

Obsah polutantů v rostlinných materiálech

Bakalářská práce
2005



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

ABSTRAKT

Abstrakt česky

Dnešní životní prostředí je doslova zaplaveno škodlivinami, které se do něj dostávají zejména antropogenní cestou. Tyto polutanty mohou mít negativní vliv jak na rostliny, tak na lidský organismus. U vybraných polutantů (Cd, Pb, Ni, Hg, Cr a As) jsou uvedeny informace o jejich výskytu či možných důsledcích jejich působení na organismy.

Mnoho rostlin má schopnost tyto polutanty kumulovat ve svém pletivu, a proto jsou tyto využity téměř novým procesem pro dekontaminaci znečištěných ploch, tzv. fytořemediací. U procesu fytořemediace jsou uvedeny informace o jeho principu, jednotlivých metodách, výhodách a nevýhodách či jeho nákladech v porovnání s jinými dekontaminačními technologiemi.

Abstrakt ve světovém jazyce

In these times the environment is deluged by injurants, which are penetrating mainly by the way of human activity. These pollutants can have negative influence onto the plants or human organism. By chosen pollutants (Cd, Pb, Ni, Hg, Cr a As) there are introduced informations about their occurrence and possible results of their influence.

Some kinds of plants have ability these pollutants cumulate in theirs tissue, these plants were chosen to use in new decontamination process of polluted areas. This process is known as the phytoremediation. By this process are introduced informations about its principle, advantages, disadvantages or about its costs in compare with decontamination technologies.

Děkuji vedoucímu bakalářské práce prof. Ing. Milanu Vondruškovi, Csc., za odborné vedení, cenné rady a připomínky, které mi poskytoval při zpracování daného tématu.

OBSAH

ÚVOD	7
1. RELEVANTNÍ POLUTANTY	8
1.1. KADMIUM	8
1.1.1. Vstupy do životního prostředí	8
1.1.2. Obsah kadmia v půdě	8
1.1.3. Působení na rostliny	9
1.1.4. Působení na lidský organismus	9
1.2. OLOVO	9
1.2.1. Vstupy do životního prostředí	9
1.2.2. Obsah olova v půdě	9
1.2.3. Působení na rostliny	10
1.2.4. Působení na lidský organismus	10
1.3. RTUŤ	11
1.3.1. Vstupy do životního prostředí	11
1.3.2. Obsah rtuti v půdě	11
1.3.3. Působení na rostliny	11
1.3.4. Působení na lidský organismus	11
1.4. NIKL	12
1.4.1. Vstupy do životního prostředí	12
1.4.2. Obsah niklu v půdě	12
1.4.3. Působení na rostliny	12
1.4.4. Působení na lidský organismus	12
1.5. CHRÓM	12
1.5.1. Vstupy do životního prostředí	12
1.5.2. Obsah chrómu v půdě	13
1.5.3. Působení na rostliny	13
1.5.4. Působení na lidský organismus	13
1.6. ARSEN	13
1.6.1. Vstupy do životního prostředí	13
1.6.2. Obsah arsenu v půdě	14
1.6.3. Působení na rostliny	14
1.6.4. Působení na lidský organismus	14

2. LIMITNÍ HODNOTY RIZIKOVÝCH PRVKŮ PRO ZEMĚDĚLSKÉ	
PRODUKTY	15
3. FYTOREMEDIACE	16
3.1. POSTUPY FYTOREMEDIACE	16
3.1.1. Fytoextrakce	17
3.1.2. Rhizofiltrace	19
3.1.3. Fytostabilizace	19
3.1.4. Fytovolatilizace	20
3.2. HYPERAKUMULÁTORY	21
3.3. JAK DLOUHO PROCES FYTOREMEDIACE PROBÍHÁ?	22
3.4. VÝHODY A NEVÝHODY FYTOREMEDIACE	22
3.4.1. Výhody fytořremediace	23
3.4.2. Nevýhody fytořremediace	23
3.5. APLIKACE FYTOREMEDIACE	23
3.6. NÁKLADY NA FYTOREMEDIACI	24
ZÁVĚR	25
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	26
SEZNAM TABULEK	30
SEZNAM SCHÉMAT A OBRÁZKŮ.....	31
SEZNAM PŘÍLOH	32

ÚVOD

Obsah polutantů v rostlinných materiálech jistě patří v dnešní době mezi jedny z nejsledovanějších problémů. Není divu, vždyť nikdo z nás by určitě nechtěl, aby se na jeho talíři objevily kontaminované a zdraví nebezpečné potraviny. Ovšem toto riziko je dnes bohužel velmi vysoké. Díky neustálému rozvoji průmyslu totiž uniká do přírody nesčetné množství polutantů – především z průmyslu energetického, metalurgického, chemického... Za vidinou zvýšené produkce kontaminuje zemědělství půdu přehnanou chemizací (hnojiva, pesticidy), kde jsou však tyto látky často těžko biologicky odbouratelné. Mezi vůbec nejvýznamnější znečišťovatele životního prostředí se řadí doprava, neboť na jeden automobil připadá až 2,5 obyvatele, což je alarmující skutečností.

Kontaminace zemědělských plodin je úzce spjata s obsahem polutantů v půdách a atmosféře. Tyto zemědělské plodiny často absorbují z půdy spolu s živinami, které jsou pro růst rostliny nezbytně nutné, i látky rostlině škodící. Tyto látky mají za následek zakrnělý vzrůst rostlin, téměř žádnou produkci a nebo rostliny často ani nevyklíčí, zejména při vyšších koncentracích polutantů v půdě. Avšak větší riziko nastává, jakmile se polutant zanesou do potravního řetězce.

Pro dekontaminaci znečištěných půd se používají speciální metody. Tyto metody mohou být chemického, chemicko-fyzikálního, fyzikálního či biologického charakteru.

Relativně novou metodou pro odstranění polutantů z půdy či podzemní vody je soubor postupů, který využívá zelených rostlin jako potenciálních „čističů“ kontaminovaného prostředí, jedná se o tzv. fytořemediaci.

1. RELEVANTNÍ POLUTANTY

V této kapitole jsou uvedeny polutanty (vybrané těžké kovy a rizikové prvky), které mohou mít negativní vliv na rostliny, zejména tedy na zemědělské plodiny. Jedná se o prvky, které rostlina přijme, ale není schopna je zapojit a využít v metabolismu.

U každého potenciálního polutantu jsou uvedeny možné vstupy do životního prostředí, hlavně vstupy antropogenního charakteru, a jejich obsah v půdách (dle vyhlášky MŽP č.13/1994 Sb. – rizikové prvky v půdách náležejících do zemědělského půdního fondu), což je úzce spjato s jejich obsahem v rostlinách.

Považuji za důležité, aby byl zmíněn i jejich případný negativní vliv na lidský organismus, neboť kumulací těchto polutantů v rostlinách může docházet k jejich zapojení do potravního řetězce.

1.1. Kadmium

1.1.1. Vstupy do ŽP

Kadmium se přirozeně vyskytuje v zemské kůře. Možnými antropogenními vstupy mohou být zemědělství (fosfátová hnojiva), pigmenty pro barvy a plasty, baterie, spalování fosilních paliv, doprovodný kov při zpracování zinkových a olověných rud, pokovování, kaly z ČOV. [1,2,3,4]

Pozn. Emise Cd jsou celosvětově odhadovány na 8100 t/rok, z čehož 7300 t připadá na antropogenní zdroje[1].

1.1.2. Obsah Cd v půdě

V tabulce (Tab. 1.) jsou uvedeny maximálně přípustné hodnoty Cd v půdě dle vyhlášky MŽP č.13/1994 Sb. – rizikové prvky v půdách náležejících do zemědělského půdního fondu.

Tab. 1. Obsah kadmia v půdách, dle vyhlášky č.13/1994 Sb. [5].

