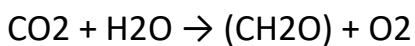


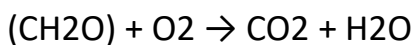
Nel sistema terrestre i nutrienti essenziali per la vita vengono continuamente rimessi in circolo da micro e macrorganismi per poter essere utilizzati da tutti gli esseri viventi; sono però i microbi che svolgono le principali attività di ricircolo e che dunque dominano i cicli biogeochimici. In questo articolo, esamineremo i cicli biogeochimici di tre elementi essenziali nelle macromolecole biologiche, ovvero il **carbonio**, l'**azoto** e lo **zolfo**.

Ciclo del carbonio

Il carbonio è uno di quegli elementi che circola attraverso tutti i suoi principali serbatoi presenti sulla Terra (atmosfera, terraferma, oceani, acque dolci, rocce e biomasse) sotto forma di anidride carbonica. Il mezzo più rapido di trasferimento del C è sicuramente l'atmosfera: esso viene rimosso attraverso la fotosintesi delle piante terrestri e dei microrganismi marini e viene reintrodotta grazie ai processi di respirazione degli esseri viventi e grazie ai meccanismi di degradazione di materia organica morta da parte dei microbi. Il ciclo di ossidoriduzione del carbonio inizia con la fissazione fotosintetica della CO₂, mediata dalla luce:



dove CH₂O rappresenta la materia organica al livello di ossidazione del materiale della cellula. Ovviamente l'equazione inversa di quella della fotosintesi ossigenica (effettuata in presenza di ossigeno) rappresenta l'equazione della respirazione:



Affinchè i composti organici si accumulino è necessario che la velocità della **fotosintesi** sia maggiore rispetto a quella della respirazione; in questo modo gli autotrofi producono nuova biomassa dalla CO₂, utilizzabile dagli eterotrofi per ottenere il carbonio di cui necessitano. Ora, i composti organici sono degradati o a CO₂, come abbiamo visto dalla reazione di respirazione, o a CH₄, mediante il processo di **metanogenesi** effettuato dai batteri *metanogeni* in ambiente anossico. Il metano è insolubile e diffonde negli ambienti ossici, dove viene rilasciato oppure ossidato in CO₂ dai batteri *metanotrofi*.

E' importante tener presente che non tutto il CH₄ formato dai metanogeni entra in atmosfera; la maggior parte di esso è intrappolato nel suolo come **idrato di metano** (ovvero metano congelato), soprattutto quando vi sono ingenti quantità di CH₄ in ambienti caratterizzati da elevate pressioni e temperature (un esempio è il sottosuolo del permafrost nell'Artico). Questi idrati hanno un comportamento molto dinamico, in quanto assorbono e rilasciano CH₄ in relazione ai cambiamenti di

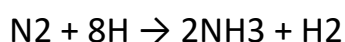
pressione e temperatura a cui sono sottoposti, alimentando in questo modo particolari ecosistemi abissali, chiamati *sorgenti fredde*.

Il fatto che essi siano particolarmente suscettibili a cambiamenti di temperatura allarma i climatologi, sempre più preoccupati che il riscaldamento globale possa provocare un rilascio di metano catastrofico che provocherebbe una rapida alterazione del clima della Terra, essendo questo un gas serra con una capacità di intrappolare calore circa venti volte superiore a quella della CO₂.

Ciclo dell'azoto

L'azoto è presente sulla Terra in diversi stati di ossidazione, ottenibili attraverso quattro trasformazioni ad oggi conosciute: la [fissazione dell'azoto](#) molecolare N₂, la denitrificazione, l'ammonificazione e la nitrificazione.

L'azoto molecolare N₂ è la forma più stabile di azoto e la forma in cui questo è presente maggiormente nella nostra atmosfera. Tuttavia solo alcuni batteri (*batteri azoto-fissatori*) sono in grado di utilizzarlo e trasformarlo in composto organico attraverso il processo di **fissazione dell'azoto**, che prevede la seguente reazione:



Dall'altra parte, esiste una reazione inversa che porta alla formazione di N₂ e N₂O a partire da NO₃⁻ ed è chiamato **denitrificazione**: questa trasformazione ha sia dei risvolti negativi (può ridurre l'azoto fissato nel terreno e portare alla formazione di ossidi di azoto che in atmosfera si comportano da gas serra) sia dei risvolti positivi come nei trattamenti di depurazione delle acque reflue.

