



Fitoremediacija: augalų įvairovė ir ekspozicijos įrengimas

VU Botanikos sodas, Raimonda Šimėnaitė

Viena didžiausių šių laikų problemų – aplinkos tarša. Dėl žmogaus ūkinės veiklos (iškastinio kuro deginimo, cheminių medžiagų naudojimo pramonėje ir buityje, didėjančios transporto sektoriaus įtakos ir pan.) šiandien dirvožemis yra užterštas sunkiaisiais metalais, naftos produktais, pesticidais ir kitomis pavojingomis cheminėmis medžiagomis. Visi šie teršalai, esantys dirvožemyje, per tam tikrą laiką patenka į ekosistemos, o kartu ir žmogaus mitybinę grandinę, kaupiasi organizme ir sukelia įvairias ligas.

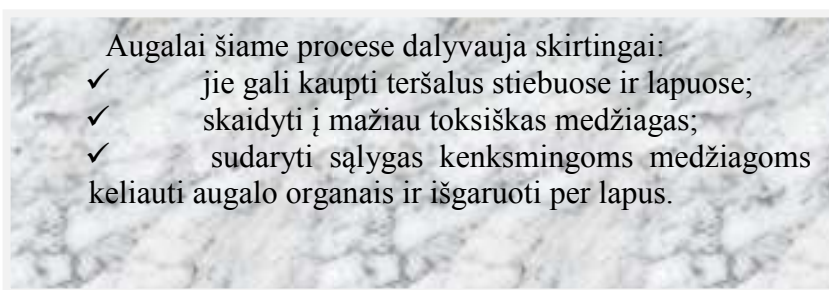
Tyrimais įrodyta, kad šią problemą sėkmingai galima išspręsti naudojant žolinius ir sumedėjusius augalus, t.y. taikant fitoremediacijos technologiją. Tinkamai parinkus augalus, atsižvelgiant į jų fiziologines savybes, rūšį ir simbiozę su mikroorganizmais, sėkmingai galima išvalyti dirvožemį ir paviršinį vandenį nuo nedidelės koncentracijos teršalų.

Vilniaus universiteto Botanikos sode Kairėnuose 2011 m. rudenį pradėti ekspozicijų, skirtų supažindinti sodo lankytojus su augalais gebančiais skatinti savaiminius dirvožemio savivalos procesus, įrengimo darbai. Ekspozicijos, kuriose pasodinti gruntą valantys augalai, informaciniai stendai apie augalų naudą ir praktinį panaudojimą įrengti 249 m² plote.

Šio projekto ir idėjos iniciatorė – VšĮ „Grunto valymo technologijos“. Projektas įgyvendinamas VšĮ „Grunto valymo technologijos“ bei Vilniaus miesto savivaldybės lėšomis.

Fitoremediacija („žaliasis valymas“) – tai testinis procesas priklausantis nuo daugelio faktorių: taršos pobūdžio ir dydžio, dirvos fizinės ir cheminės sudėties, pH, valymui pasirinktų augalų rūšies. Fitoremediacija efektyviausia valant paviršinius dirvožemio sluoksnius, kurių tarša yra maža arba vidutinio lygio. Dideli taršos kiekiai dirvožemyje augalams yra toksiški.

Augalų fitoremediacinis potencialas priklauso nuo medžiagų irimo greičio ir koncentracijos.



Fitoremediacijos metu vyksta keturi skirtingi procesai:

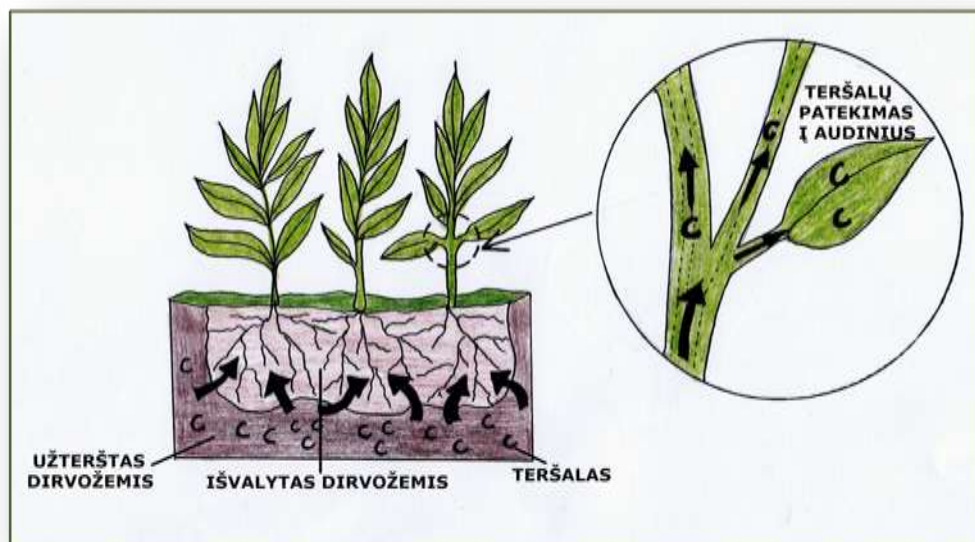
- ✓ Fitoekstrakcija;
- ✓ Rizofiltracija;
- ✓ Fitotransformacija;
- ✓ Fitovolatizacija.

Jų metu dalyvauja augalai ir bakterijos, grybai, virusai, dumbliai ir kt. Taip pat šiems procesams vykti reikalingos tinkamos sąlygos: dirvožemio struktūra ir pH, temperatūra, drėgmė, maisto medžiagų kiekis ir kt.

Didžiausiais šių procesų efektyvumas pasiekiamas, kai paviršinis dirvožemio sluoksnis užterštas nuo 2,5 mg/kg iki 100 mg/kg sunkiaisiais metalais. Induočius augalus galima panaudoti, tada kai substrato tarša nafta bei jos produktais neviršija 6000-7000 mg/kg.

Šie procesai gali vykti karta arba atskirai. Fitoremediacijos procesuose taip pat dalyvauja ir dirvožemyje esantys mikroorganizmais (bakterijos, grybai, dumbliai ir kt.). Mikroorganizmai įsikūrę aplink augalo šaknis gali pagerinti dirvožemio cheminę sudėtį ar teršalus paversti į augalams lengviau įsisavinamą formą.

Fitoekstrakcijos (fitoakumuliacijos) metu teršalai (sunkieji metalai: Pb, Zn, Cu, Ni, Cr ir t.t., radionuklidai ir pan.) kaupiasi augalo audiniuose. Augalo šaknis iš dirvožemio siurbdamas maisto medžiagas, kartu su vandeniu pasisavina ir kenksmingas medžiagas, kurios kaupiasi augalo lapuose, stiebuose ir ūgliuose. Šie teršalai iš augalo audinių niekur nepasišalina – jie yra nekintamos formos, nedegraduojami. Fitoekstrakcijai panaudoti augalai vėliau nupjaunami ar išraunami ir naikinami: sudeginami, naudojami