Prvek	Maximálně přípustné hodnoty (mg.kg ⁻¹)			
	Výluh 2M HNO ₃ (výluh roztokem 2M HNO ₃ při poměru půdy k vyluhovačce 1:10)		Celkový obsah (rozklad lučavkou královskou)	
	Lehké půdy	Ostatní půdy	Lehké půdy	Ostatní půdy
Cd	0,4	1,0	0,4	1,0

Pozn. Jako oblast zatížená Cd je známo okolí města Shipham v Anglii, kde se jeho obsahy v půdě pohybují nad 350 mg.kg^{-1} . V ČR se zřídka vyskytují obsahy nad $3\text{--}4 \text{ mg.kg}^{-1}$, např. na Příbramsku. [1]

1.1.3. Působení na rostliny

Rostlinou je Cd převážně přijímáno ve formě kationtu Cd^{2+} a to buď z půdy, nebo atmosféry. V nízkých koncentracích je Cd běžnou součástí všech rostlinných tkání a hromadí se pravděpodobně v proteinové frakci rostlin. Příčina toxicity Cd je spojovaná s narušením enzymatické aktivity a syntézy antokyanu. Toxicita kadmia se projevuje omezeným růstem, poškozením kořenů, červenohnědým zbarvením listů, které přechází v chlorózu. [6]

Mezi rostliny citlivé ke kadmiu patří špenát, sója, kořenová zelenina a mezi rostliny, které jsou vůči kadmiu odolné se řadí plodové zeleniny, brambory, tabák a kukuřice. [6]

1.1.4. Působení na lidský organismus

Kadmium u člověka porušuje činnost ledvin a pohlavních žláz, vyvolává destrukci červených krvinek, způsobuje rakovinu plic a vede ke kardiovaskulárním poruchám. Kademnaté ionty vyvolávají křehnutí kostí. [2-4,6]

Kadmium se ukládá v játrech (běžně $2\text{--}4 \text{ mg.kg}^{-1}$) [2], ledvinách ($4\text{--}10 \text{ mg Cd}$) [2] a slezině. [2,4,6,7]

1.2. Olovo

1.2.1. Vstupy do ŽP

Antropogenními vstupy jsou zejména spalovací motory, těžba a úprava železných a neželezných rud, spalování uhlí a topných olejů, spalování odpadů a dřeva [3,4].

1.2.2. Obsah Pb v půdě

V tabulce (Tab. 2.) jsou uvedeny maximálně přípustné hodnoty Pb v půdě dle vyhlášky MŽP č.13/1994 Sb. – rizikové prvky v půdách náležejících do zemědělského půdního fondu.

Tab. 2. Obsah olova v půdách, dle vyhlášky č.13/1994 Sb. [5].

Prvek	Maximálně přípustné hodnoty (mg.kg ⁻¹)			
	Výluh 2M HNO ₃ (výluh roztokem 2M HNO ₃ při poměru půdy k vyluhovacímu 1:10)		Celkový obsah (rozklad lučavkou královskou)	
	Lehké půdy	Ostatní půdy	Lehké půdy	Ostatní půdy
Pb	50,0	70,0	100,0	140,0

Pozn. Zemědělská půda obsahuje průměrně 10 mg.kg⁻¹ [2].

1.2.3. Působení na rostliny

Olovo je běžně přítomno ve všech rostlinách a jeho obsah se zpravidla pohybuje mezi 2-3 mg Pb.kg⁻¹. Příjem olova rostlinou je ovlivňován pH a teplotou. Z půdního roztoku jsou rostliny schopné přijímat Pb ve značných kvantech, v rostlinách je pevně vázáno a není pohyblivé. V malých koncentracích působí soli olova stimulačně na růst. Při vyšších hodnotách dochází k interakcím s ostatními prvky, které vedou k narušení metabolismu vápníku, inhibují enzymatické systémy, snižují příjem CO₂, působí na buněčné dělení a omezují příjem vody. Při jeho vysokém obsahu vznikají u rostlin chlorózy. [6]

Zvýšený obsah Pb bývá způsoben kontaminací na povrchu rostlin. Umytím ovoce a plodů lze obsah Pb snížit o 30-80 %. Zvýšený obsah Pb v rostlinách (brambory, špenát, salát) snižuje výnos až o 20 %. [6]

V bezprostřední blízkosti komunikací může obsah Pb dosáhnout 100-500 mg.kg⁻¹ sušiny [2,6].

Na kumulaci olova je nejcitlivější listová zelenina. [6]

1.2.4. Působení na lidský organismus

Olovo se v lidském organismu kumuluje v kostech, játrech a ledvinách. Má negativní vliv na krevetvorbu, nervový systém, trávicí ústrojí, ledviny a reprodukční systém. Olovo má rovněž mutagenní účinky a olovnaté ionty jsou karcinogenní. [1-4,6,7]

1.3. Rtut'

1.3.1. Vstupy do ŽP

V našich půdách nejsou známy lokality s přirozeně zvýšenou hodnotou rtuti. Antropogenní vstupy mohou být ze zpracování rud, baterií, zemědělství (herbicidy a fungicidy), lékařství (teploměry a zubní amalgam), katalytických procesů, spalování fosilních paliv a z vulkanické činnosti. [1,2,3,6]

Pozn. celkové množství Hg vstupující do atmosféry se odhaduje na 150 000 t/rok, zhruba 2/3 připadají na přirozené zdroje [2].

1.3.2. Obsah Hg v půdě

V tabulce (Tab. 3.) jsou uvedeny maximálně přípustné hodnoty Hg v půdě dle vyhlášky MŽP č.13/1994 Sb. – rizikové prvky v půdách náležejících do zemědělského půdního fondu.

Tab. 3. Obsah rtuti v půdách, dle vyhlášky č.13/1994 Sb. [5].

Prvek	Maximálně přípustné hodnoty (mg.kg ⁻¹)			
	Výluh 2M HNO ₃ (výluh roztokem 2M HNO ₃ při poměru půdy k vyluhovačce 1:10)		Celkový obsah (rozklad lučavkou královskou)	
	Lehké půdy	Ostatní půdy	Lehké půdy	Ostatní půdy
Hg	-	-	0,6	0,8

1.3.3. Působení na rostliny

Rtut' přijatá rostlinami z půdy bývá kumulovaná v kořenech a může být translokována do nadzemních částí. V rostlinách bývá rtut' intenzivně vázána s atomy síry v aminokyselinách, bílkovinách a enzymech. Rtut' v rostlinách omezuje jejich růst, vývin kořenů a fotosyntézu. [6]

Rtut' je kumulována mrkví, salátem, houbami, jablky, zelím a fazolemi, naopak není kumulována rajčaty, okurky a řepou. [6]

1.3.4. Působení na lidský organismus

Rtut' postihuje především nervový systém a dostavují se duševní deprese, dochází k vypadávání zubů a poruchám ledvin. [2,4,6,7]

1.4. Nikl

1.4.1. Vstupy do ŽP

Mezi antropogenní vstupy niklu do životního prostředí se můžou řadit úpravy a těžby rud, hutě, spalování fosilních paliv, baterie, pokovování a spalovny odpadu. [1,3]

1.4.2. Obsah Ni v půdě

V tabulce (Tab. 4.) jsou uvedeny maximálně přípustné hodnoty Ni v půdě dle vyhlášky MŽP č.13/1994 Sb. – rizikové prvky v půdách náležejících do zemědělského půdního fondu.

Tab. 4. Obsah niklu v půdách, dle vyhlášky č.13/1994 Sb. [5].

