

Il Progetto FREEPCB: sintesi e considerazioni finali

Sintesi

Il progetto FREEPCB si è articolato principalmente in interventi sul campo e in verifiche in laboratorio.

In una prima fase sono state effettuate esplorazioni riguardo alla composizione chimica e biologica dei suoli dell'azienda inquinata. Sono state determinate le caratteristiche dell'inquinamento presente e definite e investigate le componenti biotiche del suolo con particolare riferimento alla presenza di consorzi autoctoni microbiologici e di micorrize.

Sia prima, sia dopo ciascuna campagna di semina sono state effettuate indagini microbiologiche quantitative dei microrganismi (sia batterici, sia fungini) autoctoni del suolo agrario in esame. Queste hanno in seguito permesso la selezione dei ceppi potenzialmente più efficienti nel processo di degradazione dei PCBs.

Al fine di meglio comprendere la qualità del suolo oggetto di indagine, a inizio dei lavori e dopo la prima campagna di semina, è stata effettuata una caratterizzazione micologica qualitativa. La matrice inquinata è risultata sede di una notevole biodiversità fungina e, tra i micromiceti dominanti - e già noti per efficienti capacità degradative - sono stati isolati e studiati diversi ceppi fungini.

La sperimentazione in vitro attraverso l'allestimento di microcosmi ha, in seguito, consentito di controllare l'effetto sinergico di diverse variabili (quali microrganismi selezionati, biosurfattanti, strutturanti, nutrienti) e di valutare l'efficacia di un intervento di biorisanamento in vivo. Questo approccio sperimentale è stato finalizzato a definire la migliore strategia da adottare per il risanamento dell'area agricola di Calcio.

Effettuata la selezione dei microrganismi e determinate le migliori condizioni per la loro produzione, si è proceduto alla costruzione e all'impiego di un fermentatore pilota, per attivare la coltura microbica in condizioni controllate.

I consorzi microbiologici di parcelle sperimentali del suolo inquinato di Calcio sono stati ricreati e ottimizzati mediante azioni di micorrizzazione effettuate con il consorzio "Micosat F -cereali"; ceppi batterici e fungini, selezionati dal suolo in esame, testati in vitro e iperprodotti.

Sono stati realizzati microcosmi in cui per due anni si sono riprodotte, con terreni dell'azienda di Calcio, le condizioni colturali. In quella fase sono state simulate le possibili combinazioni delle numerose variabili ambientali determinate dalla presenza delle micorrize associate a differenti consorzi fungini e a trattamenti con sostanze biosurfattanti.

Presso l'azienda di Calcio si sono realizzate tre campagne di semina stagionali a mais sull'intero territorio aziendale; inoltre nell'azienda è stato realizzato un campo sperimentale suddiviso in varie parcelle che hanno consentito di verificare in campo la "resa" delle essenze colturali sperimentate (mais, canapa da filatura, soia e patata) variamente "trattate": l'eccezionale sviluppo degli apparati radicali delle coltivazioni ottenute ha confermato l'efficacia di tali azioni.

Infine, sia prima, sia dopo ogni campagna di semina, è stata effettuata un'indagine chimica del suolo e delle piante coltivate, al fine di monitorare e conoscere la presenza e le eventuali variazioni dell'inquinante nei suddetti substrati.



Per le caratteristiche ambientali dei siti da campionare (terreni agricoli superficiali oggetto di spostamenti causati dalle lavorazioni agricole) non è stato possibile analizzare nelle fasi temporali successive lo "stesso" campione di suolo: tale condizione oggettiva, associata alle basse concentrazioni di inquinante da analizzare e alla durata del progetto, non consente, ad oggi di proporre risultati numerici rappresentativi del decadimento del livello di concentrazione; tale effetto è stato accertato nelle simulazioni effettuate nei terreni dei microcosmi realizzati in laboratorio.

Considerazioni conclusive

Il progetto ha sperimentato tecniche di biorimediazione atte a decontaminare il suolo agricolo dal PCB ed impedire la trasmissione di tali sostanze lungo la filiera alimentare.

Il suolo svolge un ruolo fondamentale nella biosfera permettendo la vita delle piante ed il completamento dei principali cicli biogeochimici. E' costituito oltre che da una grande varietà di composti inorganici, anche da un numero molto elevato di composti organici, spesso metaboliti del gran numero di specie che lo popolano.

