

Floarea-soarelui mecanică și tehnologia fitoremedierii

Cu trecerea fiecărui deceniu, poluarea solului cu metale grele a devenit o greutatea tot mai apăsătoare pentru comunități, căpătând interes internațional. Contaminarea s-a produs atât în urma emisiilor industriale, a resturilor toxice din minerit, cât și din cauza utilizării de composturi urbane și îngrășăminte minerale în agricultură; iar procesul nu este unul reversibil - metalele grele nu sunt biodegradabile și influențează negativ relația dintre sol și plantă. Acumularea de astfel de metale duce, în timp, la degradarea solului, la scăderea producției agricole, dar și la poluarea apelor; pasul ultim este crearea unui dezechilibru în lanțul alimentar și punerea în pericol a vieții umane, prin biomagnificare.

Ca specie, însă, găsim sau reinventăm frumosul în orice situație, motiv pentru care floarea-soarelui, *Helianthus annuus*, este cea care a marcat istoria ultimilor zeci de ani, lăsându-și amprenta asupra pământurilor atât vizual, cât și la nivel molecular. Istorie s-a scris pornind de la „Plantatorii de pace din Missouri”, care, în 1980, au plantat floarea-soarelui în silozuri nucleare, ca simbol al unei lumi fără deșeuri periculoase, până la sărbătorirea de către Ucraina a statutului de stat non-nuclear în 1996, prin plantarea aceleiași flori, ca simbol al păcii (1).

Toate aceste gesturi de revenire la normalitate ascund însă înțelesuri științifice, iar scopul împânzirii câmpurilor cu floarea-soarelui este mai degrabă unul practic, pornit de la conceptul de fitoremediere a solului. Fitoremedierea presupune utilizarea plantelor pentru curățarea locurilor contaminate radioactiv, bazându-se pe 3 dintre caracteristicile plantelor: bioacumularea, translocarea, precum și degradarea contaminanților.

În cazul floarea-soarelui, este exploatată proprietatea acesteia de hiperacumulator metalic, fiind capabilă să capteze în țesuturile vii zinc, cupru, plumb și nichel. Plantele hiperacumulatoare au capacitatea de a încorpora cantități de mii de ori mai mari decât plantele obișnuite, dispunând și de o toleranță foarte bună la toxicitatea metalelor; speciile de plante utilizate în fitoremediere reușesc să acumuleze metale grele fără ca dezvoltarea acestora să fie în vreun fel afectată, motiv pentru care sunt folosite în decontaminarea solurilor (2).

Hiperacumularea de metale grele este unul dintre mecanismele fitoremedierii, reprezentând o biotehnologie de tip fitoextracție. După mobilizarea ionilor metalici în sol, absorbția acestora se face prin intermediul sistemului radicular ramificat al plantei, urmând ca metalele să fie translocate de la rădăcini la lăstari, prin vase de xilem, pentru a fi stocate în vacuole (3).

Cum reușesc însă hiperacumulatorii să tolereze toxicitatea acestor materiale? Mecanismele lor sunt complexe și se bazează pe sechestrarea în vacuole, care au activitate metabolică scăzută, legarea de peretele celular, precum și inducerea unor peptide capabile să chelateze ionul metalic și să formeze complexe metalice împreună cu acesta (4).

Fitoremedierea, ansamblu autotrof ce funcționează pe baza energiei solare, reprezintă o biotehnologie foarte atractivă pentru un viitor verde. Remedierea aduce cu sine o multitudine de beneficii, având avantajele că poate fi aplicată atât în situ, cât și ex-situ, oferind o extracție eficientă a poluanților și fiind o metodă fezabilă din punct de vedere economic, sustenabilă, aplicabilă la scară largă și non-invazivă, ce îmbunătățește calitatea

solului, previne eroziunea și scurgerea metalelor și limitează riscurile de dispersare a contaminanților (4).