Prvek	Maximálně přípustné hodnoty (mg.kg ⁻¹)			
	Výluh 2M HNO ₃ (výluh roztokem 2M HNO ₃ při poměru půdy k vyluhovacímu 1:10)		Celkový obsah (rozklad lučavkou královskou)	
	Lehké půdy	Ostatní půdy	Lehké půdy	Ostatní půdy
Ni	15,0	25,0	60,0	80,0

1.4.3. Působení na rostliny

Obsah niklu se v rostlinách pohybuje v rozmezí 0,1 - 5 ppm na sušinu. Toxické koncentrace pro rostliny dosahuje hodnot 10-100 mg.kg⁻¹ sušiny. Jeho vysoký obsah omezuje růst rostlin a potlačuje fotosyntézu a transpiraci. [6]

Mezi rostliny kumulující nikl patří jahody, maliny, angrešt a většina semen. [6]

1.4.4. Působení na lidský organismus

Nikl má negativní vliv zejména na funkci srdečního svalu, ledvin a centrálního nervového systému. [3,7]

1.5. Chrom

1.5.1. Vstupy do ŽP

Mezi antropogenní vstupy patří pigmenty do barev, pokovování, úpravy rud, hutě, zpracování kůže, výroba cementu, spalování fosilních paliv. [1,3].

1.5.2. Obsah Cr v půdě

V tabulce (Tab. 5.) jsou uvedeny maximálně přípustné hodnoty Cr v půdě dle vyhlášky MŽP č.13/1994 Sb. – rizikové prvky v půdách náležejících do zemědělského půdního fondu.

Tab. 5. Obsah chromu v půdách, dle vyhlášky č.13/1994 Sb. [5].

Prvek	Maximálně přípustné hodnoty (mg.kg ⁻¹)			
	Výluh 2M HNO ₃ (výluh roztokem 2M HNO ₃ při poměru půdy k vyluhovacímu 1:10)		Celkový obsah (rozklad lučavkou královskou)	
	Lehké půdy	Ostatní půdy	Lehké půdy	Ostatní půdy
Cr	40,0	40,0	100,0	200,0

1.5.3. Působení na rostliny

Koncentrace Cr v rostlinách je závislá na obsahu jeho rozpustných sloučenin v půdách. Rostliny přijímají Cr⁶⁺. Nejvíce Cr se kumuluje v kořenech, méně v listech a stoncích. Toxicita Cr závisí na stupni oxidace a přístupnosti přijatelných forem Cr. [4,6]

Chrom silně kumulují mrkev, brambory, okurky, kukuřice, naopak zelí, cibule a jablka ji nekumulují. [6]

1.5.4. Působení na lidský organismus

Sloučeniny Cr⁶⁺ jsou karcinogenní (rakovina plic), některé sloučeniny jsou i mutagení, poškozují játra, ledviny a způsobují vnitřní krvácení. [3,6,7]

1.6. Arsen

1.6.1. Vstupy do ŽP

Antropogenní vstupy arsenu do prostředí jsou ze zpracování rud, zemědělství (insekticidy), spalování fosilních paliv, zejména nekvalitního hnědého uhlí a z léčiv pro veterinární medicínu. [1,3,8]

Pozn. Emise As jsou celosvětově odhadovány na 73 540 t/rok, s rozložením 60:40 mezi přirozené a antropogenní zdroje. Zvýšené obsahy se nachází v severních Čechách kolem tepelných elektráren [1].

1.6.2. Obsah As v půdě

V tabulce (Tab. 6.) jsou uvedeny maximálně přípustné hodnoty As v půdě dle vyhlášky MŽP č.13/1994 Sb. – rizikové prvky v půdách náležejících do zemědělského půdního fondu.

Tab. 6. Obsah arsenu v půdách, dle vyhlášky č.13/1994 Sb. [5].

Prvek	Maximálně přípustné hodnoty (mg.kg ⁻¹)			
	Výluh 2M HNO ₃ (výluh roztokem 2M HNO ₃ při poměru půdy k vyluhovačce 1:10)		Celkový obsah (rozklad lučavkou královskou)	
	Lehké půdy	Ostatní půdy	Lehké půdy	Ostatní půdy
As	4,5	4,5	30,0	30,0

1.6.3. Působení na rostliny

Arsen je součástí mnoha rostlin a jeho obsah se v přirozených podmínkách pohybuje od 0,09 - 1,5 ppm na sušinu. V rostlině je poměrně mobilní. Nejvyšší obsahy byly nalezeny u listových zelenin a nízké u ovoce. První příznaky toxicity jsou vadnutí listů a fialové zbarvení, zpomalení růstu a snížení výnosu. [6]

1.6.4. Působení na lidský organismus

Arsen je karcinogenní a mutagenní. Sloučeniny arsenu jsou vysoce toxické, kumulují se v játrech, ledvinách, ve vlasech, nehtech a kůži. [3,7]

2. LIMITNÍ HODNOTY RIZIKOVÝCH PRVKŮ PRO ZEMĚDĚLSKÉ PRODUKTY

Limitní hodnoty pro obsah rizikových prvků v zemědělských produktech stanovuje vyhláška Mze č. 305/2004 Sb., kterou se stanoví druhy kontaminujících a toxikologicky významných látek a jejich přípustné množství v potravinách [9].

V tabulce (Tab. 7.) jsou uvedeny vybrané rizikové prvky a jejich přípustné množství v potravinách.

Tab. 7. Druhy kontaminujících a toxikologicky významných látek a jejich přípustné množství v potravinách, dle vyhlášky č. 305/2004 Sb. [9]

Riziková látka	potravina	NPM mg.kg ⁻¹
ARSEN	ovoce	0,2
KADMIUM	luštěniny	0,2
OLOVO	brambory	0,2
RTUŤ	obiloviny	0,05
	rýže	0,03
	zelenina	0,03
	brambory	0,02
	ovoce	0,03
ZINEK	ovocné šťávy	5,0

3. FYTOREMEDIACE

Jedná se o proces, který využívá zelených rostlin k přesunu, akumulaci a odstranění polutantů ze životního prostředí nebo ke zmírnění jejich škodlivého působení. [7, 10-30]

Jde o relativně novou metodu. Tato technologie se začala vyvíjet koncem 80.let 20.století, kdy byla objevena hyperakumulační schopnost některých rostlin a to při studiích tolerance rostlin k těžkým kovům. A nápad byl na světě, proč nevyužít těchto rostlin k odčerpání kovů z prostředí ? [30]

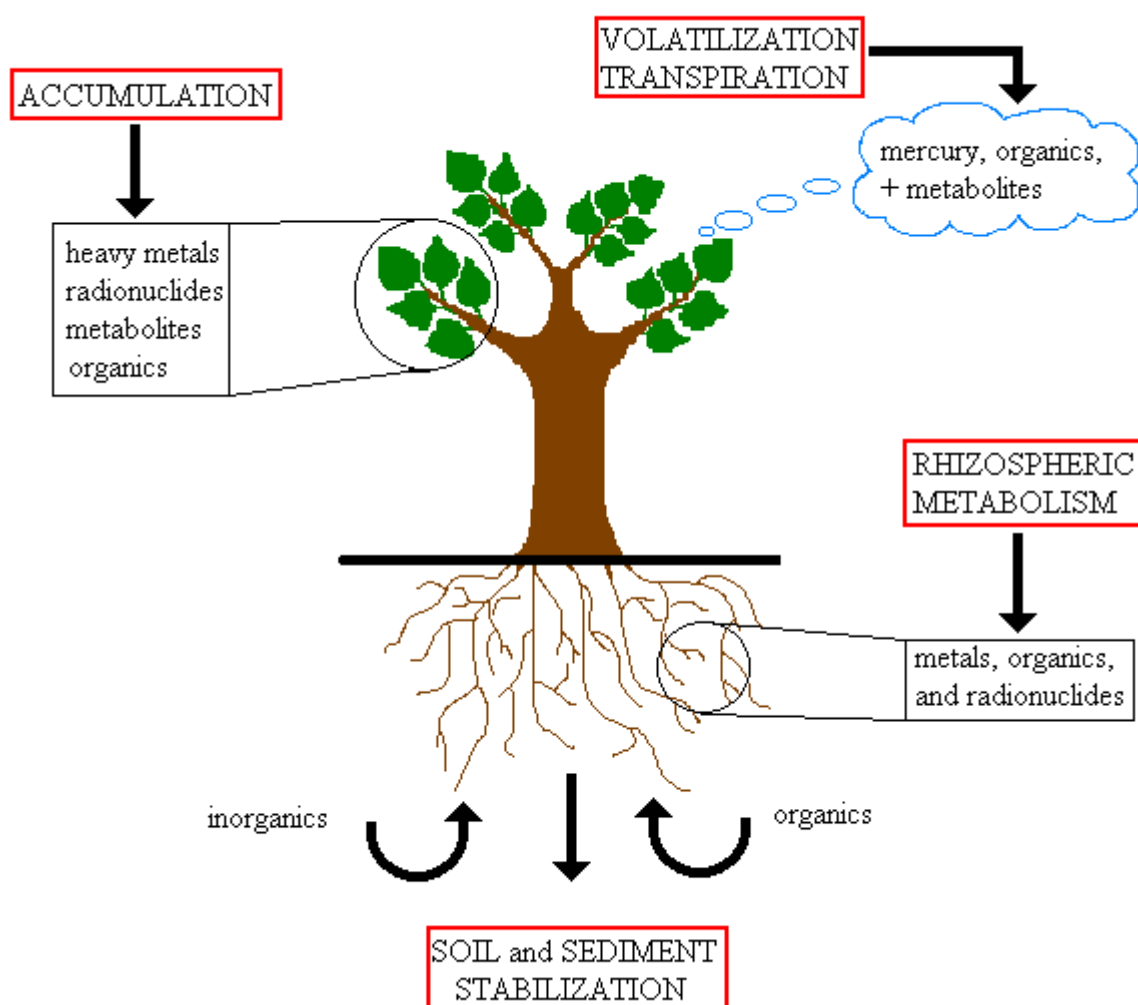
Název fytořemediace vznikl spojením řeckého slova „phyton“ – rostlina a slova latinského „remidium“ – náprava, odstranění. [21,22]