Un ecosistema stabile è caratterizzato da una ricca popolazione microbica e da fenomeni di selezione "biologica" operata per via della cooperazione, della competizione, della simbiosi, o del parassitismo, mentre un ecosistema a bassa diversità specifica, come quello oggetto dello studio, presenta un ambiente stressato, indice di uno scenario di inquinamento.

Nel suolo sono presenti molteplici organismi che secondo la loro dimensione e struttura possono essere raggruppati in macrofauna, mesofauna, microfauna e microflora. Quest'ultimo gruppo, direttamente coinvolto nel processo biodegradativo dei contaminanti, comprende batteri e funghi. Sono microrganismi altamente versatili perché possono effettuare tutte le reazioni biologiche conosciute, tra cui la decomposizione dei residui organici. Infatti la maggior parte dei microrganismi che vivono nel suolo sono eterotrofi, cioè non hanno la capacità di sintetizzare composti organici e quindi devono assorbirli dall'ambiente circostante.

Il sistema proposto nell'ambito del progetto FREEPCB è stato finalizzato a due obiettivi principali:

- ottimizzare la biodegradazione dei contaminanti nel suolo
- impedire il passaggio dei contaminanti dal suolo alla pianta

Il primo obiettivo può essere raggiunto sulla base delle indicazioni ottenute dall'attività svolta in microcosmo e in campo.

Dai risultati ottenuti dalla sperimentazione in microcosmo, tra le diverse variabili testate, l'indicazione più significativa è data dall'intervento sul fattore di biodisponibilità, volto principalmente a migliorare il livello di solubilità del contaminante in acqua e dunque a favorire l'attacco microbico e la conseguente biodegradazione dello stesso; in microcosmo è stato possibile raggiungere tale risultato immettendo sostanze biosurfattanti quali le ciclodestrine, che complessando la molecola di contaminante ne favoriscono l'attacco microbico. Le ciclodestrine sono oligosaccaridi ciclici prodotti dall'azione enzimatica di microrganismi su amido parzialmente idrolizzato, sono state scelte in quanto non sono tossiche, né per i microrganismi stessi, né per altri organismi del terreno, poco costose e facilmente biodegradabili. Una successiva fase di sperimentazione potrebbe essere sviluppata con l'utilizzo di biosurfattanti prodotti direttamente da microrganismi immessi in campo, con ulteriori benefici di sostenibilità economica del sistema.

Dalle indicazioni ottenute dalla sperimentazione eseguita in campo è possibile affermare che, per giungere ad un livello di biodegradazione ottimale, è comunque necessario ripristinare una presenza microbica ottimale, caratteristica di un suolo agricolo di buona qualità.



In merito al secondo obiettivo, le sostanze chimiche presenti nei terreni penetrano negli organismi animali (uomo compreso) attraverso ingestione, inalazione o assorbimento dermico vengono metabolizzate tramite una estesa varietà di meccanismi che coinvolgono complessi processi ossidativi. In generale anche nelle piante come negli animali uno xenobiotico è biotrasformato per via enzimatica. Nelle piante tuttavia, a differenza dei mammiferi, i metaboliti non vengono facilmente escreti ma possono essere ulteriormente biotrasformati, compartimentalizzati, legati covalentemente e/o incorporati come residuo insolubile. Questo residuo insolubile una volta assunto dall'animale o dall'uomo con la dieta può andare incontro ad ulteriori processi di biotrasformazione con la possibilità di rilascio di metaboliti reattivi e mutageni.

Nell'ambito dell'azione di micorrizzazione sperimentale, è stato testato un consorzio microbico formato da diverse componenti della rizosfera:

- funghi simbiotici del genere *Glomus* che formano con la radice della pianta ospite le micorrizze, strutture biologiche che aumentano la capacità assimilative e di difesa della pianta; la pianta micorrizzata resiste meglio agli stress, ha una maggiore capacità di assorbire l'acqua dal terreno, i sali minerali ed i microelementi.

- batteri definiti Helper, come batteri del genere *Pseudomonas* e del genere *Bacillus*, possono migliorare il metabolismo della pianta e produrre sostanze fitostimolanti.
- attinomiceti del genere *Streptomyces* possono produrre sostanze di difesa e sostenere l'azione dei funghi saprotrofi.
- funghi saprotrofi del genere *Trichoderma* che possiedono una grande capacità di difesa biologica contro i patogeni vegetali.

