

FITOTECNOLOGIE APPLICABILI ALL'IMMOBILIZZAZIONE DEL MERCURIO NEI SEDIMENTI

INCONTRO SU "La strada del Mercurio", dall'Amiata al mar Tirreno attraverso il bacino del Paglia-Tevere un primo elenco dei rischi possibili e dei danni accertati. Proposte per le soluzioni. Roma, Istituto Santa Maria in Aquiro, 14 giugno 2016

Referenti: Angelo Massacci* e Laura Passatore

Istituto di Biologia Agro-ambientale e Forestale del Consiglio Nazionale delle Ricerche, sede in Porano (TR) via Marconi 2

* per contatti: angelo.massacci@ibaf.cnr.it, 0763 374927

Premessa

Generalmente il fitorimedio agisce sui metalli contenuti nel suolo tramite fitoestrazione, cioè l'estrazione del contaminante da parte di specie vegetali selezionate. L'inquinante viene traslocato e concentrato nelle parti aeree della pianta che vengono poi rimosse a fine processo ed eventualmente utilizzate, se di qualità certificabile, come biomassa per la valorizzazione energetica o destinate a bioraffineria di prodotti per l'industria.

Ad oggi non sono state trovate specie vegetali iperaccumulatrici di mercurio, cioè non si conoscono piante capaci di sottrarre al suolo (o sedimento) importanti quantità di mercurio, concentrandole in fusto e foglie. Diversi studi scientifici si sono orientati alla ingegnerizzazione di piante trasferendo in esse geni specifici per la trasformazione delle forme di mercurio più tossiche e per la cessione del mercurio elementare così formato in atmosfera attraverso gli stomi delle piante. Esperimenti di questo tipo sono stati fatti su piante di piccole dimensioni come la brassicacea *Arabidopsis thaliana* e il tabacco (*Nicotiana tobacum*). Un gruppo di ricerca statunitense ha sviluppato e testato una pianta arborea (*Liriodendron tulipifera*), modificata per la fitoestrazione del mercurio dal suolo; tale pianta si presta bene al fitorimedio perché è una specie rustica e a crescita veloce.

Nonostante i risultati raggiunti dalla ricerca in questo senso, la reale applicazione della fitoestrazione su suoli e sedimenti contaminati da mercurio è ancora considerata con molta cautela sia per il destino del mercurio elementare rilasciato nell'aria attraverso gli stomi che potrebbe ritornare al suolo tramite le precipitazioni, sia per il discusso utilizzo di piante transgeniche.

Se si pensa alle elevatissime concentrazioni di mercurio presenti all'interno dei sedimenti del fiume Paglia, l'idea di una possibile estrazione del metallo si rivela irrealizzabile. Considerando poi gli ingenti volumi dei sedimenti contaminati, anche l'alternativa di una possibile mobilitazione del materiale per un trattamento o una semplice messa in sicurezza ex situ è molto problematica.

La **fitostabilizzazione** si pone invece come unica alternativa, sostenibile sia dal punto di vista ambientale che economico. Si sa che le forme di mercurio non tossiche e meno mobili sono i composti mercurici e mercuriosi, formati rispettivamente da ioni Hg^{2+} e Hg_2^{2+} ; questi si formano in condizioni ossidanti (dove vi è ossigeno). Tali ioni sono soggetti all'adsorbimento

su particelle minerali caricate negativamente come minerali argillosi e materiale organico che tende ad aumentare il pH del suolo e quindi aumenta ulteriormente la stabilità di tali forme. In assenza di ossigeno invece, il mercurio viene trasformato nella forma ionica $[\text{CH}_3\text{Hg}]^+$ (metil-mercurio) ad opera di batteri anaerobi metanogeni. Questa forma è altamente tossica, mobile e soggetta a bioaccumulo e biomagnificazione all'interno degli esseri viventi.

