durante i processi di fissazione dell'azoto o denitrificazione.

Fissazione dell'azoto: è il processo che rende i composti dell'azoto nell'aria disponibile per le piante (in particolare modo azoto molecolare N_2). La fissazione dell'azoto è resa possibile dall'opera di numerosi batteri e cianobatteri presenti sia nel suolo che nelle piante od anche in (alcune) specie animali. Le leguminose (Fabaceae), ad esempio, contengono questo genere di batteri all'interno delle loro radici. Tra i principali prodotti della fissazione dell'azoto figurano ammoniaca, nitriti e nitrati.

Nitrificazione: è la seconda fase del processo di fissazione dell'azoto. Se l'ammoniaca viene considerata il principale prodotto della fissazione dell'azoto la conversione dell'ammoniaca in nitriti e nitrati ad opera dei batteri nitrificanti può essere definita nitrificazione.

Denitrificazione: è il processo di riduzione del nitrato in azoto per opera di microorganismi (Bacillus, Pseudomonas ed altri batteri) che passano dalla respirazione aerobica alla respirazione dei nitrati soprattutto in presenza di suoli scarsamente aerati. Il processo di denitrificazione può dare origine a numerosi intermedi di reazione tra i quali si distingue per importanza l'ossido nitroso, un gas serra a vita media elevata. I gas così prodotti ritornano nell'atmosfera.

La fissazione dell'azoto rappresenta il processo opposto alla denitrificazione.



2. Il ciclo biologico dell'azoto che avviene nel suolo si compone dei seguenti processi: a) fissazione dell'azoto ad opera dei batteri che vivono in simbiosi con le piante (ad es. nelle radici della soia come riportato in figura) e b) denitrificazione ad opera di altri batteri che rilasciano azoto molecolare o N_2O durante la respirazione dei nitrati. Collage: Elmar Uhrek



Assimilazione e mineralizzazione

I composti dell'azoto disponibili possono essere immagazzinati nel terreno sotto forma di sostanze inorganiche (nitrati) o incorporati in organismi viventi sotto forma di azoto organico.

Assimilazione: è il processo di conversione dell'azoto inorganico, ad es. il nitrato, in azoto organico, ad es. un aminoacido. Il nitrato viene ridotto a tal scopo dagli enzimi prima in nitrito mediante nitrato riduttasi e poi in ammoniaca mediante nitrito

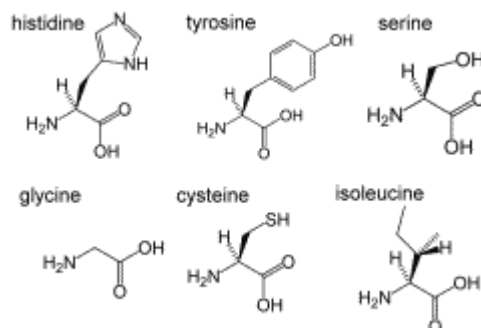


3. L'assimilazione e la mineralizzazione determinano l'assorbimento dei composti dell'azoto da parte del terreno e, rispettivamente, l'incorporazione nelle biomolecole delle piante o la conversione in azoto inorganico dopo la morte delle piante. Schema: Elmar Uherek

Mineralizzazione (ammonificazione): è un processo durante il quale organismi decompositori quali lombrichi, termiti, lumache, chioccioline, batteri o funghi convertono l'azoto organico delle piante morte in azoto inorganico. La prima fase è costituita dalla formazione dell'ammoniaca e dei suoi sali (NH_4^+X).

L'assimilazione e la mineralizzazione sono due processi opposti.

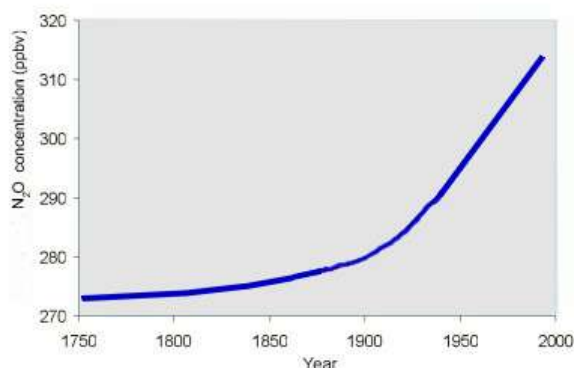
riduttasi e poi in ammoniaca mediante nitrito riduttasi. L'ammoniaca viene incorporata negli aminoacidi.



4. Gli aminoacidi, alcuni dei quali sono riportati in figura, sono biomolecole contenenti azoto. Le proteine sono composte da catene di aminoacidi.