Definice fytořemediace dle agentury pro ochranu životního prostředí (EPA) v U.S. :
"Fytořemediace je metoda in-situ, která využívá rostliny na odstranění polutantů ze zamořených půd, kalů, sedimentů a z podzemní vody pomocí přesunu, degradace, nebo jejich stabilizace v půdě. Pěstování a sklizení rostlin na zamořených místech je jako ozdravovací metoda z estetického hlediska přijatelná a jedná se o proces poháněný sluneční energií. Fytořemediace může být užívána pro odstranění kovů, pesticidů, rozpouštědel, ropy a polycyklických aromatických uhlovodíků." [31]

3.1. Postupy fytořemediace

Metody fytořemediace pro odstranění anorganických polutantů z prostředí jsou závislé na charakteru znečištěného prostředí, kontaminantu a jeho koncentraci, proto se fytořemediace dále dělí na fytořekontaminační (fytoextrakce, rhizofiltrace, fytovolatilizace) a fytořtabilizační technologie. [24]

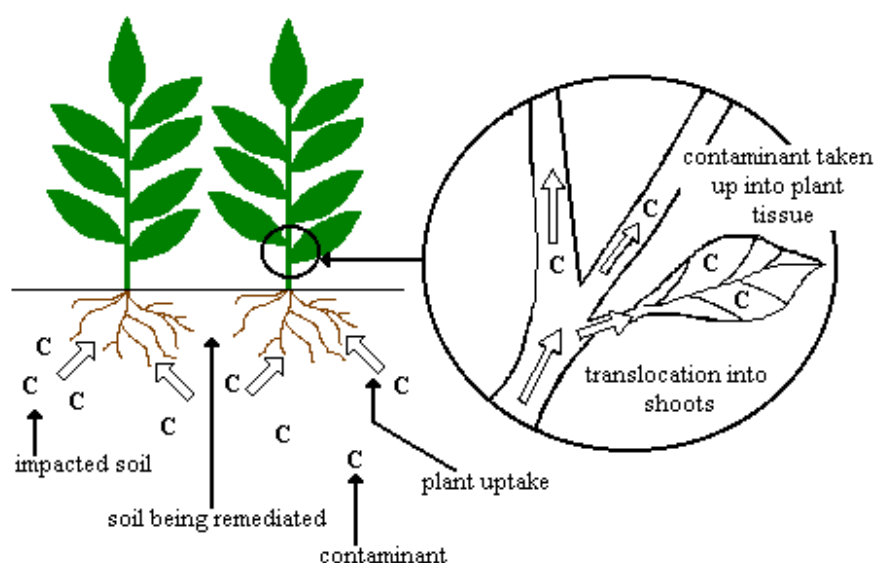
Na obrázku (Obr. 1.) je uvedeno schéma metod fytořemediace, které mohou v rostlinách probíhat.



Obr. 1. Schéma fytořediacce jako komplexního souboru postupů probíhajících v rostlinách [30]

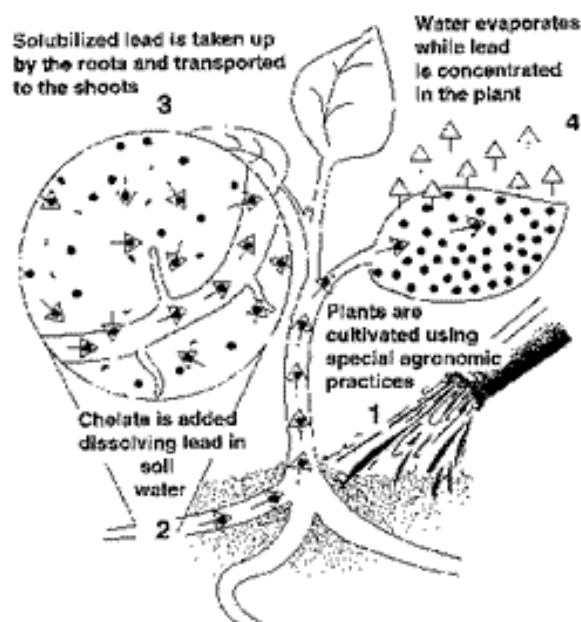
3.1.1. Fytoextrakce (fytoakumulace)

Jedná se o proces, kdy je polutant z půdy či vody rostlinou přijímán a akumulován v její nadzemní biomase (Obr. 2.). Tyto rostliny jsou následně sklizeny a kontaminovaný rostlinný materiál je bezpečně likvidován. [7, 10-16, 18, 23, 24, 26, 28, 29, 31]



Obr. 2. Princip fytoextrakce (fytoakumulace) [33]

Anorganické polutanty jako je kadmium, nikl a arzen jsou pro rostliny snadno absorbovatelné, ovšem téměř nedosažitelné jsou olovo a chrom. Po přidavku chelatačního činidla (EDTA – etylendiamintetraoctová kyselina) k půdě se zvýší přijatelnost olova rostlinami (Obr. 3.). [25]

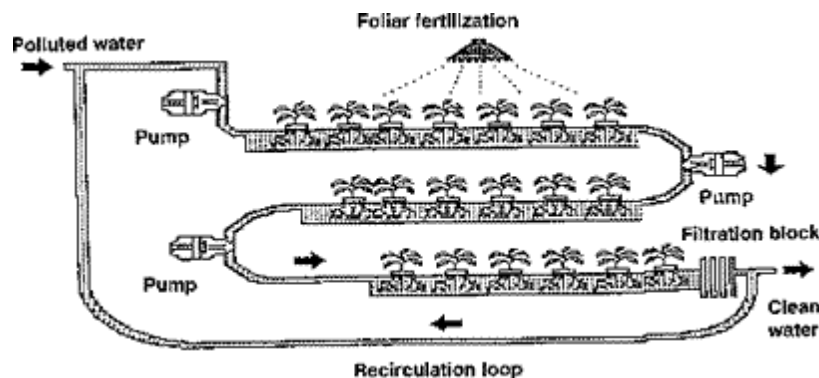


Obr. 3. Fytoextrakce olova z půdy [25]

3.1.2. Rhizofiltrace

Je metoda, kdy dochází k odstraňování anorganických i organických polutantů absorpcí či adsorpcí kořeny rostlin přímo z vody. [11-16, 24-26, 28, 29, 31]

Na obrázku (Obr. 4.) je znázorněno schéma rhizofiltračního systému.



