

Nivelul actual al cunoștințelor și experienței în cercetare pe plan național și internațional în țările partenere în domeniul proiectului propus

Contaminarea solurilor cu metale grele și evaluarea riscului potențial asupra organismelor vii reprezintă una dintre sarcinile cele mai complexe cu care se confruntă specialiștii de astăzi. Aceasta datorită, pe de o parte complexității proceselor microbiologice, biochimice și fizico-chimice care controlează tipul combinațiilor chimice a metalelor în sol, iar pe de altă parte datorită dificultăților asociate cu evaluarea toxicității care implică stabilirea nivelului de biodisponibilitate a metalelor grele din sol. Proiectul se dorește a fi un răspuns provocării de a reduce pe termen lung poluarea generată de industria miniera auriferă (România) și uraniferă (Africa de Sud), în special a drenajului acid care favorizează dispersia unor metalelor grele în mediu.

Zeoliti, microorganismele și speciile vegetale sunt utilizate pe scară largă pentru reducerea poluanților din mediile fluide, solide sau deseuri. Există numeroase studii experimentale referitoare la utilizarea zeolitilor, microorganismelor sau a speciilor vegetale pentru ecoremedierea solurilor poluate cu metale grele și cianuri, dar multe dintre acestea studiază doar sistemele binare: steril-zeoliti, steril-microorganismele, steril-specii vegetale. Prezentăm în continuare câteva aspecte caracteristice acestor sisteme binare:

Sistemul steril-zeoliti

Printre procesele chimice prin care poluanții pot fi extrasi din faza lichidă (drenajul minier) în faza solidă se numără: schimbul ionic, precipitarea, complexarea organică și osmoza inversă. Dintre acestea, schimbul ionic este preferat, ca urmare a costului scăzut. Solul este un agent care realizează adsorbția metalelor, ca urmare a suprafeței specifice foarte mari și a prezentei numeroaselor grupări care îmbunătățesc procesul de adsorbție. Componente precum fier, aluminiu, oxizi și hidroxizi de magneziu, conținut de argilă și materie organică fracționată sunt considerate ca esențiale în controlul proceselor de adsorbție a metalelor în sol (*Tessier et al., 1985; Davis, 1984*). Componenta soluțiilor, care determină complexarea și specierea metalelor, de asemenea influențează adsorbția metalelor (*Vuceta and Morgan, 1978*). Argila și materia organică (naturală sau produsă de către om) se folosesc frecvent astăzi ca adsorbți ai metalelor. Zeoliti naturali joacă un rol important în adsorbția metalelor, datorită caracteristicilor lor specifice (site moleculare) care pot fi modificate în funcție de condițiile de mediu (*Sprynskyy et al., 2006*). Structura zeolitică având la baza rețele cu goluri ocupate cu diferiți cationi, posedă proprietatea de schimb ionic. La contactul cu soluții care conțin cationi metalici, aceștia vor înlocui cationii mono și bivalenți existenți în golurile din structura aluminosilicatică printr-o reacție similară schimbului ionic. Numeroase studii (*Ouki and Kavannagh, 1999; Malliou et al., 1994; Erdem et al., 2004; Inglezakis and Grigoropoulou, 2001; Babel and Kurniawan, 2003*) prezintă aspecte variate privitoare la îndepărtarea metalelor din apele uzate sau soluții sintetice prin folosirea clinoptilolitului sau a altor zeoliti, la folosirea lor ca amendament pentru reabilitarea solurilor poluate.

Sistemul steril-specii vegetale

Cercetătorii sunt unanim de acord că plantele modifică chimia interfetei rizosferă-sol, în principal prin eliminarea de către rădăcina a unor secreții organice (aminoacizi, zaharuri, acizi organici), cu efect în stimularea activității microbiene în rizosferă prin creșterea conținutului de carbon (*Francis et al. 1992*). Aceste secreții cresc solubilitatea metalelor grele în sol acționând ca agenți de chelatare, care formează cu acestea compuși solubili absorbiți de către rădăcina (Figura 19) (*Naidu R. et al. 1998*), sau care înlocuiesc ușor ioni ai soluției solului. Cantitățile de metale grele care se bioacumulează în plante, caile și mecanismele de bioacumulare depind de o serie de factori: caracteristicile solului (pH, potențial redox, porozitate, conductivitate