Ossidazione atmosferica

I principali processi alla base della produzione naturale degli ossidi di azoto sono costituiti dalle reazioni di ossidazione che avvengono in presenza di temperature estremamente elevate. Tali condizioni si verificano, ad esempio, nella combustione in corrispondenza delle aree più calde degli incendi della vegetazione o nell'ossidazione dell'azoto molecolare, normalmente inerte, provocata dai fulmini o dalle eruzioni vulcaniche. I principali prodotti generati da tali processi sono l'ossido di azoto NO , il biossido di azoto NO_2 e, dopo ulteriori reazioni, l'acido nitrico. Come illustrato nel testo di ricerca, alcune concentrazioni di NO e NO_2 danno origine alla formazione di ozono se favorite dall'azione della luce solare e dalle emissioni di idrocarburi.



5. Il costante aumento del protossido di azoto (gas esilarante) in atmosfera è la principale conseguenza della fertilizzazione con prodotti azotati. Grafico: Elmar Uherek

L'influenza antropogenica

Ossidi di azoto e smog fotochimico

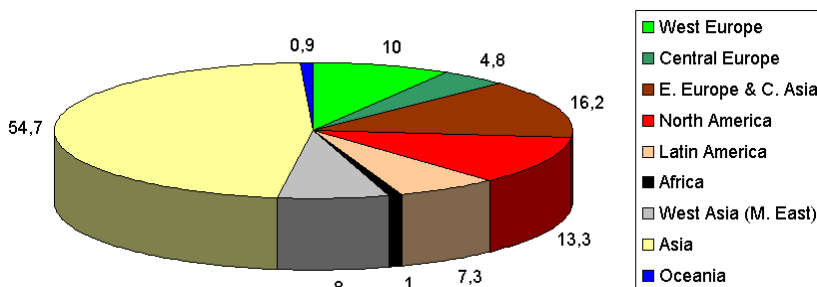
Oltre alle fonti naturali, l'uomo è il principale responsabile delle emissioni di NO /

NO_2 derivanti da processi di combustione, tra i quali la combustione dei motori delle auto svolge un ruolo di primaria importanza. Se le concentrazioni medie contenute nell'aria raggiungono livelli troppo elevati, in presenza di particolari condizioni, può verificarsi la formazione di smog da ozono. Inoltre, in atmosfera gli ossidi di azoto possono essere convertiti in acido nitrico che contribuisce alla formazione delle piogge acide con le note

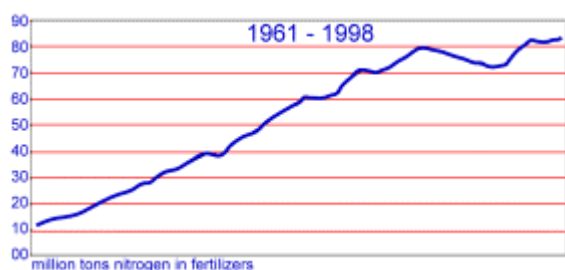
Fertilizzazione ed eutrofizzazione

Per migliorare la crescita dei raccolti, i coltivatori fanno ricorso all'uso di fertilizzanti contenenti azoto. Questa operazione potrebbe essere definita una fissazione tecnica dell'azoto basata, ad esempio, sulla sintesi dell'ammoniaca nel processo Haber-Bosch.

conseguenze negative.



6. mondiale di ammoniaca in base alle diverse regioni del mondo nell'anno 2004 in seguito alla fertilizzazione e ad altre applicazioni industriali. I dati sono tratti dalle statistics pages of the International Fertilizer Industry Association IFA



7. La produzione di fertilizzanti contenenti azoto ha fatto registrare negli ultimi decenni una crescita costante. Grafico IFA

L'uso eccessivo di fertilizzanti nei terreni unitamente ad un mancato assorbimento da parte delle piante provoca un duplice impatto negativo sull'ambiente. L'ammoniaca e il nitrato vengono completamente dilavati dalle piogge raggiungendo i corsi d'acqua e le aree costiere dove causano una drastica proliferazione di alghe e piante (fitoplancton). Se il contenuto di ossigeno si riduce eccessivamente in seguito alla decomposizione delle piante morte, tale fenomeno può inoltre comportare l'estinzione delle diverse forme di vita presenti nell'habitat acquatico. Questo fenomeno è noto con il nome di eutrofizzazione.

Si è assistito, inoltre, ad un incremento della denitrificazione e ad una crescita della produzione di protossido di azoto NO_2 che è un potente gas serra. Inoltre, il protossido di azoto che raggiunge la stratosfera viene convertito in altri ossidi di azoto favorendo la distruzione dello strato dell'ozono.

Autore:
Elmar Uherek - Istituto di Chimica Max Planck, Mainz