L'AZOTO

di Fausto Nasi
dottore agronomo libero professionista - Brescia

L'azoto in natura e suo comportamento nel suolo

Le piante superiori assimilano le forme inorganiche dell'azoto, soprattutto nitrico e ammoniacale; queste forme rappresentano però una piccola parte dell'azoto, se si confrontano con la quantità totale presente sulla terra. Ma il vero serbatoio naturale dell'azoto è l'atmosfera: l'aria, infatti, contiene circa l'80% di N in forma elementare. Solo pochi microrganismi, però, sono capaci di assimilare l'azoto molecolare, di "organicarlo" e di cederlo alle piante.

L'azoto, in natura, può essere soggetto ai seguenti processi:

A. *fissazione*: la *fissazione biologica* è l'incorporazione dell'N gassoso dell'aria in composti organici dovuto a microrganismi liberi (es. *Azotobacter*, *Beijerinckia*, *Clostridium*, ecc.) o che vivono in simbiosi con le leguminose (es. *Rhizobium*, **Fig. 1**), sulle quali formano i tubercoli radicali. Il loro grande rendimento nella fissazione dell'N è confermato dal fatto che in alcune colture, quali il trifoglio e la medica, essi riescono a fissare da 200 a 400 kg/ha/anno di N. La *fissazione non biologica* consiste nella trasformazione dell'N elementare in nitrato nell'atmosfera ad opera dei fulmini, dei raggi UV e delle radiazioni cosmiche. Azoto ammoniacale, anche se in quantità molto basse, può formarsi anche per eruzioni vulcaniche, incendi boschivi e per il cattivo funzionamento di impianti industriali;

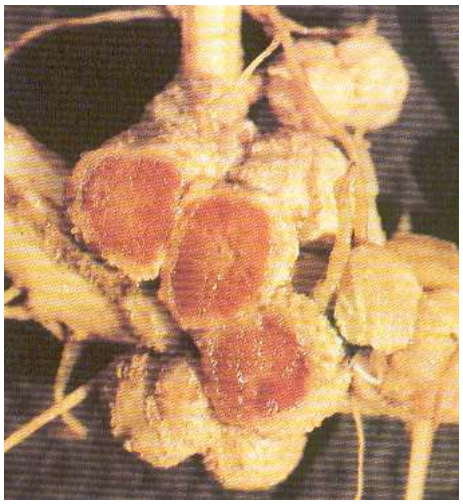

Fig. 1 - Noduli di *Rhizobium japonicum* su soia perfettamente attivi come dimostrato dal color rosso vivo.

B. *nitrificazione*: è la fase finale della trasformazione dell'azoto ammoniacale in azoto nitrico, prontamente assimilabile dalle piante. È un processo nel quale l'ammoniaca viene trasformata in acido nitrico. L'acido nitrico, poi, combinandosi con le basi di Ca, K, Mg, ecc., forma i nitrati. I microrganismi di cui sopra sono aerobi obbligati, e quindi richiedono una sufficiente aerazione (optimum 35% di ossigeno), un'umidità pari al 15-20% del peso del terreno, una temperatura di almeno 10 °C, con valori ottimali di 25-27 °C, e una reazione leggermente alcalina (pH 8-8,5);

C. *denitrificazione*: è la riduzione dell'N nitrico ad N elementare che, in condizioni sfavorevoli di terreno, può disperdersi nell'aria e andare perduto ai fini nutritivi delle piante. Tale processo, che si verifica nei terreni umidi, acidi, compatti, ricchi di sostanza organica assimilabile, asfittici, avviene ad opera dei batteri anaerobi (es. *Bacillus denitrificans*);

D. *ammonizzazione*: consiste nella decomposizione e mineralizzazione della sostanza organica con produzione finale di ammoniaca. Riguarda le proteine e i composti simili, ed è causato, in genere, da batteri, attinomiceti e funghi che via via si sostituiscono fino alla mineralizzazione completa. L'energia prodotta nella prima reazione è usata dai microrganismi per la sintesi delle proprie proteine. Nei terreni acidi tale fenomeno è dovuto solo a basidiomiceti per l'assenza, in tale ambiente, di batteri e di attinomiceti.