În ciuda aptitudinilor remarcabile ale unor plante comune, precum *Solanum nigrum*, *Salix spp.* sau *Helianthus annuus*, limitările bioremedierii nu pot fi trecute cu vederea: de cele mai multe ori, adâncimea zonei de sol tratată reprezintă un impediment – majoritatea planelor hiperacumulatoare sunt limitate la soluri puțin adânci. De asemenea, procesul implică limitări în ceea ce privește transferul de masă – producția de biomasă la suprafața este relativ scăzută, motiv pentru care sunt necesare mai multe plante pentru o decontaminare eficientă. În plus, planta poate să se bioacumuleze în organismul animal, dacă aceasta o consumă, iar implicațiile pot fi devastatoare. Un alt punct negativ este faptul că metoda de tratament este una lentă, fiind necesar ca planta să ajungă la maturitate, urmând ca metalele grele să fie relocalizate în organele plantei, nefiind distruse, ci doar acumulate, astfel că eliminarea acestora este destul de dificilă (5), (6).

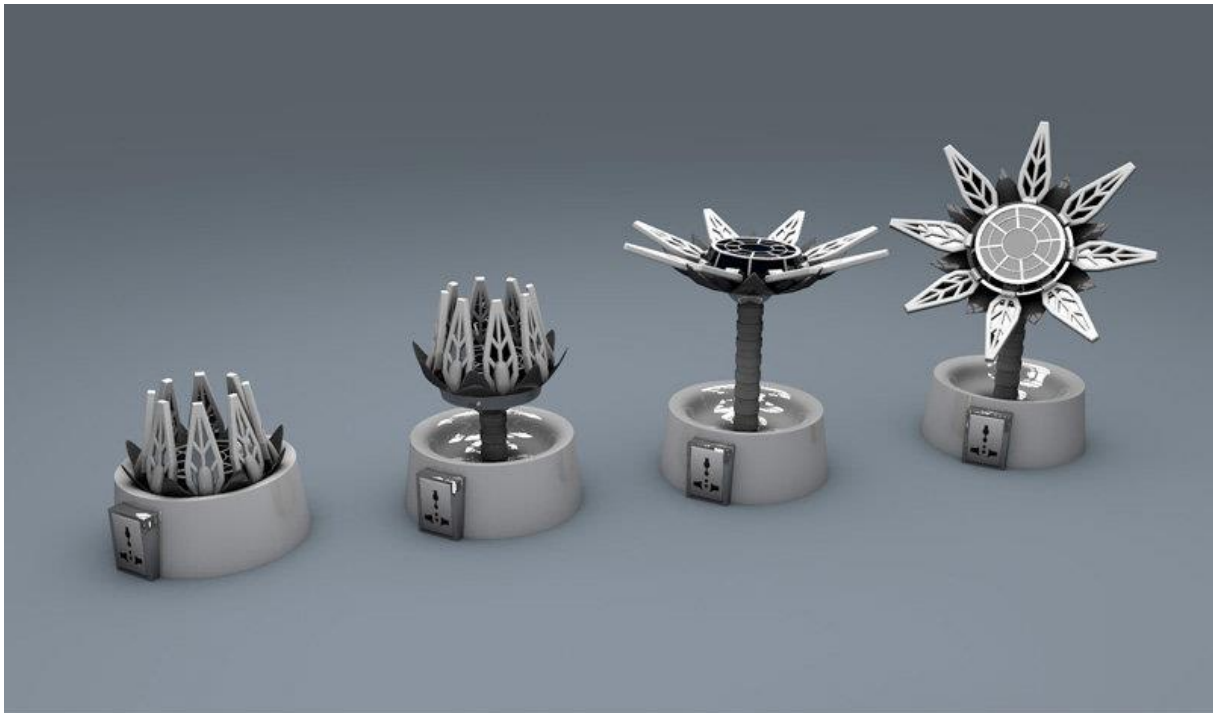
Soluția acestor probleme constă în proiectarea unei flori-a-soarelui mecanice, un aparat din oțel inoxidabil care imită mecanismul de decontaminare al hiperacumulatorilor și care reușește să scadă timpul necesar procesului, nu reprezintă un pericol de ingerare pentru animale și implică o decontaminare eficientă.