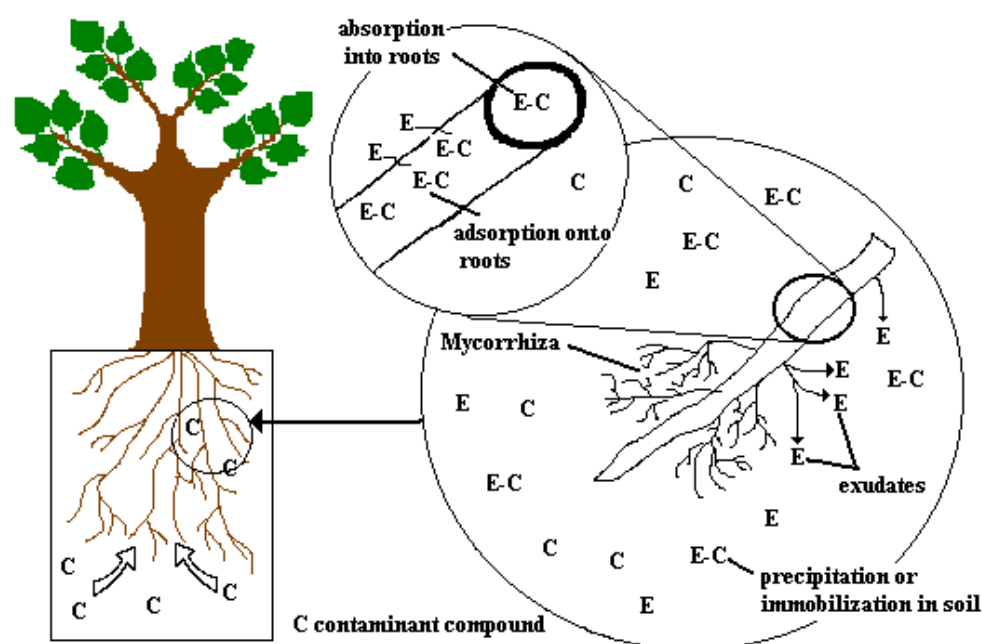
Obr. 4. Schéma rhizofiltračního systému. V systému jsou využity rostliny slunečnic, jejichž kořeny jsou ponořeny do tekoucí znečištěné vody. [25]

3.1.3. Fytostabilizace

Nebo také fytoimobilizace, je proces, kdy dochází k úplné imobilizaci nebo k částečnému omezení přenosu anorganických i organických polutantů do okolí. Vysázené určité druhy rostlin, které jsou tolerantní vůči polutantům zamezují rozšíření kontaminujících látek do okolí tj. adsorpcí na kořenech či absorpcí do kořenů a jejich následnou akumulací v kořenovém systému (Obr. 5.), a tím dochází k omezení větrné a vodní eroze. [9-16, 18, 23, 24, 26, 28, 29, 31]

Tato metoda je využívána jako závěrečný krok při čištění znečištěných ploch jinými technologiemi. Rostliny mají schopnost stabilizovat kontaminanty ve svých orgánech pomocí redoxních změn (např. Cr^{VI} na Cr^{III}), převodem kontaminantů do nerozpustných forem či zabudováním do rostlinných struktur. [24]

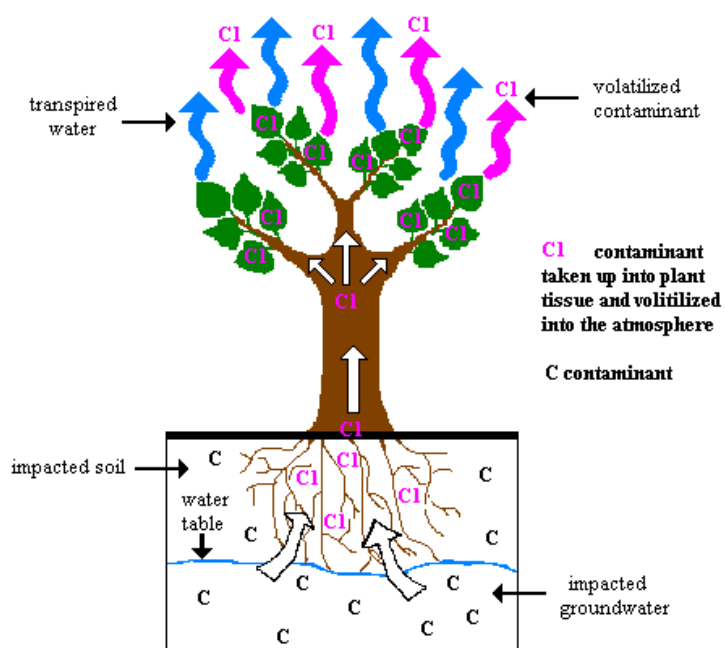
Pro fytostabilizaci jsou vhodné rostliny, které mají dostatečně dlouhý kořenový systém zasahující do spodní vody.



Obr. 5.: Princip fytostabilizace [33]

3.1.4. Fytovolatilizace

Jedná se o proces, kdy jsou rostliny schopny transformovat, degradovat a vypařovat těkavé sloučeniny z půdy (Obr. 6.). Tento postup se uplatňuje zejména u organických polutantů, ale je možný i u anorganického polutantu a to u rtuti.[10-13,15,18,23,24, 26, 28, 29, 31]



Obr. 6.: Princip fytovolatilizace [33]

3.2. Hyperakumulátory

Některé rostliny, které mají schopnost kumulovat nadměrné množství polutantu ve svých pletivech v porovnání s jinými rostlinami a okolní koncentrací kovu v půdě bez nepříznivého vlivu na jejich růst, jsou označovány jako hyperakumulátory. Výhodné je použití rostlin, které jsou schopné odstraňovat více než jeden polutant. [10, 12, 14, 15, 24, 33]

Termín hyperakumulátor byl poprvé použili R. R. Brooks, J. Lee, R. D. Reeves a T. Jaffre k popsání některých rostlin silně kumulujících nikl. Původně byl definován pro rostliny obsahující více než 1000 mg kovu na kilogram v sušině (pro některé kovy či polokovy je tato podmínka stanovena až na 10,000 mg/kg [33, 36]). V přírodě se též vyskytují rostliny, které v pletivu obsahují vysoké koncentrace kovu, avšak přesto znatelně nižší než v okolní půdě, proto byla k definici hyperakumulátoru přidána podmínka, že rostlina hromadí kov v koncentracích oproti okolní půdě vyšších. [24, 33]

Dle přesnější definice se za hyperakumulátory považují rostliny, které jsou schopny přemístit kovy z půdy do svých nadzemních částí v koncentracích 100 mg Cd /kg sušiny, 1000 mg Ni, Cr nebo Pb /kg sušiny. [33]

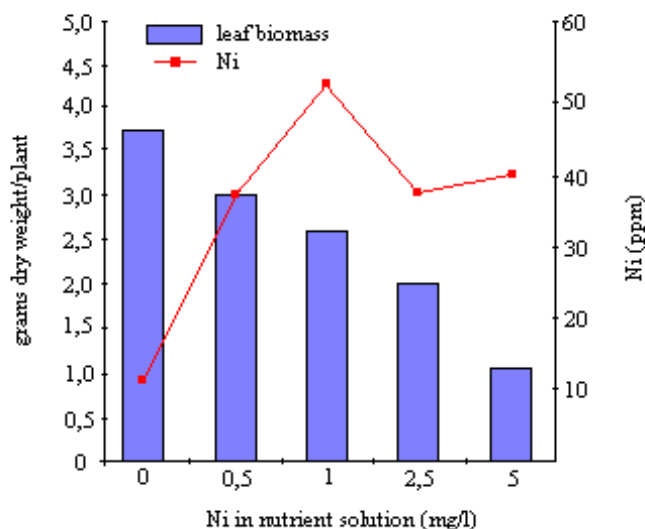
Definice hyperakumulátoru podle EPA v U.S. : „Hyperakumulátory jsou schopny kumulovat extrémně vysoké koncentrace kovů, tj. 0.1% až 3% kovu v sušině.“ [35]

Dnes je známo přes 400 hyperakumulátorů [8, 47], ale ne všechny jsou svými vlastnostmi pro fytořemediaci vyhovující. Přehled vybraných hyperakumulátorů je uveden v příloze PI.