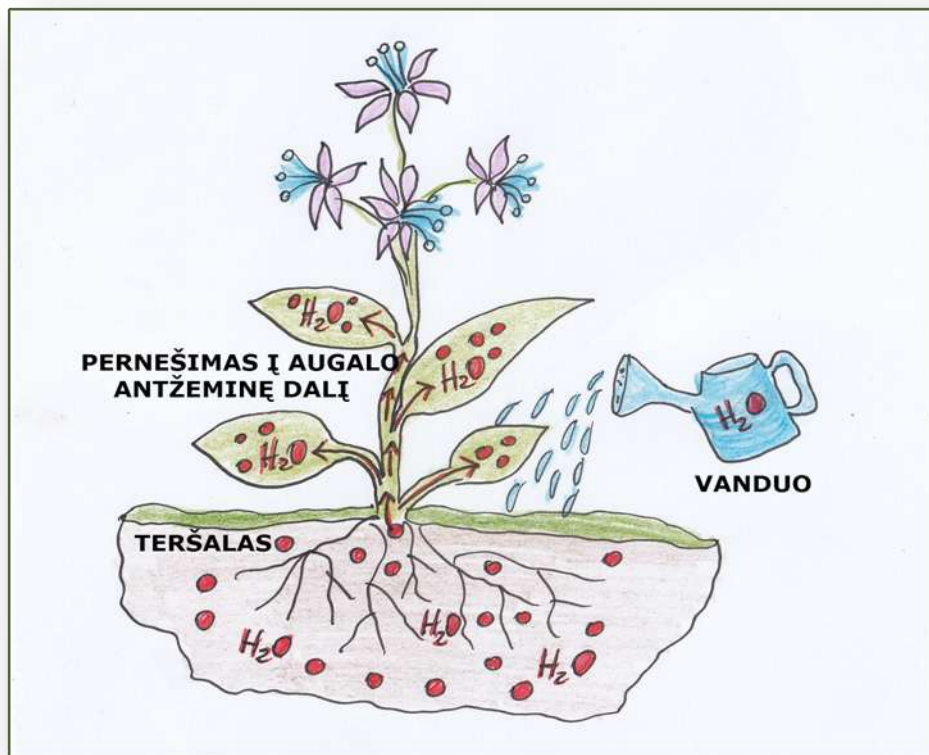


perdirbimui ar šalinami kaip pavojingos atliekos.

Fitoekstrakcijai tinka tiek sumedėję, pvz. gluosnis žilvitis (*Salix viminalis* L.), pušis (*Pinus* sp.), tiek žoliniai augalai: didžioji dilgėlė (*Urtica dioica* L.), raudonasis eraičinas (*Festuca rubra* L.), paprastoji kiaulpienė (*Taraxacum officinale* F. H. Wigg.), kukurūzas (*Zea mays* L.), valgomoji bulvė (*Solanum tuberosum* L.) ir daug kitų augalų.

Rizofiltracija (gr. rhizo – šaknis) arba fitofiltracija – tai procesas, kurio metu vandenyje augdami augalai iš jo absorbuoja maisto medžiagas, o kartu ir teršalus. Teršalai, kaip ir fitoekstrakcijoje, kaupiasi augalo audiniuose ir iš jų nepasišalina.

Rizofiltracija gali būti taikoma nuotekų susikaupimo vietose, užterštuose paviršiniuose vandenyse ir kur aukštai pakilęs gruntinis vanduo – prieinamas augalų šaknims.