Un processo altamente negativo cui l'N va incontro nel terreno è il *dilavamento*. Lo ione nitrico, sia esso derivato dal processo di nitrificazione che apportato come tale con la concimazione, persiste nel terreno per breve tempo; infatti, oltre ad essere assorbito dalle piante, è soggetto a forti perdite per dilavamento. Ciò è dovuto alla mancanza di scambiatori di anioni, almeno negli intervalli di pH più comuni, e al fatto che la maggior parte dei nitrati è formata da sali molto solubili. Analizzando, infatti, un'acqua di percolazione, si riscontra che l'N in essa contenuto è per oltre il 99% in forma nitrica, per meno dell'1% in forma ammoniacale e solo tracce in forma nitrosa. Il dilavamento è condizionato, poi, dalla struttura del terreno, dalla tessitura, dal volume di acqua drenata e dalla presenza o meno di una copertura vegetale.

Nei terreni molto umidi si ha una continua trasformazione dell'N organico in NH_3 per la decomposizione microbica dei residui vegetali, dei microrganismi morti e dei concimi organici, mentre nei terreni acidi e poco aerati, come in quelli organici o nelle risaie, può aumentare l'NH_3, o meglio lo ione NH_4^+, al contrario di quanto avviene nei terreni calcarei o alcalini dove si hanno perdite molto elevate per volatilizzazione di NH_3. Nei nostri climi la formazione di nitrati è massima in primavera e in autunno, mentre rallenta o ha addirittura una stasi d'estate e d'inverno. L'attività dei microrganismi produttori di nitrati è limitata da alte concentrazioni di NH_3, che possono derivare da abbondanti concimazioni con liquami. Mentre gli ioni NO_3^- sono molto mobili nel terreno, gli ioni NH_4^+ sono adsorbiti dai colloidi elettronegativi, e quindi protetti dal dilavamento. In terreni molto ricchi di certi tipi di argilla, lo ione NH_4^+ può essere legato molto saldamente, tanto da non essere più assimilabile dalle piante.

Tra i modi di acquisizione dell'N da parte del terreno ricordiamo le precipitazioni atmosferiche, i microrganismi bioriduttori, le concimazioni azotate e i residui delle leguminose, la cui degradazione determina la restituzione al terreno dell'N atmosferico fissato dai microrganismi che vivono in simbiosi sulle loro radici. Al contrario, le perdite avvengono per dilavamento dell'N nitrico operato dalle acque di percolazione, volatilizzazione dell'NH_3, denitrificazione e asportazione da parte delle piante coltivate e delle infestanti (**Fig. 2**).

Assorbimento da parte della pianta, sue funzioni e fenomeni di carenze e di eccesso

Le piante assorbono l'azoto sia sotto forma di ioni NO_3^- che NH_4^+; lo ione NO_3^- è quello più facilmente assorbito dalla pianta poiché non è trattenuto dai colloidi, a differenza dello ione NH_4^+. Molto ridotto è l'assorbimento dell'N sotto forma nitrosa od organica, cioè di molecole di piccole dimensioni quali l'urea, l'acido aspartico, l'acido glutammico, ecc. Lo ione NO_3^- può essere assorbito in due modi ben distinti, e cioè:

a. *penetrazione passiva*, quando la concentrazione della soluzione circolante del terreno supera la concentrazione dello spazio libero della radice, ed è un processo reversibile;

