

**Výzkumný ústav pícninářský, spol. s r. o. Troubsko
Zemědělský výzkum, spol. s r.o. Troubsko**

Uplatněná certifikovaná metodika 7/09

Fytoremediační postupy s využitím netradičních plodin

**Ing. Barbora Badalíková
Ing. Jaroslava Bartlová
Ing. Jan Hrubý, CSc.
Ing. Ivo Hartman, PhD.**

Srpen 2009

**Realizační výstup Výzkumného záměru financovaného MŠMT
pod identifikačním kódem VZ MSM2629608001
„Využití píce pro remediaci antropogenně poškozených půd“**

Výzkumný ústav pícninářský, spol. s r. o. Troubsko
Zemědělský výzkum, spol. s r.o. Troubsko

ISBN 978-80-86908-13-7

Obsah

Úvod	4
I. Cíl metodiky	5
II. Vlastní popis metodiky a výsledky využitelné zemědělskou praxí	5
Charakteristika vybraných testovaných plodin	6
II.1. Metodika pokusu 1	7
II.1.1. Výsledky	8
II.1.2. Doporučení pro uživatele	10
II.2. Metodika pokusu 2	10
II.2.1. Výsledky	11
II.2.2. Doporučení pro uživatele	12
III. Srovnání novosti postupů	12
IV. Popis uplatnění metodiky	12
V. Seznam použité související literatury	12
VI. Seznam publikací, které předcházely metodice	13
Dedikace	14
Oponenti	14

Úvod

Fytoremediace je remediační metoda, která využívá zelené rostliny a s nimi asociované mikroorganismy, půdní doplňky a agronomické techniky pro odstranění či transformaci kontaminantů z životního prostředí (Soudek et al., 2008). Fytoremediace lze podle metodického postupu závislého na charakteru znečištěného prostředí, kontaminantu a jeho koncentraci rozdělit na různé technologie. Předmětem našeho výzkumu byla metoda fytoextrakce těžkých kovů ze znečištěných půd. Je založena na schopnosti rostlin přijímat a následně v nadzemní biomase akumulovat rizikové látky. Sklizená biomasa je dále zpracována tepelně, mikrobiálně nebo chemicky. Dostatečná fytoextrakční kapacita závisí zejména na dvou faktorech, a to na vysoké produkci nadzemní biomasy a vysoké schopnosti akumulovat rizikové látky v nadzemní biomase. Kromě výše uvedených faktorů je při hodnocení rostlin nutno respektovat i jejich vhodnost pro následné využití, či citlivost rostlin ke kontaminantům přítomným v remediovaném prostředí.

Kontaminaci půdy rozumíme její znečištění nejčastěji cizorodými látkami jako jsou těžké kovy, látky ropného původu, rozpouštědla, polyaromatické látky, atd. Výskyt cizorodých látek se může různě měnit, dostává se do půdy havárií, průtokem ze skládek, záplavami, jsou součástí starých zátěží zemědělských i nezemědělských půd, skládek a složišť. Metody biodegradace jsou nejčastěji používány k likvidaci ropných produktů. Fyzikální a chemické vlastnosti ropných produktů pak výrazně ovlivňují druh technologie dekontaminace (Raclavská, 1998). Mikroorganismy umožňují samočisticí procesy v půdě i ve vodních tocích. Rychlost odbourávání je podmíněna dostatečným přístupem vzdušného kyslíku (Kolář, Kužel, 2000). Hlavní příčinou dlouhodobých škod u kontaminovaných půd ropnými látkami je především destrukce půdní struktury peptizací koloidů a narušení vodovzdušných poměrů. Při biodegradaci ropných látek v půdě. V této souvislosti byly ověřovány možnosti využití stimulačního účinku kejdy prasat (Římovský, Bauer et al., 1998). Zjištěné hodnoty sledovaných parametrů znečištěné půdy ropnými látkami (vyjádřené především v NEL) dokumentovaly pozitivní vliv kejdy na jejich biodegradaci, neboť hnojení kejdou po stimulaci činnosti půdních mikroorganismů urychlilo tento proces v půdě a omezilo negativní působení na produkci sklizené biomasy (Van Gestel et al., 2003). Mikrobiální degradace ropných uhlovodíků v půdě je účinnou a ekonomicky výhodnou biologickou metodou, která má příznivý vliv na životní prostředí. Bioremediační technologie lze s úspěchem využívat při řešení těch ekologických zátěží, kde kontaminované prostředí není toxické pro základní článek procesu sanace, tj. mikroorganismy (Siglová et al., 2006).