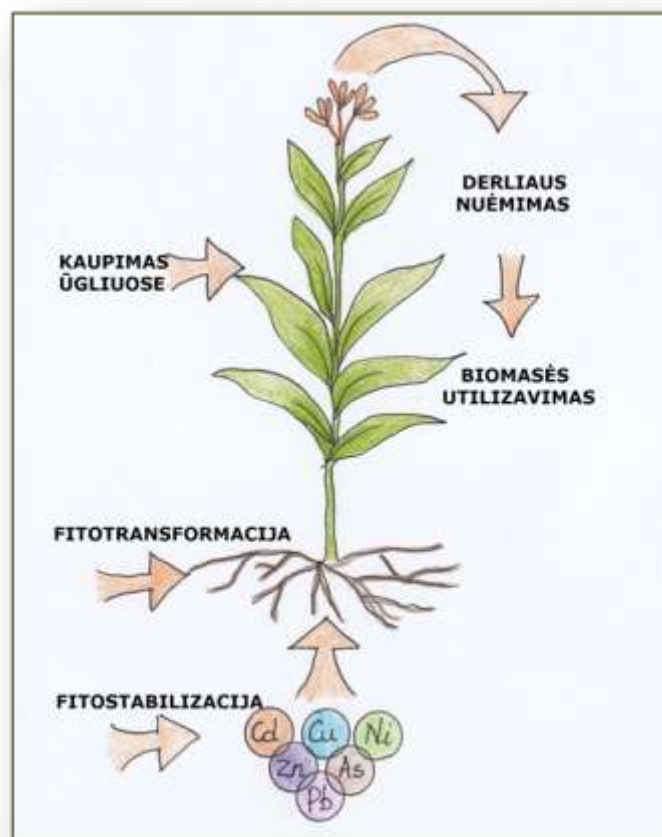


Rizofiltraciją mūsų klimato sąlygomis geriausiai vykdo: tikroji saulėgraža (*Helianthus annuus* L.), paprastoji smilga (*Agrostis capillaris* L.), pievinė miglė (*Poa pratensis* L.), sėjamasis rugys (*Secale cereale* L.), geltonasis vilkdalgis (*Iris pseudacorus* L.). Taip pat yra daug šiltųjų kraštų augalų, kurie dalyvauja šiame procese, tačiau jiems reikalinga aukšta vidutinė metinė temperatūra ir drėgnas klimatas.

Fitotransformacija – tai procesas, kurio metu teršalai ne tik sukaupiami aplink augalo šaknų sistemą, bet ir suskaidomi iki tam tikrų elementų. Šis procesas susideda iš dviejų etapų: *fitostabilizacijos ir fitodegradacijos*.

Fitostabilizacijos metu augalas kaupia teršalus šaknų sistemos zonoje (ant šaknų ir šaknų viduje) ir taip trukdo jiems patekti į gruntinius vandenis t.y. cheminiai junginiai gali būti transformuoti į mažiau aktyvią formą (paversti netirpiais ir arba paverčiami nejudriais).

Fitotransformacijos metu teršalai suyra dėl augalų ir mikroorganizmų simbiozės. Didžiausią darbą teršalų irime atlieka mikroorganizmai. O augalai - biofiltrai, sukuria jiems buveinę (aprūpindami anglies dvideginiu, pagerindami dirvožemį). Labiausiai filtruojama vegetacijos metu, kai aktyviausias medžiagų judėjimas augaluose.



Aktyviai fitotransformacijos procese dalyvauja karklai (*Salix sp.*), tuopos (*Populus hybr.*); vandens augalai: kanadinė elodėja (*Elodea canadensis Michx.*), maurė (*Spirodela Schleid.*), plunksnalapė (*Myriophyllum L.*), kai kurie sausumos žoliniai augalai: baltažiedis vairėnis (*Arabidopsis thaliana (L.) Heynh.*), barkūnas (*Melilotus Mill.*) ir kt.

Fitodegradacijos (fitotransformacijos) metu organiniai teršalai suskaidomi augalo audiniuose vykstant metabolizmo procesams (cheminėms reakcijoms ląstelėse) arba augalų

šaknų išorėje iš jų išsiskiriant enzimams (baltymams). Labiausiai filtruojama vegetacijos metu, kai aktyviausias medžiagų judėjimas augaluose.

Fitovolatilizacija – procesas, kurio metu augalai siurbdami maisto medžiagas ir vandenį, kartu pasiima ir teršalus, juos apdoroja ir lakiuosius teršalus ar jų dalis išgarina per lapus. Į atmosferą patekę augalo apdoroti teršalai dažnai būna mažiau toksiški.

Efektyviausiai šį procesą vykdo pušys (*Pinus* sp.), tuopos (*Populus* sp.) ir karklai (*Salix* sp.).



FITOREMEDIACIJOS PRIVALUMAI IR TRŪKUMAI

Fitoremediacijos privalumai:

- ✓ Fitoremediaciją galima taikyti paviršinio dirvožemio, gruntinio vandens natūralaus slūgsojimo vietoje bei paviršiniuose vandens telkiniuose;
- ✓ Tai pigi ir draugiška aplinkai technologija, su nedidelėmis darbo ir mechanizmų sąnaudomis – didžiausią darbą atlieka augalai;
- ✓ Yra vertingų medžiagų ekstrakcijos galimybė iš žaliosios augalų masės (Ni, Au, Cu);
- ✓ Vykstant šiam procesui nedaroma žala aplinkai, priešingai – naudojami augalai apsaugo dirvožemį nuo erozijos;
- ✓ Galima kontroliuoti ir stebėti valymo procesą;
- ✓ Valymo procesas nėra niekada prastesnis negu tradiciniai valymo metodai, ypač esant nedideliams teršalų kiekiui.

