

L'importanza dell'azoto nel terreno: forme e trasformazioni di un prezioso elemento

Michele Sabattini

Nella moderna agronomia, l'azoto è indubbiamente uno dei macroelementi di maggior rilevanza, se consideriamo il ruolo determinante che esso ricopre nella nutrizione vegetale e la estrema complessità dei meccanismi di accumulo nei suoli e di assimilazione da parte delle colture.

Un corretto approccio alla gestione agronomica di questo elemento chimico deve sicuramente tener conto di una particolarità peculiare dell'azoto: a differenza degli altri macroelementi fondamentali per la fertilità del suolo, esso è coinvolto in una miriade di trasformazioni, cambiamenti di forma chimica, interazioni chimico-fisiche con l'ambiente, caratterizzati da una elevata complessità dei meccanismi.

Questi possono essere schematicamente sintetizzati dalla Figura 1 (il ciclo dell'azoto).

L'individuazione dei dosaggi ideali di fertilizzante da apportare in fase di concimazione, è desumibile principalmente **da una accurata analisi chimica del terreno**, strumento di fondamentale utilità ai fini di una corretta valutazione agronomica, che deve tener conto dei seguenti aspetti:

- **L'analisi dell'azoto totale** rappresenta l'azoto presente nel suolo prevalentemente sotto forma organica e come tale quindi non direttamente disponibile per le colture. Esso si trova infatti "intrappolato" in strutture chimiche macromolecolari assai stabili, pertanto il suo rilascio è lento e condizionato dai processi degradativi della sostanza organica (stime prudenziali quantificano in 20 – 30 kg/anno/ettaro il rilascio di azoto da parte della componente organica del suolo). La sua determinazione è quindi di scarsa utilità ai fini applicativi.
- **L'analisi dell'azoto nitrico** se da un lato rappresenta la quantità di azoto presente nel suolo come frazione azotata **prontamente disponibile ed assimilabile** per la coltura, dall'altro ne rappresenta altresì la frazione più labile. Il dato d'analisi è pertanto attendibile solo al momento del prelievo, ma non consente di effettuare una stima delle potenzialità del suolo nel medio-lungo periodo, in termini di rifornimento azotato, durante il ciclo della coltura.
- **L'analisi dell'azoto ammoniacale**, forma dilavabile, risulta spesso di scarsa significatività ed attendibilità in quanto legato a fenomeni stagionali (in particolare, temperatura e piovosità) che ne condizionano la dotazione nel suolo.

I criteri generali da seguire per una razionale concimazione azotata possono essere così riassumibili:

- Non distribuire azoto troppo anticipatamente rispetto all'epoca di semina per evitare perdite da dilavamento.
- Preferire la concimazione di copertura per aumentare l'efficienza della concimazione con questo macroelemento.
- In caso di utilizzo di reflui zootecnici è buona norma far seguire l'interramento (es., mediante aratura) degli stessi per evitare perdite per volatilizzazione dell'azoto sotto forma ammoniacale.

Occorre poi considerare attentamente l'aspetto della fitotossicità dell'azoto: distribuirlo localizzato alla semina, per esempio, può compromettere la germinazione dei semi.

Dopo aver raggiunto un'adeguata conoscenza, attraverso l'analisi di laboratorio del terreno, del "grado di fertilità" del suolo, si rende necessario stabilire qual è il fabbisogno in azoto, della coltura che si dovrà concimare, al fine di stabilire le dosi da apportare qualora l'analisi ne evidenzia la necessità. Il calcolo dovrà tener conto delle asportazioni colturali, ovvero le diverse quantità di azoto che ogni tipo di coltura sottrae al suolo, e degli effetti della coltura precedente: alcune colture, in particolare foraggere, possono rilasciare, per la coltura successiva significative dosi di azoto. Un esempio degli apporti è dato in tabella 1.

Precessione colturale	Dose di azoto rilasciato (kg/ha)
Medica (3° anno)	80
Trifolium pratense (2° anno)	40
Prato polifita	30

Tabella 1

Considerando i fattori sopra esposti è quindi possibile fissare un ordine di grandezza per corretti apporti di azoto in funzione della coltura considerata. A questo proposito la tabella 2 riporta i dosaggi di azoto per apporti minimi, massimi e medi.

APPORTI DI AZOTO (kg/ha)

COLTURE	DOSE MINIMA	DOSE MASSIMA	DOSE MEDIA
	<i>Cerealicole</i>		
Frumento	50	180	120
Mais	150	300	250
Orzo	30	100	60
Riso	90	150	120
Sorgo	150	250	200

	<i>Industriali</i>		
Barbabietola	60	120	100
Girasole	60	100	80
Patata	100	180	150
Pomodoro da industria	80	120	100
	<i>Foraggere</i>		
Loiessa	120	180	150
Prato stabile	100	180	150
	<i>Arboree⁽¹⁾</i>		
Kiwi	60	100	80
Melo	0	85	60
Pero	0	85	60
Pesco	50	120	80
Vite	30	80	50

⁽¹⁾ = il dosaggio è in funzione della vigoria dell'impianto; pertanto a vigorie elevate corrispondono i dosaggi più bassi e viceversa.