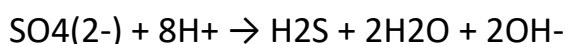
Il terzo processo che interessa il ciclo dell'azoto è l'**ammonificazione** che consiste nella liberazione di ammoniaca durante il processo di degradazione di composti organici azotati, come i nucleotidi e gli amminoacidi. La produzione di NH₃ può avvenire anche attraverso una reazione in ambiente anaerobico che prevede la riduzione di NO₃⁻ a NH₃ chiamata **riduzione dissimilativa del nitrato ad ammoniaca (DRNA)**.

La quarta trasformazione è la **nitrificazione**, ovvero l'ossidazione di NH₃ a NO₃⁻. Questo processo, che avviene in condizioni aerobiche da parte di specie batteriche appartenenti sia ai *Bacteria* che agli *Archea*, è costituito da due fasi: prima si ha l'ossidazione dell'ammoniaca in NO₂⁻ e poi si ha l'ossidazione di quest'ultimo in NO₃⁻. La nitrificazione può avvenire anche in condizioni anaerobiche per mezzo del batterio *Brocadia*, mediante un processo definito **anammox**, durante il quale l'ammoniaca è ossidata usando come accettore di elettroni NO₂⁻ e il prodotto finale è N₂ che viene liberato in atmosfera.

Ciclo dello zolfo

Il ciclo dello zolfo è forse uno dei più complessi perchè prevede parecchi stati di ossidazione dell'elemento e perchè molte reazioni che lo riguardano possono avvenire spontaneamente senza l'intervento di componente biotica. Nonostante ciò, gli stati di ossidazione più significativi in natura sono tre: -2 (sulfidrilica e solfuro); 0 (zolfo elementare) e +6 (solfato).

Una delle reazioni più comuni è la riduzione (in ambiente anaerobico) del solfato, SO_4^{2-} , a solfuro di idrogeno, H_2S , uno dei principali composti gassosi dello zolfo, ad opera dei *batteri solfato-riduttori*:



Invece, in condizioni aerobiche, il solfuro di idrogeno ossida a solfato spontaneamente o per mezzo di *solfo-batteri chemiolitotrofi*. Tuttavia, a causa della rapidità della reazione spontanea, di fatto l'ossidazione microbica è significativa solo nell'interfaccia tra ambienti aerobici e anaerobici, da cui risale il solfuro di idrogeno. Anche lo zolfo elementare, pur essendo molto stabile, può essere ossidato da solfo-batteri chemiolitotrofi ad acido fosforico, causando una drastica diminuzione del pH dell'ambiente. In campo agrario, ad esempio, questa particolare reazione viene sfruttata per riequilibrare il pH troppo alcalino di determinati suoli: viene aggiunto zolfo allo stato elementare che viene naturalmente ossidato ad acido fosforico dai solfo-batteri chemiolitotrofi ubiquitari nel terreno.

Oltre alle forme inorganiche di zolfo appena esaminate, in natura sono presenti forme organiche, come il **dimetil solfuro**, presente negli ambienti come prodotto volatile di degradazione del dimetilsulfoniopropionato. Il dimetil solfuro rilasciato in atmosfera (ambiente aerobico) subisce delle reazioni fotochimiche che portano alla formazione di metansulfonato; in ambiente anaerobico invece può essere trasformato in tre modi: mediante metanogenesi, con formazione di metano e solfuro di idrogeno; come donatore di elettroni per la fissazione fotosintetica di anidride carbonica da batteri fototrofi anossigenici rossi, producendo **dimetilsulfossido** (DMSO); come accettore di elettroni nel metabolismo di alcuni batteri chemiolitotrofi sempre con produzione di DMSO. Questo prodotto può essere utilizzato come accettore finale di elettroni nella respirazione anaerobica producendo nuovamente dimetilsolfuro.

Conclusioni

Descrivendo brevemente i cicli biogeochimici degli elementi più essenziali sul nostro pianeta, si evince un aspetto fondamentale: tutte le reazioni di un elemento sono

imprescindibilmente legate anche alla reazione di altri e avere la consapevolezza di come i vari cicli dei nutrienti si interconnettono tra di loro è estremamente importante. Possiamo dire che tutti i cicli dei nutrienti che vengono esaminati singolarmente sono in realtà **cicli accoppiati** per cui i cambiamenti di uno influiscono sul funzionamento degli altri.

Attenzione: I nostri PDF a volte non contengono tutto il materiale presente nell'articolo originale o potrebbero non essere aggiornati.

Articolo completo: <https://www.biopills.net/articoli/ripassiamo-aiuto-studio/ecologia/cicli-biogeochimici-carbonio-azoto-e-zolfo/>

© BioPills. All Rights Reserved