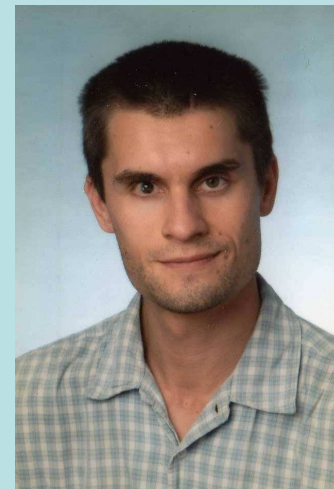




FITOREMEDIACIJA, KOT EKOTEHNOLOŠKI NAČIN ZA ČIŠČENJE Z RADIONUKLIDI ONESNAŽENIH TAL IN VODA

MARKO ČERNE, BORUT SMODIŠ

Študijski program: Ekotehnologija,
Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
MENTOR: doc. dr. BORUT SMODIŠ
Inštitut Jožef Stefan, Jamova cesta 39, 1000 Ljubljana



1 UVOD

Vstop radionuklidov v okolje kot posledica aktivnosti v energetiki ali jedrski industriji in posledično njihova razporeditev in kroženje v ekosistemi je globalni problem, ki se odraža na različnih nivojih. Radionuklidi predstavljajo problem v okolju pri večjih koncentracijah v tleh in vodah zaradi možnosti ingestije onesnažene hrane in vode ter inhalacije na prašnate delce vezanih radionuklidov. Eden pogostejših vzrokov prenosa radionuklidov v okolje je dejavnost uranovih rudnikov kjer z odlaganjem sive jalovine v okolje prehajajo uranovi razpadni produkti (Ra-226, Th-230, Pb-210, Po-210). Tudi pretekli poskusi z jedrskimi bombami in jedrska nesreča v Černobilu sta še dva od pomembnejših vzrokov zaradi katerih so v okolju še vedno povečane specifične aktivnosti Sr-90 in Cs-137. Čiščenje z radionuklidi onesnaženih območij je težavno pri večji onesnaženosti zato so po svetu razvili različne metode remediacij za onesnažena tla ali vode, ki običajno temeljijo na fizikalnih ali kemijskih procesih. Te metode so drage, ker zahtevajo dodatno tehnologijo, prav tako pa lahko negativno vplivajo na kakovost tal in talni ekosistem. V zadnjih 20 letih se zato vse bolj uveljavljajo ekotehnološki načini remediacij, ki temeljijo na naravnih procesih in uporabi akumulatorskih organizmov, ki lahko kopičijo radionuklide v svojih tkivih v večjih koncentracijah. Fitoremdiacija je med bolj razširjenimi ekotehnološkimi načini in pomeni uporabo rastlin za čiščenje onesnaženih tal ali voda [1]. V primerjavi z tradicionalnimi metodami remediacij je fitoremediacija cenovno ugodnejša, ne zahteva dodatne tehnologije in je okoljsko trajnostna, vendar je primerna le za manj onesnažena območja. Glede na namen čiščenja se fitoremediacija deli na fitoekstrakcijo, fitostabilizacijo, fitovolatizacijo in rizofiltracijo od katerih je vsak tip primeren le pri določenih rastlinskih vrstah.

2 ZNAČINOSTI RASTLIN PRIMERNIH ZA FITOREMEDIACIJO

Nekatere rastline, ki rastejo v bližini uranovih rudnikov ali na samih jaloviščih lahko kopičijo radionuklide tudi v večjih koncentracijah v koreninah in nadzemnih delih [2]. Veliko teh rastlinskih vrst je razvilo ekotipe, prilagojene na večjo vsebnost toksičnih kovin v tleh. Takšna prilagoditev je vezana na ekspresijo specifičnih genov za določene kovine v rastlinah. Ekotipi z takšnimi prilagoditvami imajo razvite različne načine tolerance na večje koncentracije radionuklidov ali toksičnih kovin v tleh in se delijo na naravne akumulatorje, indikatorje in izločevalce. [3]