Aby mohla být rostlina pro fytořemediaci použita musí splňovat následující kritéria : musí být resistentní vůči polutantu či polutantům vyskytujících se v znečištěné oblasti, proto je velmi důležité dostatečné prozkoumání vlastností těchto rostlin, aby nedošlo k jejich úhynu. Důležité jsou též klimatické podmínky, v nichž by měla rostlina po dobu tohoto procesu růst a odstraňovat polutanty z prostředí. Rostlina by měla produkovat vysoké výnosy biomasy a rychle růst v daných podmínkách. [31]

Vlastnosti potenciálních hyperakumulátorů jsou v mnoha výzkumných laboratořích nejrůznějšími způsoby testovány, neboť pokud chceme metodu fytořemediace efektivně využívat musí být tato oblast dokonale prozkoumána. Výsledky výzkumů jsou dostupné na internetových stránkách viz. seznam použité literatury [8, 17, 18, 30, 36, 37, 39, 41, 47]. Například v Savannah River Ecology Laboratory (SREL) byl podroben testování hybrid topolu, který rostl po 2 týdny v živném roztoku obsahujícím Ni. Z níže uvedeného grafu (Obr.

7.) je zřejmé, že tento hybrid je schopen přijímat maximální dávku Ni při koncentraci 1 mg/l. [30]



Obr. 7.: Schopnost kumulace Ni hybridem topolu při rozdílných koncentracích Ni v živném roztoku. [30]

Aby byla rostlina schopna přijímat více než jeden polutant či přijímat vyšší množství daného polutantu bývají tyto rostliny vědci často geneticky modifikovány. [20, 41, 42, 46, 48]

3.3. Jak dlouho proces fytořemediace probíhá?

Doba, za kterou dojde k odstranění polutantů z prostředí se pohybuje v řádu několika měsíců až let. Je velmi rozdílná, neboť fytořemediace je proces, který závisí na mnoha faktorech : [27]

- na zvoleném typu a množství použitých rostlin
- na typu a koncentraci přítomného polutantu
- na rozsahu a hloubce znečištěné oblasti
- na typu půdy a současném stavu této znečištěné oblasti

3.4. Výhody a nevýhody fytořemediace

Fytořemediace jako každá jiná metoda má spoustu výhod, ale i nevýhod. Pozitiva i negativa jsou zhrnuty viz. níže. [10, 13-15, 17, 19, 23, 24, 26, 27, 29, 31-33, 36]

3.4.1. Výhody fytořediace

- tato metoda je vhodná pro odstraňování organických i anorganických polutantů
- může být prováděna in-situ i ex- situ
- znečištěná místa mohou být vyčištěna bez nutnosti odstranění kontaminované zeminy či odčerpání znečištěné podzemní vody
- nenáročná na drahé zařízení a odbornou práci oproti jiným metodám
- tento proces je bezpečný z hlediska omezení přímého styku pracovníků s polutanty
- snadná realizace a údržba
- finančně málo nákladná ve srovnání s jinými technologiemi
- šetrná k životnímu prostředí
- z estetického hlediska je veřejností přijatelná

3.4.2. Nevýhody fytořediace

- sezónnost a rozdílnost znečištěných míst, co se týče koncentrace polutantu v prostředí a rozdílných vlastností prostředí
- odstranění polutantu z prostředí touto metodou může trvat až několik let
- je závislá na klimatických podmínkách
- omezení aplikace fytořediace na místa znečištěná do hloubky kořenového systému rostlin
- sklizená biomasa může být označena jako nebezpečný odpad
- využití rostlin jako produktu fytořediace není zcela objasněno
- potenciální možnost konzumace kontaminovaného rostlinného pletiva zvířaty a možný přenos polutantů do potravního řetězce

3.5. Aplikace fytořediace

V nynější době je proces fytořediace spíše ve zkušebním provozu, neboť se jedná o relativně novou metodu. Fytořediace se již z laboratorních podmínek úspěšně přenesla na tzv. polní pokusy. Lokality, kde je proces fytořediace praktikován jsou dostupné na internetových stránkách viz. references [10, 26, 29, 42, 44]. Přehled vybraných lokalit je uveden v příloze P II.

3.6. Náklady na fytoremediaci

Mezi náklady potřebné k realizaci a provozu procesu fytoremediace můžeme zahrnout například [26] :

- finance potřebné k prozkoumání dané oblasti (charakterizace polutantu či polutantů v prostředí, současný stav daného místa, klimatické podmínky)
- náklady na potřebné rostlinstvo, které zde bude použito
- stavební náklady (zahrnují investice pro přípravu stanoviště, zasazení rostlinstva, zavlažování a monitorování)
- náklady na provoz, údržbu a monitoring (zahrnuje cenu práce, cenu potřebných materiálů, chemikálií, pomůcek, laboratorních analýz, zneškodnění)

Fytoremediace se z finančního hlediska jeví jako metoda nenáročná v porovnání s ostatními metodami, neboť fytoremediace je přirozený proces, který ke své činnosti využívá sluneční energii, nevyžaduje vytěžení nebo transport znečištěné půdy a není závislá na speciálním a drahém zařízení. Na druhé straně náklady na monitoring by mohly být vyšší, protože monitorování je potřebné po delší časový interval než u jiných technologií. [7, 26, 33, 44]

ZÁVĚR

Podrobnou charakteristikou relevantních polutantů byla snaha podat ucelený obraz nejen o účincích těchto vybraných polutantů na rostliny a o jejich případném vlivu na výnosy zemědělských plodin, ale i o jejich vlivu na lidský organismus, neboť obsah polutantů v rostlinách je úzce spjat s jejich potenciálním zavlečením do potravního řetězce a nepřímým negativním vlivem na lidský organismus.

Proces fytořemediace je jednou z metod, která je určena pro dekontaminaci znečištěných ploch. Tato metoda využívá schopnosti zelených rostlin kumulovat polutanty ve svém pletivu. Fytořemediace je metodou šetrnou k životnímu prostředí, neboť nevyžaduje použití agresivních chemikálií ani těžké techniky. V dnešní době je fytořemediace spíše ve zkušebním provozu, neboť ještě nejsou zcela známy a podrobně prozkoumány veškeré vlastnosti hyperakumulátorů. Ovšem problém hyperakumulátorů není problémem jediným. Úskalí využití tohoto procesu tkví i v rozdílném charakteru znečištěných ploch a ve vhodném výběru příslušného hyperakumulátoru, který má být pro odstranění polutantu použit. Tato metoda by v budoucnu mohla mít širšího uplatnění, ale vyžaduje to ještě dalšího zkoumání a pokusů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Kontaminace půd* [on-line]. [cit. 2005-02-23]. Dostupný z www:
<http://www.ceu.cz/Puda/negvliv.htm#kontam>
- [2] Hájková J.: *Těžké kovy v životním prostředí a jejich vliv na lidský organismus* [on-line]. [cit. 2005-01-24]. Dostupný z www:
<http://www.szpi.gov.cz/cze/informace/article.asp?id=54175&cat=2190&ts=1ec68>
- [3] *Význam cest expozice vybraným anorganickým látkám pro populaci ČR* [on-line]. [cit. 2005-03-03]. Dostupný z www: <http://www.szu.cz/chzp/rep01/obsah02.htm>
- [4] *O životním prostředí od A do Z* [on-line]. [cit. 2005-03-10]. Dostupný z www:
<http://www.esab.cz/index.asp?item=70499>
- [5] *Vyhláška Ministerstva ŽP č.13/1994 Sb.* [on-line]. [cit. 2005-02-23]. Dostupný z www: <http://www.mvcr.cz/sbirka>
- [6] Richter R.: *Cizorodé prvky* [on-line]. [cit. 2005-02-10]. Dostupný z www:
http://old.mendelu.cz/%7Eagro/af/agrochem/multitexty/html/biogenni_prvky/cizorode_prvky.htm
- [7] Green C., Hoffnagle A.: *Phytoremediation fields studies database for chlorinated solvents, pesticides, explosives and metals* [on-line]. [cit. 2005-03-14]. Dostupný z www: <http://www.cluin.org/download/studentpapers/hoffnagle-phytoremediation.pdf>
- [8] Drahota P.: *Kapradina milující arzen* [on-line]. [cit. 2005-01-14]. Dostupný z www: <http://vesmir.cz/clanek.php3?CID=5874>
- [9] *Vyhláška Mze č. 305 /2004 Sb.* [on-line]. [cit. 2005-02-23]. Dostupný z www:
<http://www.mvcr.cz/sbirka>
- [10] *General phytoremediation* [on-line]. [cit. 2005-03-14]. Dostupný z www:
http://www.civil.nwu.edu/ehe/HTML_kag/Kimweb/MEOP/section3.htm#phytodec
- [11] *Phytoremediation decision tree* [on-line]. [cit. 2005-03-14]. Dostupný z www:
<http://www.cluin.org/download/partner/phytotree.pdf>
- [12] U.S. Environmental protection agency: *Phytoremediation resource guide* [on-line]. [cit. 2005-03-14]. Dostupný z www:
<http://clu-in.org/download/remed/phytoresgude.pdf>