hidraulica, taria legaturilor metal-sol, etc.), natura plantelor cultivate (ex: salata bioacumuleaza preponderent Cd) (Brown et al. 1996), microbiota (*Pseudomonas*, *Bacillus*) si microfauna solului (protozoarele, nematodele) (Giller et al.1997). Intensitatea proceselor de bioacumulare si de transport in plante depinde de natura metalului si de reactiile bio-chimice la care acesta participa, in special de capacitatea lui de a interactiona cu compusii prezenti in seva plantei si de a forma combinatii chimice. Ca exemplu, putem mentiona complexii negativi formati in urma interactiunii dintre cupru si componentii din seva plantelor, cu consecinta reducerii permeabilitatii peretelui celular, astfel fiind stimulat transportul ascendent al cuprului in planta. In cazul plumbului, complexii formati sunt adsorbiti pe peretii celulelor si transportul plumbului este incetinit. Mecanismele care permit translocarea metalelor si acumularea lor in plante nu sunt intelese in intregime, toxicitatea metalelor grele fiind implicata direct in inducerea stresului oxidativ in plante. Ca exemplu putem mentiona ca, desi se cunoaste ca elementul Cd este blocat in plante in complexi formati cu peptide cu lanturi mici (phytochelati) si cu sulfurile, nu este inteles complet ceea ce se intampla cu metalul dupa formarea acestor complexi si foarte putin se cunoaste despre modul de mobilizare a metalului in si intre tesuturi plantei. Goluri exista si in evaluare impactul hranei contaminate cu metale grele asupra organismului uman (interferentele in procesele bio-chimice la nivel celular, dereglarile si disfunctionalitatile pe care le provoaca) (Sheppard 1995, Bachmann 2006).

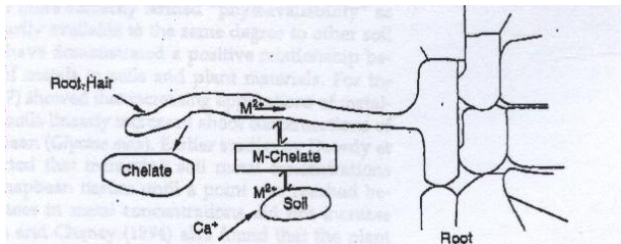


Figura 19. Reprezentare schematica a mecanismului de eliberare a metalelor grele din sol si bioacumularea lor de catre radacina plantei

specii vegetale

D.Sistemul zeoliti-microorganism-

In anumite zone (Africa de Sud), utilizarea zeolitilor este considerata o metoda scumpa, ca urmare a lipsei lor din structura geologica. O varianta pentru reducerea costurilor se refera la cresterea capacitatii de adsorbtie a metalelor de catre zeoliti, utilizarea lor ca mediu adsorbant, tratarea lor pentru recuperarea componentilor utili adsorbiti si re-utilizarea ca adsorbanti. Cresterea capacitatii de adsorbtie a zeolitilor se face prin utilizarea ca medii de sprijin pentru biomasa (fungi, microalge sau cianobacterii), recunoscuta ca avand o mare capacitate de legare a ionilor poluanti ca urmare a unor variate interactiuni pasive sau active cu peretii celulari sau cu zaharidele extracelulare. Utilizarea practica a acestor microorganisme este conditionata de introducerea lor in substratul poluat, de toleranta lor la mediu si (in cazul in care se doreste recuperarea metalelor) de colectarea lor din substrat. Datorita suprafetei interne foarte mari disponibile pentru microorganismele care poseda retele filamentoase, zeoliti porosi sunt utilizati pentru productia comerciala de fungi mycorrhizali sau ca medii suport pentru cultivarea fungilor si microalgelor cu capacitate ridicata de legare a metalelor. Prezenta biomasei de fungi/microalge in structura interna a zeolitilor confera acestora capacitatea de a lega metalele in conditii care ar distruge celulele neprotejate, ceea ce permite inserarea sistemului zeolit-biomasa in drenajele acide miniere si concentrarea metalelor in asa numitele pachete biofizice. Capacitatea de legare este marita prin prezenta in zeoliti si a unei surse de carbon (biomasa sterilizata). Legatura metal-biomasa fiind reversibila in raport cu pH-ul, metalele pot fi recuperate. Metoda are aplicabilitate in cazul sistemelor extrem de toxice, cu concentratii ridicate de metale grele si cianuri, asa cum se intalnesc in cazul iazurilor de decantare provenite din industria auro-argentifera din Romania si Africa de Sud, respectiv uranifera (Africa de Sud). In plus, metoda are si un avantaj economic. Utilizarea acestei „biotehnologii inteligente” permite recuperarea metalelor pretioase din apele de