• *Akumulatorji* so rastline, ki kopičijo radionuklide v večjih koncentracijah v koreninah in nadzemnih delih in so tako primerne za ekstrakcijo radionuklidov iz tal ali voda. Primer so rjava gorjušica (*Brassica juncea*), oljna ogrščica (*Brassica napus* var. *napus*), oljna repica (*Brassica rapa* subsp. *campestris*), amarant (*Amaranthus tricolor*), mnogolistni volčji bob (*Lupinus polyphyllus*), navadno korenje (*Daucus carota*), plazeči petoprstnik (*Potentilla reptans*), navadno trsje (*Phragmites australis*), širokolistni rogoz (*Typha latifolia*), grbasta vodna leča (*Lemna gibba*), lokvanj (*Nymphaea violacea*), nekatere vrste praproti (*Pteris vittata*, *Woodwardia areolata*)...

• *Indikatorji* kopičijo radionuklide v nadzemnih delih v majhnih koncentracijah in tako služijo za indikacijo močno onesnaženih ali naravno založenih tal z radionuklidi.

• *Izločevalci* pa s svojimi mehanizmi onemogočajo sprejem radionuklidov v rastlino in so v nekaterih primerih primerni za fitostabilizacijo radionuklidov v tleh, ker s svojimi izločki zmanjšajo njihovo mobilnost v tleh. Rastline primerne za fitostabilizacijo so npr. trave iz rodu *Festuca*, *Agrostis* in *Hyparrhenia*, nekatere mikorizne rastline, topoli...

3 PRIVZEM IN KOPIČENJE RADIONUKLIDOV V RASTLINAH

Za fitoekstrakcijo je pomembno, da se morajo radionuklidi v tleh nahajati v dostopni obliki, kar pomeni, da se morajo nahajati v topni obliki v talni raztopini. Odziv rastlin na povečano vsebnost radionuklidov ali toksičnih kovin v tleh je prikazan na spodnji sliki :

a) Absorpcija – mobilizacija radionuklidov v tleh s pomočjo zakisanja

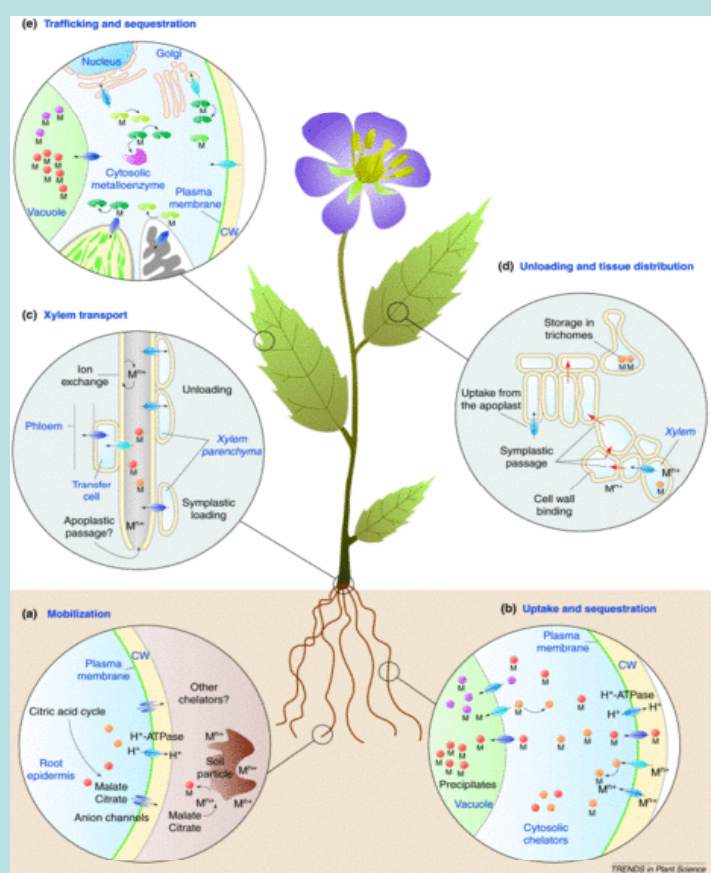
rizosfere in helatiranja radionuklidov z rastlinskimi izločki