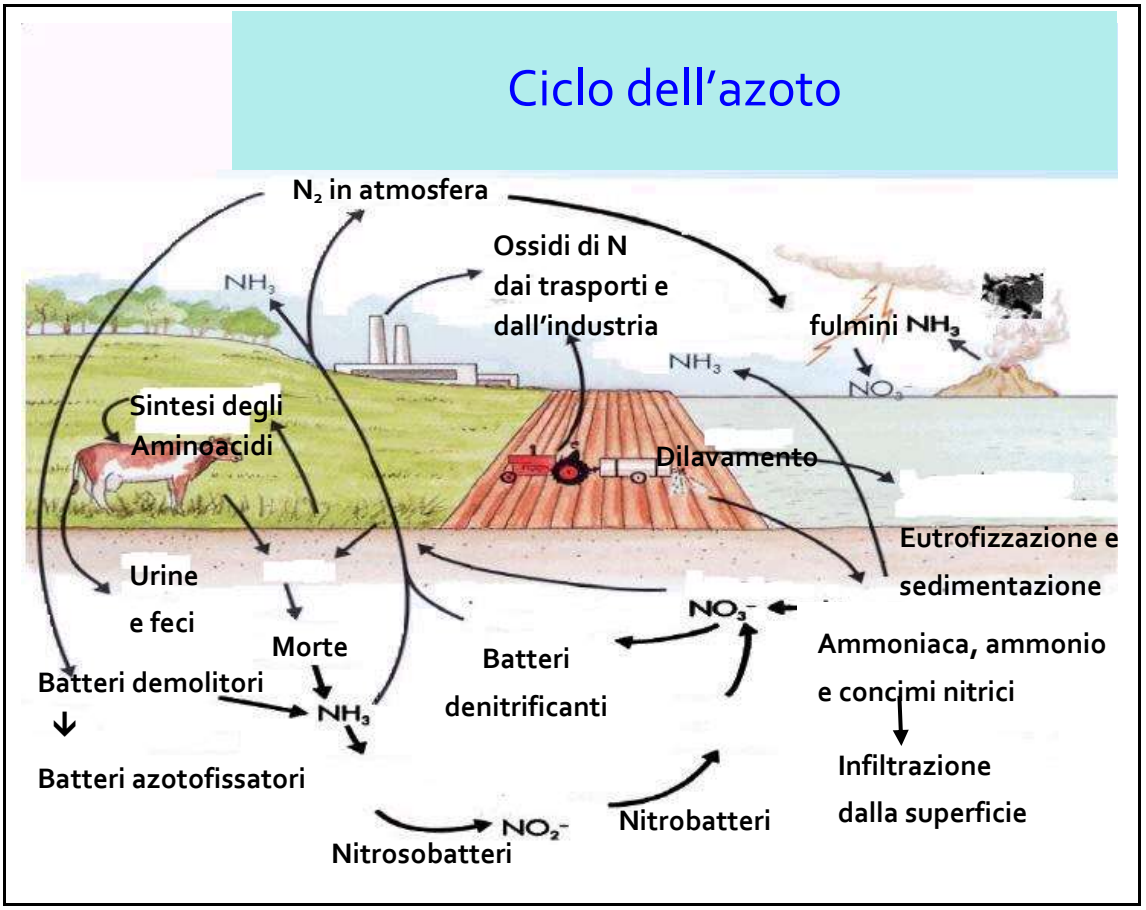

Fig. 2 – Ciclo dell'azoto.

b. *penetrazione attiva*, quando la concentrazione delle cellule delle radici è superiore a quella esterna e quindi è indispensabile un trasportatore specifico (proteine) che consuma energia fornita dalla respirazione. È favorita dalla presenza di ossigeno, di luce, di temperature piuttosto elevate, di ioni K^+ e di un pH acido; è invece inibita da basse temperature e da elevate concentrazioni di ioni NH_4^+

Dal punto di vista metabolico, la forma ammoniacale è la più conveniente poiché quella nitrica, per poter essere usata, deve essere trasformata in forma ammoniacale.

L'N, una volta assorbito dalla pianta, oltre ad una funzione plastica (come costituente degli aminoacidi e quindi delle proteine) ne possiede anche una dinamica poiché determina il grado di assorbimento degli altri elementi nutritivi, in particolare del P; l'N, inoltre, stimola la moltiplicazione cellulare e la fotosintesi clorofilliana e quindi favorisce l'allungamento del fusto e dei germogli. La presenza di azoto in eccesso può essere diagnosticata empiricamente mediante una colorazione scura del terreno, dovuta alla presenza di humus, la presenza di flora ammoniacale (es. ortiche e chenopodiacee) e la predominanza nei prati delle graminacee sulle leguminose.

Un eccesso di N nel terreno, in generale, induce un prolungamento del ciclo vegetativo che ostacola, nelle piante arbustive ed arboree, il processo di lignificazione rendendole più sensibili agli agenti parassitari e meteorici, un ritardo nella maturazione dei frutti, un lussureggiamento vegetativo che si manifesta con foglie più grandi e di colore verde carico e uno sviluppo sproporzionato tra apparato