Fitoremediacijos trūkumai:

- ✓ Fitoremediacija veiksminga tik tose vietovėse, kuriose yra mažo ir vidutinio lygio tarša. Ši technologija skirta tik paviršinio dirvožemio ir gruntinio vandens valymui, kadangi augalai gali valyti tik tiek, kiek siekia jų šaknų sistema;
- ✓ Augalai, kurie savo audiniuose kaupia teršalus tokius kaip sunkieji metalai ir radionuklidai turi būti sunaikinami kaip pavojingos atliekos. Jie negali būti panaudoti kaip pašaras;
- ✓ Proceso efektyvumas priklauso nuo metų laiko. Žiemos metu fitoremediacija praktiškai nevyksta;
- ✓ Pagrindinis fitoremediacijos trūkumas – jos praktinio panaudojimo ribotumas. Dideli teršalų kiekiai dirvožemyje slopina augalų biomasės prieaugį. Augalų efektyvumas absorbuojant sunkiuosius metalus iš dirvožemio priklauso nuo metalų koncentracijos jame, augalo savybių bei jo rūšies.
- ✓ Procesas pakankamai ilgas ir gali trukti dešimtmečius.

AR VISI AUGAI TINKA UŽTERŠTAM DIRVOŽEMIUI VALYTI?

Dirvožemio valymui tinka platus spektras įvairių augalų, tačiau ne visi augalai gali augti skirtingai teršalais (sunkiaisiais metalais, pesticidais, naftos produktais ir kt.) užterštuose dirvožemiuose. Tai priklauso nuo augalo šaknų sistemos dydžio, šaknų gebėjimo įsiskverbti į skirtingus dirvožemio sluoksnius, dirvožemio granulimetrinės sudėties, augalo antžeminės dalies masės ir daug kitų faktorių.

Naftos produktais ir sunkiaisiais metalais užterštus dirvožemius gerai valo ir juose gali augti paprastasis kietis (*Artemisia vulgaris* L.), dirvinis kietis (*Artemisia campestris* L.), ketursėklis vikis (*Vicia tetrasperma* (L.) Schreb.), smiltyninis lendrūnas (*Calamagrostis epigejos* (L.) Roth.), daugiametė svidrė (*Lolium perenne* L.), dirvinė veronika (*Veronica arvensis* L.), dirvinis dobilas (*Trifolium arvense* L.), dygioji usnis (*Cirsium vulgare* (Savi) Ten.), dirvinė usnis (*C. arvense* (L.) Scop.), pakrūminė bajorė (*Centaurea jacea* L.), smiltininis šepetukas (*Corynephorus canescens* (L.) P. Beauv.) ir kt.



Stipriai druskomis užterštuose dirvožemiuose puikiai auga kininė soruolė (*Pennisetum alopecuroides* Spreng.), smiltyninė rugiaveidė (*Leymus arenarius* Hochst.), stambiažiedė gailardija (*Gaillardia x grandiflora* Hort.), pajūrinė gvaizdė (*Armeria vulgaris* L.), švelnioji rasakila (*Alchemilla mollis* (Bruser) Rothm.) ir kt. Jei užterštumas ne toks stiprus, ten gali augti katilėliai (*Campanula* L.), kraujažolės (*Achillea* L.), melsvasis eraičinas (*Festuca glauca* Vill.) ir kt.



