

IL SERVIZIO ECOSISTEMICO DELLA FLORA RIPARIALE

LE FASCE DI VEGETAZIONE CHE CRESCONO ALL'INTERFACCIA TRA LE AREE AGRICOLE E I CORPI D'ACQUA CONTRIBUISCONO AD ABBATTERE L'AZOTO FORNENDO UN FONDAMENTALE SERVIZIO ECOSISTEMICO. LA GESTIONE DI QUESTE FASCE "TAMPONE" RICHIEDE CONOSCENZE E PRATICHE SPECIFICHE PER MITIGARE IN MODO EFFICACE L'INQUINAMENTO DA NITRATI.

L'abbattimento dell'azoto da parte della flora ripariale è uno dei servizi ecosistemici associati alle fasce vegetate poste all'interfaccia tra i sistemi agricoli e i corpi d'acqua superficiali. Il ripristino di tali fasce tampone, ove mancanti, è uno dei temi più nominati tra gli interventi di mitigazione dei carichi di nitrati in ingegneria naturalistica e agricoltura sostenibile. Tuttavia, non esiste un manuale per il dimensionamento di tali interventi le cui linee guida di solito non vanno oltre alla seguente affermazione di buon senso: "la vegetazione favorisce la rimozione dell'azoto". D'altro canto, per far realmente entrare nella pratica questi interventi, è fondamentale differenziare i casi di impiego e associare a ciascuna tipologia di essenze vegetali un intervallo di valori di rimozione di azoto misurato sperimentalmente. Ciò è fondamentale, non solo per una più efficace applicazione della tecnica, ma anche per sfatare alcuni assunti del tutto sbagliati, ma ancora radicati tra gli stessi tecnici che si occupano di questi argomenti. Uno di questi è che la rimozione dell'azoto dipenda principalmente dalla assimilazione nei tessuti delle piante riparie.

L'analogia culturale con l'agronomia è evidente e compensa la mancanza di

conoscenza relativa a un sistema molto differente, l'*interfaccia tra la terra e l'acqua*, tra le condizioni di insaturazione e di saturazione idrica, dove le relazioni tra i meccanismi microbici sono sostanzialmente differenti.

Ciò fa sì che l'organizzazione dell'azoto nei tessuti vegetali da parte della vegetazione riparia e acquatica sia una frazione piccola, se comparata alla quantità complessivamente rimossa a opera del consorzio microbico associato alla vegetazione stessa.

Numerosi sono i processi microbici di trasformazione e stoccaggio temporaneo dell'azoto. Tra questi il più importante è la *denitrificazione* che ha come prodotto terminale l'azoto molecolare gassoso che, passando in modo irreversibile all'atmosfera, rappresenta una diminuzione netta del carico interno (Racchetti et al., 2011).

La denitrificazione è una *respirazione batterica anaerobica*, attuata da numerosi gruppi di batteri, sia aerobi-anaerobi facoltativi che anaerobi obbligati.

Il processo necessita di due substrati: il *carbonio di molecole organiche biodegradabili*, che è ossidato a CO_2 , e l'*azoto dello ione nitrato* che, come l'ossigeno nella respirazione aerobica, nel fungere da ossidante del carbonio, è ridotto ad azoto molecolare (N_2) (Castaldelli et al., 2013).

In particolari condizioni, per buona parte riconducibili alla carenza di sostanza organica, la riduzione dell'azoto dello ione nitrato può essere parziale, e fermarsi a protossido di azoto (N_2O). Anche in questo caso il processo porta a una perdita netta di azoto da parte del sistema acquatico e quindi una autodepurazione dell'eccesso di azoto ma, a differenza dell' N_2 , il protossido di azoto è pericoloso in atmosfera, in quanto ha un elevatissimo effetto come gas serra, superiore più di 300 volte a quello della anidride carbonica.

Come il sedimento influenza la denitrificazione

Il modo in cui le piante delle fasce riparie facilitano la denitrificazione non è stato chiarito del tutto, ma i risultati di recenti studi sperimentali provano il coinvolgimento di molteplici meccanismi (Pierobon et al., 2013). Centrale nel determinare l'efficienza di rimozione dell'azoto da parte delle fasce riparie è il tipo di sedimento e le sue condizioni di saturazione. In *sedimenti limosi e limo-argillosi saturi*, poca sostanza organica è sufficiente per determinare la rapida deossigenazione e il cambiamento del metabolismo batterico da aerobico ad



anaerobico, con conseguente attivazione della denitrificazione.

In questi sedimenti e condizioni, la vegetazione sia riparia che acquatica innesca una serie di fenomeni tali da aumentare ulteriormente la rimozione dell'azoto attraverso la denitrificazione.

La produzione di *essudati radicali* aumenta la disponibilità di substrati organici biodegradabili.

La presenza fisica delle piante acquatiche determina localmente una riduzione della corrente, favorisce la sedimentazione e la formazione di un substrato organico elettivo per processi di riduzione dell'azoto (Soana et al., 2012).

Le parti sommerse della vegetazione sono rapidamente colonizzate da *epifiti* e *biofilm microbici* che si trovano a operare su superfici enormi, in condizioni di costante rinnovo dell'acqua; in questo modo sono massimizzate le cinetiche e l'efficienza dei processi.