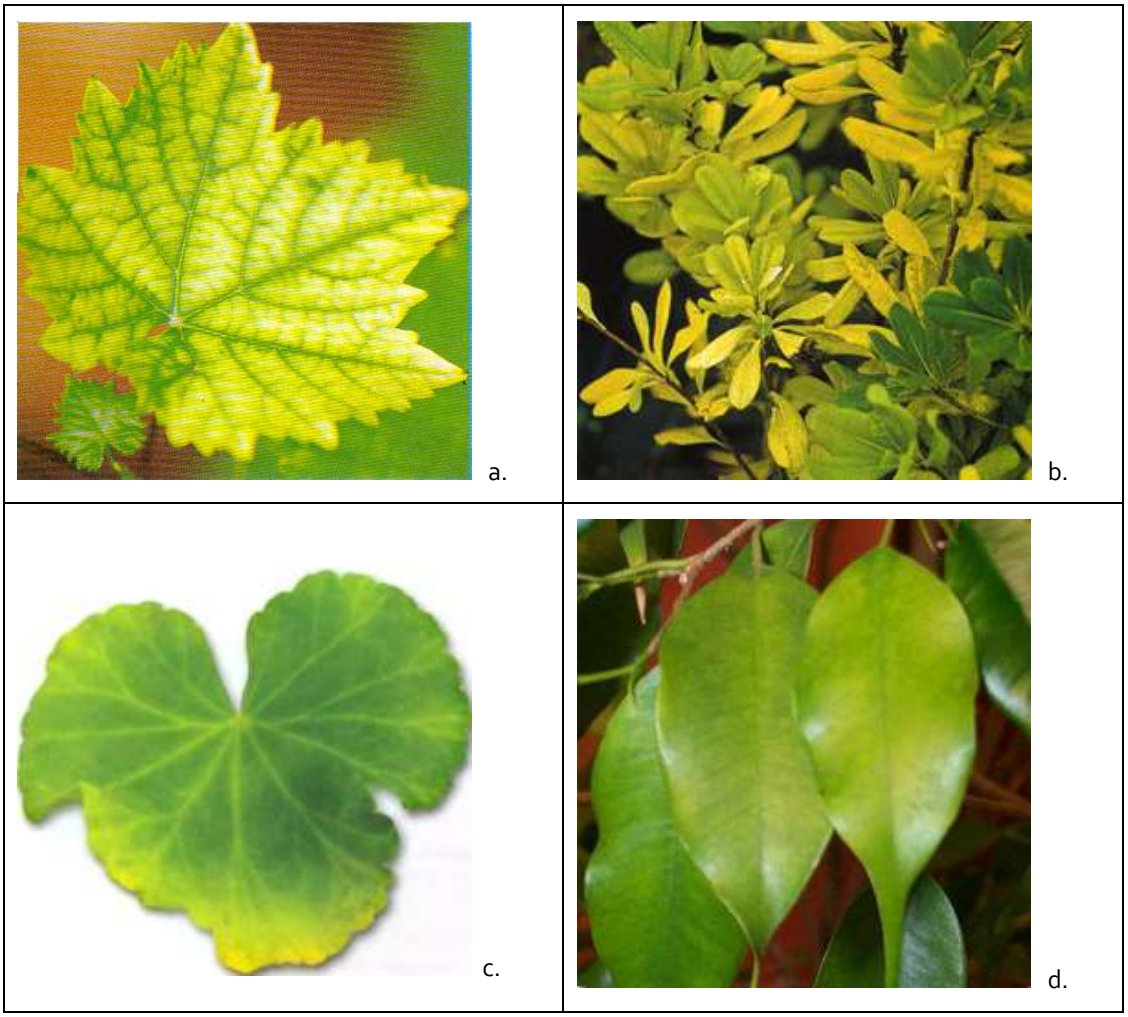

Fig. 3 - Sintomi di carenza di azoto: a) su foglia di vite; b) su pittosporo; c) su geranio; d) su *Ficus benjamina*.

epigeo e ipogeo. In particolare, nelle piante erbacee induce una maggior facilità all'allettamento e un accumulo di nitrati che, specie nei cereali da insilare, può causare gravi disturbi nel bestiame, mentre nelle piante arboree provoca un affastellamento delle foglie in prossimità dei frutti che origina un microclima favorevole allo sviluppo di parassiti, un rigonfiamento della polpa dei frutti, che causa un peggioramento della qualità e una minor serbevolezza per quelli che devono essere conservati, e una maggior probabilità che si verifichi l'alternanza di produzione.

Al contrario, sono in genere sintomi di carenza di azoto una colorazione gialliccio-biancastra del terreno, una scarsa presenza delle graminacee nei prati, una clorosi più o meno evidente (**Fig. 3**) che inizia dalle foglie più vecchie le quali, in caso di carenza grave, necrotizzano e cadono precocemente, una crescita lenta e stentata e un raccorciamento del ciclo vegetativo. In particolare, nelle piante erbacee si ha un limitato accestimento nei cereali o nelle altre graminacee prative e la presenza di spighe corte, poco serrate e con poche cariossidi nei cereali, mentre nelle piante arboree si ha la caduta precoce dei frutti dovuta ad una limitata sintesi e traslocazione degli ormoni vegetali ed in particolare delle citochinine.