- [13] TechData sheet: *Phytoremediation* [on-line]. [cit. 2005-03-14]. Dostupný z www: http://enviro.nfesc.navy.mil/erb/erb_a/restoration/technologies/remed/bio/tds-2046rev1.pdf
- [14] Garder W.: *Phytoremediation* [on-line]. [cit. 2005-03-14]. Dostupný z www: <http://www.rr2.ualberta.ca/courses/renr575/phytomain.htm>
- [15] *Phytoremediation, An Environmentally Sound Technology for Pollution Prevention, Control and Remediation* [on-line]. [cit. 2005-03-14]. Dostupný z www: <http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/Freshwater/FMS2/1.asp>
- [16] Rai U. N.: *Toxic Metals and Phytoremediation* [on-line]. [cit. 2005-03-14]. Dostupný z www: http://www.geocities.com/isebindia/95_99/99-10-2.html
- [17] U.S. Environmental Protection Agency: *Recent Developments for In Situ Treatment of Metal Contaminated Soils* [on-line]. [cit. 2005-03-14]. Dostupný z www: <http://www.cluin.org/download/remed/metals2.pdf>
- [18] Tlustoš P., Száková J.: *Remediací půdy* [on-line]. [cit. 2005-02-21]. Dostupný z www: http://www.waste.cz/waste.php?clanek=02-05/Remediaci_pud.htm
- [19] *Fytoremediace* [on-line]. [cit. 2005-01-18]. Dostupný z www: <http://encyklopedie.biom.cz/wiki/index.php?title=Fytoremediace&action=edit>
- [20] *Fytoremediace, výzkum, situace v ČR* [on-line]. [cit. 2005-01-18]. Dostupný z www: http://chemicke-listy.vscht.cz/index_cz1250.html
- [21] *Environmental Technology: Phytoremediation* [on-line]. [cit. 2005-03-03]. Dostupný z www: <http://www.worldwidewords.org/turnsofphrase/tp-phy1.htm>
- [22] *Phytoremediation* [on-line]. [cit. 2005-03-03]. Dostupný z www: <http://www.ecological-engineering.com/phytorem.html>
- [23] *Phytoremediation* [on-line]. [cit. 2005-03-03]. Dostupný z www: <http://www.envirotools.org/factsheets/phytoremediation.shtml>
- [24] *Fytoremediace* [on-line]. [cit. 2005-01-10]. Dostupný z www: <http://encyklopedie.biom.cz/wiki/index.php/Fytoremediace>
- [25] Raskin I.: *Phytoremediation: Using plants to remove pollutants from the environment* [on-line]. [cit. 2005-03-03]. Dostupný z www: <http://www.mobot.org/jwcross/phytoremediation/>
- [26] U.S. Environmental Protection Agency: *Brownfields Technology Primer: Selecting and Using Phytoremediation for Site Cleanup* [on-line]. [cit. 2005-03-03]. Dostupný z www: <http://www.cluin.org/download/remed/phytoremprimer.pdf>

- [27] U.S. Environmental Protection Agency: *Citizen's guide to Phytoremediation* [on-line]. [cit. 2005-03-03]. Dostupný z www: <http://www.cluin.org/download/citizens/citphyto.pdf>
- [28] *Use of plant roots for phytoremediation and molecular farming* [on-line]. [cit. 2005-03-03]. Dostupný z www: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?tool=pubmed&pubmedid=10339526>
- [29] *Phytoremediation* [on-line]. [cit. 2005-03-03]. Dostupný z www: <http://www.frtr.gov/matrix2/section4/4-33.html>
- [30] *Phytoremediation Research* [on-line]. [cit. 2005-03-03]. Dostupný z www: http://www.uga.edu/srel/Fact_Sheets/phytoremediation.htm
- [31] Hauser V.L., Gimon D.M.: *Draft Protocol for Controlling Contaminated Groundwater by Phytostabilization* [on-line]. [cit. 2005-03-03]. Dostupný z www: <http://www.frtr.gov/pdf/phytostab.pdf>
- [32] *Phytoremediation Technology* [on-line]. [cit. 2005-03-14]. Dostupný z www: <http://www.cluin.org/products/site/ongoing/demoong/phytotec.htm>
- [33] Interstate Technology and Regulatory Cooperation Work Group: *Phytotechnology Technical and Regulatory Guidance Document* [on-line]. [cit. 2005-03-03]. Dostupný z www: <http://www.itrcweb.org/PHYTO2.pdf>
- [34] *Hyperaccumulators* [on-line]. [cit. 2005-03-14]. Dostupný z www: <http://lamar.colostate.edu/~samcox/Hyperaccumulators.html>
- [35] *Phytoremediation of Pb* [on-line]. [cit. 2005-03-14]. Dostupný z www: http://www.civil.nwu.edu/ehe/HTML_kag/Kimweb/MEOP/
- [36] *Absorbing possibilities: Phytoremediation* [on-line]. [cit. 2005-03-14]. Dostupný z www: <http://ehp.niehs.nih.gov/docs/1995/103-12/innovations.html>
- [37] Kužel S., Kolář, L.: *Phytoremediation of diffusively contaminated soils by two different species of the genus Reynoutria* [on-line]. [cit. 2005-01-18]. Dostupný z www: <http://obd.jcu.cz/cgi-bin/detail.cgi?id=5503050>
- [38] Kužel S.: *Využití rostlin rodu Reynoutria k dekontaminaci půdy a možnosti jejich energetického využití* [on-line]. [cit. 2005-01-18]. Dostupný z www: <http://stary.biom.cz/mag/19.html>
- [39] Váňa J., Ustjak S.: *Transfer těžkých kovů z půdy do energetických rostlin* [on-line]. [cit. 2005-01-18]. Dostupný z www: <http://stary.biom.cz/sborniky/sb95vana/vana2.html>