La *cavitazione* di fusti e radici permette il trasferimento di ingenti quantità di ossigeno dalle foglie ai peli radicali a da lì al sedimento, dove l'ossigeno è liberato per il mantenimento di una *guaina ossica* attorno ai tessuti (Soana e Bartoli, 2013). Tale adattamento fisiologico, comune a tutte le piante acquatiche o di suoli semi-saturi, ricchi di sostanza organica e tendenzialmente asfittici, è utilizzato dalle piante per ossidare i composti tossici ridotti, come l'acido solfidrico e i solfuri, e operare la detossificazione dell'interfaccia tra i tessuti vegetali e il mezzo sedimentario. Allo stesso tempo, la *guaina ossica* così mantenuta attorno ai peli radicali favorisce l'instaurarsi di una

ricca comunità di *batteri nitrificanti* che utilizzano parte dell'ossigeno rilasciato per l'ossidazione dell'ammonio a nitrato (Soana et al., 2014).

Il nitrato così prodotto, diffondendo dall'interfaccia ossica al sedimento circostante, completamente anossico, è immediatamente denitrificato ad azoto molecolare che esce dal sistema in forma gassosa. Tale meccanismo di accoppiamento tra *nitrificazione* e *denitrificazione* in un sedimento nudo ha tassi inferiori di uno/due ordini di grandezza rispetto a quelli misurati in un sedimento colonizzato da piante acquatiche come la *canna palustre* e la *tifa*. I film di detrito, batteri e microalghe che riveste le foglie e i fusti delle piante acquatiche sommerse rappresentano microambienti dove la grande disponibilità di sostanza organica labile, la scarsità di ossigeno e la disponibilità di nitrato che diffonde dall'acqua circostante, determinano condizioni ideali per la denitrificazione e la dissipazione di azoto, soprattutto nelle ore notturne in cui manca l'ossigeno fotosintetico.

L'effetto della vegetazione acquatica come la canna palustre o la tifa

Da quanto sopra riportato si ricava la prima indicazione di tipo gestionale: per la protezione dell'inquinamento da nitrati di origine civile o agricola è molto più efficiente l'effetto della vegetazione acquatica che cresce in alveo o in fascia di sponda, rispetto a quella arbustiva

che può crescere sulla sommità arginale (Pinardi et al., 2009).

Gli interventi di tipo agro-ambientale dovrebbero essere quindi orientati al ripristino del canneto (*Phragmites australis*) e del tifeto (*Typha spp.*) sia sulla riva del canale – in modo da intercettare il flusso sub-superficiale di nitrati, prima dell'entrata nel corso d'acqua – sia sul fondo del canale, dove la presenza della vegetazione promuove la rimozione dei nitrati nell'acqua superficiale. Nell'uno e nell'altro caso, il ripristino della vegetazione in tratti specificatamente individuati, può implicare la necessità di aumentare le sezioni, avendo comunque a mente che la rimozione degli steli avverrebbe comunque alla fine del ciclo vegetativo, in ottobre.

L'individuazione dei tratti dipende dalle caratteristiche del carico azotato (speciazione, entità e andamento temporale delle concentrazioni, entità del BOD ecc.) e da quelle idrauliche del corso d'acqua (profondità, velocità, portata, conformazione dell'alveo bagnato ecc.) e dalla tipologia di piante acquatiche maggiormente presenti. Informazioni di questo tipo sono state pubblicate in studi recenti e rappresentano già una base conoscitiva sufficiente per le applicazioni.

Giuseppe Castaldelli¹, Marco Bartoli²

1. Dipartimento di Scienze della vita e biotecnologie, Università di Ferrara

2. Dipartimento di Bioscienze, Università di Parma



RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Soana, E., Bartoli, M. *Seasonal regulation of nitrification in a rooted macrophyte (Vallisneria spiralis L.) meadow under eutrophic condition*. 2014, Aquatic Ecology, 48 (1), pp. 11-21.

Castaldelli, G., Colombani, N., Vincenzi, F., Mastrocicco, M. *Linking dissolved organic carbon, acetate and denitrification in agricultural soils*. 2013, Environmental Earth Sciences, 68 (4), pp. 939-945.

Pierobon, E., Castaldelli, G., Mantovani, S., Vincenzi, F., Fano, E.A. *Nitrogen Removal in Vegetated and Unvegetated Drainage Ditches Impacted by Diffuse and Point Sources of Pollution*. 2013, Clean Soil, Air, Water, 41 (1), pp. 24-31.

Soana, E., Bartoli, M. *Seasonal variation of radial oxygen loss in Vallisneria spiralis L.: An adaptive response to sediment redox?* 2013, Aquatic Botany, 104, pp. 228-232.

Soana, E., Naldi, M., Bartoli, M. *Effects of increasing organic matter loads on pore water features of vegetated (Vallisneria spiralis L.) and plant-free sediments*. 2012, Ecological Engineering, 47, pp. 141-145.

Racchetti, E., Bartoli, M., Soana, E., Longhi, D., Christian, R.R., Pinardi, M., Viaroli, P. *Influence of hydrological connectivity of riverine wetlands on nitrogen removal via denitrification*. 2011, Biogeochemistry, 103 (1), pp. 335-354.

Pinardi, M., Bartoli, M., Longhi, D., Marzocchi, U., Laini, A., Ribauda, C., Viaroli, P. *Benthic metabolism and denitrification in a river reach: A comparison between vegetated and bare sediments*. 2009, Journal of Limnology, 68 (1), pp. 133-145.