Tabella 2 - Apporti di azoto in kg/ha per le principali colture espressi come intervalli di dosi minime, massime, e medie

Ciclo dell'azoto e forme chimiche.

La vita dei vegetali e degli animali tende incessantemente a trasformare l'azoto inorganico in azoto proteico.

L'azoto è presente nel terreno essenzialmente sotto forma organica (tra il 95 e il 99 %): per un suolo, la dotazione in azoto assume un valore veramente indicativo solamente se si specificano e si quantificano le frazioni chimiche in cui è suddiviso: **frazione organica solubile** e **frazione minerale solubile** (composta a sua volta dalle sottofrazioni **ammoniacale**, **nitrica** e **nitrosa**, quest'ultima generalmente trascurabile).

Si intende solubile, o più propriamente assimilabile, l'azoto analizzato dopo estrazione dal terreno mediante l'impiego di una soluzione acquosa diluita di cloruro di calcio, come prescritto dalle metodiche analitiche ufficiali attualmente in vigore.

Un altro dato analitico consuetamente utilizzato in chimica agraria è il contenuto di **azoto totale** determinato secondo il metodo classico di Kjeldahl (mineralizzazione del terreno e successiva distillazione d'ammoniaca); la sua valenza agronomica è però da molti considerata discutibile in quanto non fornisce indicazioni quantitative sul tenore in azoto **nitrico** e **nitroso**.

Azoto organico 95 – 99 %	% N totale nello strato arato
Amminoacidi	30 - 45
Amminopolisaccaridi	5 - 10
Acidi nucleici	1 - 2
Forme non identificate	40 - 50

Azoto inorganico 1 – 5 %	% N totale nello strato arato
Ammonio di scambio	< 1
Ammonio fissato	0 - 4
Nitrati	< 1
Nitriti	< 1

tratto da "N.A. Darwich: Manual de fertilidad de suelos; Enichem Agricoltura, 1990".

Le fasi e i processi fondamentali che caratterizzano l'evoluzione dell'azoto del terreno, sintetizzate con il termine di

mineralizzazione, sono le seguenti:

- 1) Azotofissazione atmosferica (produzione di azoto organico a partire da quello atmosferico)
- 2) Ammonizzazione (produzione di azoto ammoniacale)
- 3) Nitrificazione (produzione di azoto nitrico e nitroso)

L'azoto, presente nell'atmosfera in forma molecolare e in grande quantità (costituisce il 78 % dell'aria), arriva al terreno attraverso le varie attività microbiche che in esso si svolgono; deriva in parte dall'azotofissazione atmosferica svolta dai batteri simbiotici di alcune piante, e per la restante parte è di origine animale e vegetale (cioè proviene dai residui animali e vegetali). Si distinguono quindi, tra gli organismi capaci di fissare azoto atmosferico:

- 1) BATTERI, ATTINOMICETI E CIANOFITE
- 2) BATTERI SIMBIOTICI (batteri del genere *Rhizobium* e **leguminose**)

Gli ioni ammonio possono entrare direttamente nella pianta, oppure, attraverso una trasformazione compiuta dai batteri del genere *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*, essere convertiti in nitrato (processo di nitrificazione).

Questi batteri traggono da queste reazioni energia sfruttata per fissare l'anidride carbonica, quindi per i loro processi chemiosintetici.

In condizioni ottimali le quantità di azoto fissato nel terreno dalle leguminose variano da 50 a 200 Kg/ha per anno nei climi temperati, con una media di 80-100 Kg/ha, fino ad alcune centinaia nei climi tropicali. I fabbisogni vengono coperti per l'intero ciclo di coltivazione e rimangono quantità di azoto disponibili per le colture successive.

I rizobi catturano l'azoto presente in atmosfera, fissandolo, per azione di un enzima (*nitrogenasi*), sotto forma di composti che le piante e altri organismi utilizzano per sintetizzare le proteine.

L'azoto, subisce una prima trasformazione in ammoniaca (ammonizzazione) ad opera dei microrganismi preposti e in presenza di livelli accettabili di ossigeno (aerobiosi); in caso di insufficiente ossigenazione del terreno (*anaerobiosi*), i microrganismi producono più ammine.

Concetto fondamentale è che la produzione di ammoniacca e/o ammine, è un processo naturale di escrezione batterica, cioè la massa microbica nella trasformazione delle matrici organiche utilizza l'azoto per la propria riproduzione ed espelle le frazioni azotate in eccesso, producendo quello che può essere definito "rifiuto azotato".