Proiectul nu este unul dificil de realizat – sistemul presupune extragerea din sol a metalelor radioactive, utilizând un sistem vast de ramificații, care depășește capacitățile naturale ale rădăcinilor; această îmbunătățire a aparatului reticular presupune automat o creștere a procentului de biomasă acumulat. Orificiile din structura sistemului de tentacule ale aparatului au rolul de a elibera compuși care să acidifice mediul; scăderea cu exactitate până la o valoare optimă a pH-ului solului facilitează dizolvarea metalelor grele, ulterior fiind sustrate din sol, concentrate și depozitate în interiorul aparatului.

Ce se întâmplă însă cu metalele recoltate? O nouă aplicație a acestei plante mecanice include sustenabilitatea prin reciclare. Un procent mare de biomasă deschide posibilitatea de a extrage și recicla o serie de metale, pentru a fi refolosite și pentru a obține profit, astfel încât costurile acestui sistem să nu le depășească pe cele ale metodelor actuale.

Odată stocată, biomasa poate fi incinerată în cuptoare, pentru a obține minereul ulterior refolosit. Metalele volatile, precum zincul, plumbul, mercurul și cadmiul devin emisii de incinerare, iar captarea acestora se face prin filtre. În schimb, nichelul, cuprul și cromul, care sunt metale nevolatile, nu devin emisii, ci se află în stare solidă și alcătuiesc cenușa rămasă în urma incinerării.

Pentru ca remedierea prin hiperacumulare a metalelor grele să își depășească limitările și să se dezvolte, este nevoie de o împletire a tuturor resurselor de care dispune omul, inclusiv cele hardware. Tendințele în cercetare se îndreaptă spre o abordare multi-disciplinară, care să permită descoperiri și progrese cât mai semnificative. Și ce exemplu mai bun există decât cel preluat din mediul înconjurător, mediu ce reușește constant să se adapteze? Utilizarea de sisteme mecanice, a unei flori hardware, reprezintă o soluție viabilă pentru decontaminarea mediului, care vine ca o completare la tot ceea ce natura a reușit să realizeze până acum.



Mechanical SunFlower, după Turenne Huang (7)

Bibliografie

1. D. Shi, C. Xie, J. Wang, L. Xiong, Changes in the Structures and Directions of Heavy Metal-Contaminated Soil Remediation Research from 1999 to 2020: A Bibliometric & Scientometric Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(14), 7358, 2021
2. R.A. Chirakkara, C. Cameselle, K.R. Reddy, Assessing the applicability of phytoremediation of soils with mixed organic and heavy metal contaminants, *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 15, 299–326, 2016
3. D. Mani, C. Kumar, Biotechnological advances in bioremediation of heavy metals contaminated ecosystems: an overview with special reference to phytoremediation, *International Journal of Environmental Science and Technology*, 11, 843–872, 2014
4. H. Ali, E. Khan, M. A. Sajad, Phytoremediation of heavy metals—Concepts and applications, *Chemosphere*, 91, 869-881, 2013
5. Farraji, H.; Zaman, N.Q.; Tajuddin, R.M.; Faraji, H. Advantages and disadvantages of phytoremediation: A concise review. *Int. J. Environ. Tech. Sci.* 2, 69–75, 2016
6. A. Yan, Y. Wang, S. N. Tan, M. Lokman, M. Yusof, S. Ghosh, Z. Chen. Phytoremediation: A Promising Approach for Revegetation of Heavy Metal-Polluted Land. *Frontiers in Plant Science*, 11, 2020
7. <https://turenne.artstation.com/projects/R3ENm> (accesat în 17.03.2022)