Toksinams atsparūs augalai ne tik gerai auga užterštuose dirvožemiuose, bet ir skatina dirvožemį apsivalyti nuo teršalų. Puikiai tai atlieka šilinis viržis (*Calluna vulgaris* (L.) Hull.), paprastasis čiobrelis (*Thymus serpyllum* L.), didžioji dilgėlė (*Urtica dioica* L.), didžiagalvė bajorė (*Centaurea scabiosa* L.), daugiametė svidrė (*Lolium perenne* L.), plaukuotoji viksva (*Carex hirta* L.), paprastasis varputis (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), smiltyninis šepetukas (*Corynephorus canescens* (L.) P. Beauv.) ir kt

Netoksinėmis medžiagomis užterštą gruntą valo augalai, kurie fiziologiškai prisitaikę kaupti audiniuose įvairius junginius (druskas, nitratus, fosfatus, karbonatus), dirvožemyje viršijančius normą.

Pakantūs karbonatų pertekliui: geltonasis bobramunis (*Anthemis tinctoria* L.), geltonžiedė liucerna (*Medicago falcata* L.) ir t.t

Pakantūs azoto pertekliui: burnočiai (*Amaranthus* sp.), didžioji dilgėlė (*Urtica dioica* L.), kibusis lipikas (*Galium aparine* L.), notrelės (*Lamium* sp.) ir t.t.

Tekste daugiausiai minimi natūralios floros augalai, tačiau dirvožemio valyme gali dalyvauti ir kultūriniai augalai, kuriuos auginame savo darže. Jie ne tik skatina dirvožemio savivalos procesus, bet ir savyje kaupia teršalus.

Dirvožemio savivalos procesus skatina kopūstai (*Brassica oleracea* L.), saulėgražos (*Helianthus annuus* L.), avižos (*Avena* L.), kukurūzai (*Zea mays* L.), baltoji garstyčia (*Sinapis alba* L.) ir kt.



Tokios daržovės kaip valgomosios bulvės (*Solanum tuberosum* L.), valgomosios morkos (*Daucus sativus* (Hoffm.) Röhl.), valgomieji salierai (*Apium graveolens* L.), ridikėliai (*Raphanus sativus* convar. *ridicula* (Pers.) Sazonova), raudonieji burokėliai (*Beta vulgaris* var. *rubra* Burenin), valgomieji ridikai (*Raphanus sativus* L.), paprastieji moliūgai (*Cucurbita pepo* L.), cukinijos (*Cucurbita pepo* var. *giromontina* Alef.), pomidorai (*Solanum lycopersicum* L.) ir sėjamosios salotos (*Lactuca sativa* L.) linkusios kaupti teršalus vaisiuose.

FITOREMEDIACINIŲ LYSVIŲ ĮRENGIMAS

Fitoremadiacinių lysvių įrengimui reikalingi apribojimai: mediniai rasta, lentos, plastiko gaminiai ar akmenys, kurie neleistų augti nepageidaujamoms piktžolėms. Taip pat į lysvių dugną rekomenduojama įkloti austinį audinį ar laidų vandeniui polietileną.



Paruošus lysvių karkasą reikia jas užpildyti „švari“ gruntu. Gruntas turi būti be pašalinių augalų sėklų, priešingu atveju bus reikalingas nuolatinis ravėjimas. Į paruoštas lysves numatytus augalus galima sėti arba sodinti jau paaugintus. Smulkesnieji augalai turėtų sudaryti ne mažesnius kaip 1 kvadratinio metro plotus, stambesnieji – gali būti sodinami pavieniai.

Fitoremediacinės lysvės Vilniaus universiteto Botanikos sode.



Lysvių apribojimai mediniai. Dugne paklota laidi vandeniui polietileno plėvelė. Lysvės užpildytos lengvu priemoliu. Atskirti augalų grupėms naudojami lauko rieduliai. Smulkieji augalai susodinti didesnėmis grupėmis, stambesni – pavieniui. Nuolatos stebima, kad nedygtų pašaliniai augalai. Retkarčiais dirvožemis purenamas, kad nepradėtų augti samanės.