Si parla, quindi, di potere ammonizzante del terreno o potere ammonizzante potenziale, intendendo con questo la frazione di ammoniaca realmente liberata dall'attività microbica. Esso dipende strettamente dalla tipologia di matrice organica nel terreno, utilizzata dai microrganismi e da quanto carbonio è presente. In definitiva una quota di azoto presente nella matrice di partenza viene utilizzata dai microrganismi per la loro riproduzione: tale frazione aumenta con l'aumentare della presenza di carbonio, altro elemento fondamentale per i processi di crescita del tessuto microbico. Tutto ciò determina che fino ad un certo rapporto tra azoto e carbonio, ci sarà produzione di "rifiuto azotato"; quando il carbonio è presente in alte quantità tutto l'azoto presente nella matrice viene utilizzato dalla massa microbica. Un concetto fondamentale per la valutazione agronomica dei terreni e delle matrici organiche è, pertanto, il **rapporto C/N**.

L'azoto sotto forma ammoniacale prodotto da questa prima fase dell'attività microbica, può percorrere diverse strade evolutive:

- **Immobilizzazione** sotto forma organica nel terreno da parte della stessa microflora, che la può utilizzare per altri processi.
- **Immobilizzazione** in forma stabile da parte della frazione organica del terreno, attraverso la formazione di complessi formati da materiali argillosi, sostanze fenoliche, sostanze umiche, lignine ecc. (processo di *umificazione*). Tale meccanismo evolutivo è straordinariamente importante per la conservazione dell'azoto organico ed è alla base del concetto di fertilità di un suolo che è in grado di rilasciare progressivamente frazioni azotate. L'humus è infatti un "magazzino d'azoto" a lenta cessione.
- **Volatilizzazione**, processo a cui l'ammoniaca è sempre particolarmente sensibile in ambiente alcalino (tipico di molti terreni).
- **Nitrificazione**, cioè trasformazione in nitrati (forma d'azoto direttamente assimilabile dalle piante in tempi brevi) da parte dei batteri nitrificanti; esso è, da un punto di vista chimico, un processo di ossidazione: nei terreni asfittici, troppo umidi, la nitrificazione è scarsa o addirittura assente, in quanto poveri di ossigeno.

Altri parametri che ostacolano la nitrificazione sono:

pH) A pH acido, l'attività dei batteri nitrificanti è quasi inesistente, quindi l'azoto del terreno si trova quasi completamente sotto forma ammoniacale. In questo caso l'intervento di correzione dell'acidità diventa fondamentale.

Temperatura) Temperature del terreno troppo basse possono ostacolare o bloccare l'attività microbica; non è comunque facile dare delle soglie ottimali di temperatura che possano essere valide in termini assoluti, questo anche perché numerose ricerche hanno permesso di evidenziare come i batteri nitrifican-

ti e in generale l'intera popolazione microbica, manifesti buoni livelli di adattabilità alle specifiche condizioni ambientali di un determinato ambiente. Possiamo dire che mediamente, una temperatura del terreno di 4-5° C può essere considerata la soglia minima. Diciamo che la mineralizzazione della sostanza organica può essere considerato come processo attivo in maniera significativa dai 10°C e che la temperatura minima precedente sia lo zero biologico. Per le temperature ottimali possiamo indicare una fascia che va dai 20 ai 25°C, ma esiste una buona attività microbica anche a temperature più alte (35%). Ovviamente l'influenza della temperatura sull'attività microbica è anche molto condizionata dall'umidità (in terreni troppo siccitosi, si ha un evidente calo dell'attività batterica).

Tecniche di coltivazione) La mineralizzazione, con particolare riferimento alla nitrificazione è anche molto influenzata dal tipo di gestione del terreno agricolo: lavorazioni, successioni colturali, interventi meccanici. Ricordiamo che le lavorazioni apportano ossigeno al terreno e che i processi di cui ci stiamo occupando sono di tipo ossidativo. Per contro, un eccessivo e frequente rimaneggiamento del terreno provoca un aumento del processo di mineralizzazione con alti rischi di perdita di azoto per percolazione.

A conclusione di questa breve descrizione delle fasi caratterizzanti il ciclo dell'azoto nel terreno, dobbiamo fare un accenno ad un altro processo che avviene a carico dell'azoto del terreno, un processo che dobbiamo definire negativo: **la denitrificazione**.

Che cos'è la denitrificazione? E' quel processo di riduzione attraverso cui, in condizioni anaerobiche, i nitrati vengono utilizzati dai microrganismi del terreno al posto dell'ossigeno, nei meccanismi respiratori; tale processo porta alla formazione di azoto elementare ed ossido nitroso, due forme azotate fortemente volatili. In questo modo, viene liberato azoto molecolare che rientra nell'atmosfera, permettendo così' al ciclo di continuare.

In sintesi, il ciclo dell'azoto può essere schematizzato in figura 1.



Figura 1