b) Privzem in sekvenciracija – privzem helatiranih ali hidratiranih radionuklidov

c) Transport radionuklidov po ksilemu

d) Razporeditev radionuklidov po tkivih – npr. kopičenje v trihomih

e) Kopičenje radionuklidov v celičnih organelih



5 NOVI TRENDI POVEZANI Z FITOREMEDIACIJO

• V svetu se razvijajo novi načini izboljšanja fitoekstrakcije z dodajanjem najrazličnejših dodatkov v onesnažena tla z namenom povečanja biodostopnosti radionuklidov ali toksičnih kovin v tleh za rastline

• proučevanje genov, ki so odgovorni za toleranco akumulatorskih rastlin na večje koncentracije radionuklidov ali toksičnih kovin v tleh

• uporaba transgenih rastlin z izboljšano toleranco na toksične kovine in izboljšanim akumulacijskim potencialom

6 LITERATURA

[1] P. K. Padmavathiamma and Y.L. Loretta. Phytoremediation Technology: Hyper-accumulation Metals in Plants. *Water Air Soil Poolution*, 184: 105-126, 2007

[2] P. Sodek, P. Petřík, M. Vágner, R. Tykva, V. Plojhar, P. Petrová and V. Vaněk. Botanical survey and screening of plant species wich accumulate Ra-226 from contaminated soil of uranium waste depot. *European Journal of Soil Biology*, 43: 251-261, 2007

[3] W.A. Peer, I.R. Baxter, E.L. Richards, J.L. Freeman, A.S. Murphy. Phytoremediation and hyperaccumulator plants. In M.J. Tamás, E. Martinoia (Eds), *Molecular Biology of Metal Homeostasis and Detoxification: Topics in Current Genetics*, Springer-Verlah, Berlin, Heidelberg, 14, 2005

4 TIPI FITOREMEDIACIJE

4.1 FITOEKSTRAKCIJA

• Je uporaba akumulatorskih rastlin za ekstrakcijo radionuklidov iz tal v korenine in nadzemne dele

• primerne so hitrorastoče rastline, ki razvijejo veliko biomaso in kopičijo radionuklide v večjih koncentracijah v nadzemnih delih

• poznamo trajno fitoekstrakcijo, kjer se uporabljajo naravne akumulatorske rastline z velikim akumulacijskim potencialom in kemijsko-inducirano, kjer se tlom dodaja najrazličnejše dodatke, ki povečajo dostopnost radionuklidov v tleh ob uporabi kultiviranih rastlin, ki razvijejo veliko biomaso, vendar ni nujno da so akumulatorske a morajo imeti razvito naravno toleranco na radionuklide ali toksične kovine

• primeri rastlin za fitoekstrakcijo U-238 in Ra-226



Brassica juncea



Helianthus annus



Amaranthus sp.

4.2 FIOSTABILIZACIJA

• To je proces, kjer rastline radionuklidov v svojih tkivih ne kopičijo, temveč s svojimi izločki zmanjšajo njihovo mobilnost v tleh in jih na ta način stabilizirajo

• rastline morajo imeti razvito dobro toleranco na večje koncentracije radionuklidov v tleh, katerih na smejo premeščati v nadzemne dele

• primeri rastlin za fitostabilizacijo toksičnih kovin



Agrostis tenuis



Festuca rubra



Hyparrhenia hirta

4.3 RIZOFILTRACIJA

• Je uporaba akumulatorskih vodnih in močvirskih rastlin za čiščenje vodnih ekosistemov

• primeri rastlin za rizofiltracijo U-238 in Ra-226



Lemna gibba



Nymphaea violacea



Phragmites australis

4.4 FITOVOLATIZACIJA

• je proces, kjer se radionuklidi po ekstrakciji iz tal v telesu rastline pretvorijo v hlapno obliko, ki nato izhlapi v ozračje (primer H-3)