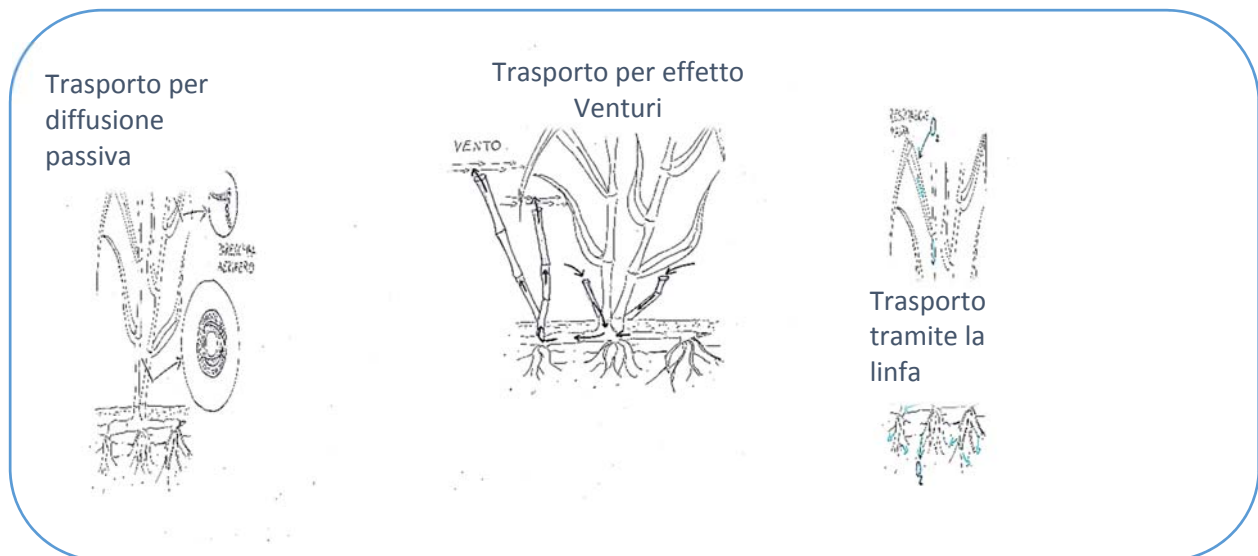


Figura 1. Meccanismi sviluppati da alcune specie di piante per garantire il trasporto dell'ossigeno dall'atmosfera all'area radicale (disegni di Laura Passatore).

Da quanto detto si deduce che, siccome non sarebbe pensabile eliminare il mercurio dai sedimenti, l'obiettivo dell'intervento dovrà piuttosto garantire che il mercurio presente non venga convertito nelle forme tossiche ma rimanga allo stato di mercurio inorganico. Per far questo bisogna incrementare significativamente l'ossigenazione dei sedimenti (generalmente anossici a causa della sommersione e quindi nelle condizioni favorevoli per la produzione del metilmercurio tossico), ricorrendo a piante fortemente ossigenanti cioè capaci di trasferire l'ossigeno dall'atmosfera all'ambiente radicale (rizosfera) elevatissime quantità di ossigeno. La ricerca scientifica ha individuato e sperimentato diverse specie particolarmente appropriate per tali scopi; si tratta di piante adattate a vivere in ambienti sommersi e quindi che hanno sviluppato una serie di meccanismi che gli permettono di supplire alla mancanza di ossigeno tipica dei substrati saturi. Tra queste specie vi sono sia piante arboree come il salice (*Salix* spp.) che piante erbacee come la cannuccia di palude (*Phragmites australis*). Questa pianta è perenne, cresce negli ambienti caldo umidi, trale piante che fioriscono è quella più largamente diffusa, raggiunge un'altezza tra i 2 e i 4 metri e nel periodo dell'emergenza dagli stoloni cresce ad una velocità di 4 cm al giorno. Ha una vasta rete rizomatosa che si estende lateralmente tra 1 e 2 m all'anno, può raggiungere densità di 50-100 piante al metro quadrato, il suo stand monodominante tende ad emarginare le altre specie lungo i margini di acque stagnanti, laghi e fiumi. Tollera una moderata salinità ambientale e condizioni alcaline.

La figura 1 illustra i tre principali meccanismi che permettono alle piante di mantenere condizioni aerobiche nel substrato. Solitamente le piante adattate ad ambienti sommersi sono provviste di un tessuto lacunoso (aerenchima), che ospita numerose cavità riempite di aria (fig. 2); l'ossigeno può dunque passare da cavità a cavità, fino alle radici per diffusione passiva. Un secondo sistema di trasporto dell'ossigeno avviene tramite la linfa, che ricca di



Figura 2. *Aerenchima N. lutea*, Foto: P. Ferrari

ossigeno assorbito a seguito della fotosintesi, lo rilascia in parte a livello radicale. Infine le cannuccie di palude possono ossigenare i sedimenti in cui crescono grazie ai fusti cavi che, una volta secchi, funzionano come tubi soggetti all'effetto venturi che spinge l'aria all'interno degli organi ipogei.

Quest'ultimo processo garantisce l'afflusso di ossigeno nei sedimenti anche nei periodi non vegetativi (in inverno, quando la pianta è secca e l'attività biologica è meno intensa).

Si ritiene dunque che l'impianto di specie selezionate come salici e phragmites nei sedimenti contaminati, garantendo la presenza di ossigeno, possa impedire la trasformazione del mercurio nella forma tossica e bioaccumulabile. In questo modo l'area contaminata verrebbe messa in sicurezza in modo naturale e a costi ridotti. L'impatto dell'intervento sull'ambiente circostante potrà essere addirittura positivo poiché la presenza di vegetazione favorirà l'incremento della biodiversità e quindi la stabilità e il valore dell'intero ecosistema.