Il consorzio microbico testato è reperibile in commercio (*Micosat F*) ed è prodotto da uno dei partner del progetto. Il prodotto commerciale è stato integrato con microrganismi autoctoni opportunamente selezionati "in vitro" da un altro partner del progetto.

Dai risultati ottenuti nel corso dei tre anni di sperimentazione ed applicazione del progetto LIFE FREE PCB si possono fare le seguenti considerazioni:

- in presenza di concentrazioni molto basse di PCB, e con osservazioni temporali di breve periodo, risulta molto complicato ridurre al minimo l'errore analitico ed è stato necessario un grande sforzo per giungere a risultati attendibili. La sperimentazione potrebbe avere maggior rilievo se applicata anche in aree ad elevata contaminazione.
- il tempo necessario per la degradazione di sostanze ad elevata persistenza come il PCB in un suolo sono notoriamente molto lunghi; partendo dalle indicazioni ottenute dalle prove effettuate nel corso del progetto – soprattutto dalle repliche in laboratorio - si può affermare che il prolungamento in campo dell'applicazione proposta può portare a detossificare completamente l'area oggetto di studio in tempi molto più contenuti di quelli necessari in un processo di degradazione non sollecitato.

I risultati ottenuti in un contesto agrario quale quello oggetto di studio, aprono una nuova prospettiva nella bonifica dei suoli a contaminazione diffusa ed individuano un nuovo ruolo dell'agricoltore come soggetto attivo nella bonifica ambientale.



In un contesto agricolo i migliori risultati in termini di:

- degradazione del contaminante nel suolo**
- interruzione della trasmissione del contaminante nel passaggio suolo-pianta**
- autosostentamento economico delle aziende agricole colpite da eventi di contaminazione, derivante principalmente dalla possibilità di riutilizzare la pianta per l'alimentazione animale e da una riduzione dei costi di produzione**

si sono ottenuti dalla sinergia

MAIS + MICORRIZZAZIONE (Micosat F + autoctoni) + BIOSURFATTANTI

A tale proposito possiamo inoltre affermare che:

- l'efficacia del sistema di biodegradazione e la riduzione dei tempi di detossificazione da PCB dei suoli sono migliorati in presenza di biosurfattanti, che agevolano la metabolizzazione del contaminante da parte dei microrganismi;**
- la presenza di consorzi microbici, che fungono da filtro per le sostanze inquinanti presenti nel suolo, consentono un minor assorbimento di contaminanti da parte delle piante con la conseguente riduzione di pericolosità nell'ambito della filiera alimentare.**

Tali considerazioni sono interessanti, data la diffusione del problema nei terreni agricoli, in considerazione anche del fatto che le ultime normative ambientali (D. Lgs 152/06) tendono ad innalzare i limiti di concentrazione del PCB nei terreni ad uso residenziale (e dunque agricolo per la normativa regionale lombarda) da 0,001 mg/kg a 0,06 mg/kg.

Ulteriore indicazione derivante dalla sperimentazione messa in atto è relativa alla bonifica di aree contaminate da PCB tramite tecnica di fitodepurazione. A differenza di un contesto agricolo, la bonifica di un'area contaminata residenziale e/o industriale tende a detossificare un suolo senza dover tenere conto dei fattori individuati in un ambito agricolo (autosostentamento dell'azienda, trasmissione del contaminante lungo la filiera alimentare, ecc.): il "trattamento" delle terre, ai fini del loro disinquinamento, potrebbe avvenire "in loco", tramite colture mirate a estrarre dalle terre il contaminante.

Il miglior risultato ottenibile in un contesto non agricolo, in termini di:

- degradazione del contaminante nel suolo**
- migliore capacità di assorbimento del contaminante dal suolo da parte della pianta e conseguente riduzione dei tempi di bonifica**

si sono ottenuti dalla sinergia

CANAPA + MICORRIZZAZIONE + BIOSURFATTANTI

Nonostante i lunghi tempi necessari per la bonifica, tale sistema potrebbe rappresentare l'unico metodo di risanamento possibile per alcune aree contaminate, perché caratterizzato da elevati standard di sostenibilità economica ed ambientale. In presenza di un'area contaminata da PCB le pratiche di bonifica attualmente applicabili sono l'escavazione del suolo e lo smaltimento in discarica dello stesso con costi ambientali ed economici spesso non compatibili con il contesto.