infiltratii, drenajele din iazurile aurifere sau in tratarea apelor uzate. Combinatia zeoliti – biomasa imbunatateste captarea si blocarea radionuclizilor din solutii. Diferite rapoarte experimentale demonstreaza ca prezenta fungilor si microorganismelor in solurile contaminate cu metale grele favorizeaza cresterea ratei de refacere a vegetatiei si de fito-stabilizare a zonelor contaminate, prin favorizarea cresterii in lungime, prin producerea unei cantitati mai ridicate de biomasa, formarea radacinilor mai lungi si prin reducerea stressului indus de prezenta metalelor grele (Adams et.al.2007, Alberton 2007, Yamashita 2007)

Bibliografie internationala:

1. Weiersbye IM (2008) The elemental architecture of plant-fungal interactions in metal-enriched environments. MS
2. Weiersbye IM. (2007). Global Review and Cost Comparison of Conventional and Phyto-technologies for mine closure. Plenary paper. In. AB Fourie, Wiertz et al (eds). Mine Closure: *Proceedings of the 2nd International Mine Closure Seminar, Santiago, Chile Oct 2007*
3. Weiersbye, I.M. & Witkowski, E.T.F. (2007). Impacts of acid mine drainage (AMD) on the regeneration potential of phreatophyte woody plants: implications for ecosystem function. In J. Bester et al (eds). *Multiple use management of natural forests & woodlands: policy refinements and scientific progress. Proc. Natural Forests & Savanna Woodlands Symposium IV, Department of Water Affairs & Forestry of South Africa 2006.* 224-237.
4. Weiersbye, IM, Witkowski, ETF & Reichardt, M. (2006). Floristic composition of gold and uranium tailings dams, and adjacent polluted areas, on South Africa's deep-level mines. *Bothalia* 36, 101-127
5. Bachmann T.M., (2006) Hazardous substances and human health, *Ed. Elsevier*, ISBN-13: 978-0-444-52218-4
6. Straker, CJ, Freeman, AJ, Witkowski, ETF & Weiersbye, IM. (2007). Arbuscular mycorrhiza status of gold and uranium tailings and surrounding soils of South Africa's deep level gold mines. II. Infectivity. *South African Journal of Botany*. In Press.
7. Sutton MW, Weiersbye IM. (2007). The Legislative Framework for Mine Closure in South Africa. In. AB Fourie, Wiertz et al (eds). Mine Closure: *Proceedings of the 2nd International Mine Closure Seminar, Santiago, Chile Oct 2007.*
8. Adams, P, De-Leij, FAAM; Lynch (2007) *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22 mediates growth promotion of crack willow (*Salix fragilis*) saplings in both clean and metal-contaminated soil. *MICROBIAL ECOLOGY*. 54(2):306-313
9. Yamashita, S; Fukuda, K; Ugawa, S. (2007)- Ectomycorrhizal communities on tree roots and in soil propagule banks along a secondary successional vegetation gradient. *FOREST SCIENCE*. 53(6):635-644
10. Audet, P; Charest, C. 2007. - Dynamics of arbuscular mycorrhizal symbiosis in heavy metal phytoremediation: Meta-analytical and conceptual perspectives. *ENVIRONMENTAL POLLUTION*. 147(3):609-614