- [40] *Dekontaminace půdy pomocí rostlinných hyperakumulátorů* [on-line]. [cit. 2005-01-18]. Dostupný z www: <http://stary.biom.cz/člen/jv/pr3.html>
- [41] *Transgenní hořčice léčí půdu* [on-line]. [cit. 2005-01-18]. Dostupný z www: <http://www.osel.cz/index.php?clanek=1123&zn=4&otestovano=1>
- [42] *Přírodní vysavače* [on-line]. [cit. 2005-01-18]. Dostupný z www: <http://stoplusjedna.newtonit.cz/stare/200312/so12a52a.asp>
- [43] Kliment V.: *Nové metody odstraňování těžkých kovů z půdy a vody* [on-line]. [cit. 2005-03-10]. Dostupný z www: http://www.ukzuz.cz/publikace/pudy/bull_3_04.pdf
- [44] Schnoor J.L.: *Phytoremediation* [on-line]. [cit. 2005-03-03]. Dostupný z www: http://www.cluin.org/download/toolkit/phyto_e.pdf
- [45] *Phytoremediation: Using Plants To Clean Up Soils* [on-line]. [cit. 2005-03-14]. Dostupný z www: <http://www.ars.usda.gov/is/AR/archive/jun00/soil0600.htm>
- [46] Frančová K., Macek T.: *Transgenní rostliny – Potenciální nástroj pro dekontaminaci polutantů životního prostředí* [on-line]. [cit. 2005-02-01]. Dostupný z www: <http://chemicke-listy.vscht.cz/old/full/archiv/2001/10-PDF/630-637.pdf>
- [47] Šímanov V.: *Rostliny odčerpávající škodliviny z půdy* [on-line]. [cit. 2005-02-01]. Dostupný z www: http://www.silvarium.cz/lesprace/02/07/_aktuality.html
- [48] *Metal-Scavenging Plants to Cleanse the Soil* [on-line]. [cit. 2005-03-14]. Dostupný z www: <http://www.soils.wisc.edu/~barak/soilscience326/agres.htm>

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Obsah kadmia v půdách, dle vyhlášky č.13/1994 Sb.	8
Tab. 2. Obsah olova v půdách, dle vyhlášky č.13/1994 Sb.	10
Tab. 3. Obsah rtuti v půdách, dle vyhlášky č.13/1994 Sb.	11
Tab. 4. Obsah niklu v půdách, dle vyhlášky č.13/1994 Sb.	12
Tab. 5. Obsah chromu v půdách, dle vyhlášky č.13/1994 Sb.	13
Tab. 6. Obsah arsenu v půdách, dle vyhlášky č.13/1994 Sb.	14
Tab. 7. Druhy kontaminujících a toxikologicky významných látek a jejich přípustné množství v potravinách, dle vyhlášky č. 305/2004 Sb.	15

SEZNAM SCHÉMAT A OBRÁZKŮ

Obr. 1. Schéma fytořemediace jako komplexního souboru postupů probíhajících v rostlinách	17
Obr. 2. Princip fytoextrakce (fytoakumulace)	18
Obr. 3. Fytoextrakce olova z půdy	18
Obr. 4. Schéma rhizofiltračního systému	19
Obr. 5. Princip fytostabilizace	20
Obr. 6. Princip fytovolatilizace	20
Obr. 7. Schopnost kumulace Ni hybridem topolu při rozdílných koncentracích Ni v živném roztoku	22

SEZNAM PŘÍLOH

P I Přehled hyperakumulátorů

P II Přehled vybraných lokalit, kde je proces fytořemediace aplikován

P I Přehled hyperakumulátorů

<i>Rostlina</i>	Latinský název	Polutanty
Křídlatka sachalinská Křídlatka japonská [37- 40]	Reynoutria sachalinensis Reynoutria japonica	Cd , Pb, Ni, Hg
Hořčice sarepská, Hořčice indická [11, 14, 22, 24, 25, 35, 41]	Brassica juncea	Pb, Cr, Cd, Ni
Slunečnice roční [11, 22, 24, 25, 35, 39, 42, 43]	Helianthus annuus	Cr, Ni, Pb
Penízek [11, 24, 33, 35, 36, 42, 44]	Thalspi caerulescens, Thlaspi rotundifolium	Ni, Cd, Pb
Alpské penízky [15, 23]	Thalspi spp.	Pb, Cd
Hořčice bílá. [35]	Sinapis alba	Pb, Cd
Huseníček rolní [24, 35]	Arabidopsis thaliana	zaveden gen způsobující redukci Hg
Šťovík krmný [39]		Cd, Zn
Konopí [39]		Ni, Cr
Koriandr [39]		Cr
Kapradina křídelnice [8]	Pteris vittata	As
Stříbrná kapradina [8]	Pityrogramma calomalanos	As
Huseníček Hallerův [18]	Arabidopsis halleri	Cd
Vojtěška [22, 25]		Pb, Cr, Cd, Ni
Jalovec, topol [3]		Pb, Cr, Cd, Ni
Jitrocel kopinatý a silenka obecná [40]		Cd, Ni
Trávy psineček a kostřava ovčí [40]	Festuca ovina-kostřava [35]	Cd, As
Tabák [40]		Cd
Topol [44]	Populus ssp.	As, Cd, Pb
Kukuřice, rýže [22, 25]	Zea mays	Pb

P II Přehled vybraných lokalit, kde je proces fytoremediace aplikován

Lokalita	Mechanismus	Rostlina	Polutant
Trenton, NJ [7, 26, 44]	fytoextrakce	Brassica juncea	Pb
Whitewood Cr., SD [44]	fytoestabilizace	Populus ssp.	As, Cd
Pennsylvania [44]	fytoextrakce	Thlaspi caerulescens	Cd
Austin, TX [7]	fytoextrakce	Pteris	As
Bytom, Poland [7]	fytoextrakce	Brassica juncea Sinapis alba Helianthus annuus	Cd, Pb
Danbury, CT [7]	fytovolatilizace	Americký topol	Hg
Simsbury, CT [7]	Fytoextrakce fytoestabilizace	Brassica juncea Helianthus annuus	Pb
Washington, DC [7]	fytoextrakce	Pteris	As
Palmerton, PA [7]	fytoestabilizace fytoextrakce	Thlaspi spp. Silenka obecná	Cd
Findlay, OH [7]	fytoextrakce	Brassica juncea	Cr, Cd, Ni, Pb
Dorchester, MA [7]	fytoextrakce	Brassica juncea Helianthus annuus	Pb

EVIDENČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Místo uložení práce: Ústřední knihovna UTB ve Zlíně
Autor práce: Andrea Červenková
Název práce česky: Obsah polutantů v rostlinných materiálech anglicky: Content of pollutants in plants
Vedoucí práce: prof. Ing. Milan Vondruška, Csc.
Vysoká škola (název a adresa): Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Mostní 5139, 760 01 Zlín Fakulta technologická, nám. T. G. Masaryka 275, 762 72 Zlín Ústav inženýrství ochrany životního prostředí
Rok obhájení práce: 2005
Počet stran, obrázků, tabulek: 35, 7, 7
Předmětová hesla: česky: polutant, fytořemediace, hyperakumulátor anglicky: pollutant, phytoremediation, hyperaccumulators
Souhrn česky: Dnešní životní prostředí je doslova zaplaveno škodlivinami, které se do něj dostávají zejména antropogenní cestou. Tyto polutanty mohou mít negativní vliv jak na rostliny, tak na lidský organismus. U vybraných polutantů (Cd, Pb, Ni, Hg, Cr a As) jsou uvedeny informace o jejich výskytu či možných důsledcích jejich působení na organismy. Mnoho rostlin má schopnost tyto polutanty kumulovat ve svém pletivu, a proto jsou tyto využity téměř novým procesem pro dekontaminaci znečištěných ploch, tzv. fytořemediací. U procesu fytořemediace jsou uvedeny informace o jeho principu, jednotlivých metodách, výhodách a nevýhodách či jeho nákladech v porovnání s jinými dekontaminačními technologiemi. anglicky: In these times the environment is deluged by injurants, which are penetrating mainly by the way of human activity. These pollutants can have negative influence onto the plants or human organism. By chosen pollutants (Cd, Pb, Ni, Hg, Cr a As) there are introduced informations about their occurrence and possible results of their influence. Some kinds of plants have ability these pollutants cumulate in theirs tissue, these plants were chosen to use in new decontamination process of polluted areas. This process is known as the phytoremediation. By this process are introduced informations about its principle, advantages, disadvantages or about its costs in compare with decontamination technologies.