Mezi nejvýznamnější anorganické kontaminanty půd patří těžké kovy. Každá půda se vyznačuje určitou pozadřovou hodnotou těžkých kovů, která vyjadřuje jejich přirozený obsah. V důsledku antropogenní činnosti dochází ke zvyšování obsahu těžkých kovů v životním prostředí a k překračování jejich pozadřových hodnot. Již dlouho nacházíme oblasti, kde se kontaminované půdy staly závažným problémem životního prostředí. Základní přehled o lokalitách se zjištěnými nadlimitními obsahy rizikových prvků v půdě poskytují mapy registru kontaminovaných ploch. Obsah těžkých kovů je hodnocen podle vyhlášky č. 13/1994 Sb., která uvádí maximální přípustné obsahy rizikových prvků v půdě (mg.kg^{-1}).

V této metodice je pozornost zaměřena na kadmium a olovo, které představují vážné riziko pro přírodu i zdraví lidí. Kadmium se vyskytuje přirozeně v zemské kůře. Do půd se dostává těžbou rud železa a zinku, spalováním fosilních paliv a komunálního odpadu, je součástí nekvalitních fosforečných hnojiv, z kalů (čistírný odpadních vod). Olovo je nejrozšířenější z těžkých kovů. Zdrojem kontaminace půd je spalování fosilních paliv, těžba rud, imise z hutí a čistírenské kaly. Donedávna se kontaminace půdy řešila pouze jejím odtěžením, odvozem a podle druhu látky buď řízeným uložením nebo spálením. Tento způsob je však velice destruktivní a nákladný. Dnes již máme na výběr z více šetrných dekontaminačních metod. Každá oblast, kontaminovaná určitým typem látek vyžaduje jiný

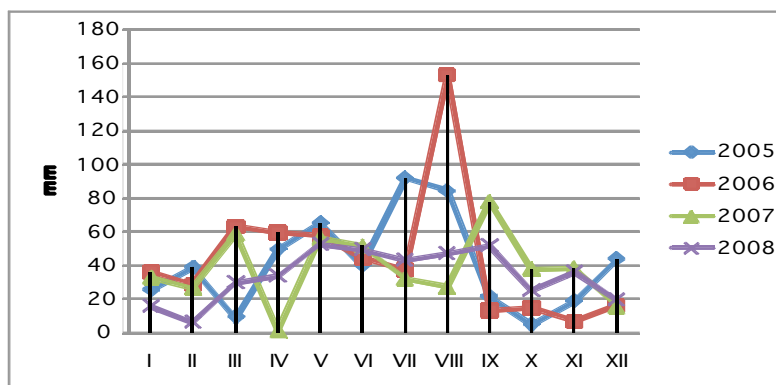
typ rostliny nebo větší počet rostlin ve skupině. Rostliny s hustými a hlubokými kořeny zasáhnou větší množství kontaminované půdy, mají větší plochu povrchu kořenů pro zachycení a zadržení kontaminantů nebo pro usnadnění mikrobiální volatilizace (Wenzel et al. 1999). Proto je snahou vybrat rostlinu, která dokáže vytvořit dostatečně velké množství biomasy a současně absorbovat kontaminující látky a má také schopnost čelit i nepříznivým podmínkám prostředí. Váňa (2005) konstatuje, že při rozhodování o využití metod fytoremediace musíme přihlédnout k podmínkám daného stanoviště, zvážit využití tohoto místa z časového hlediska a posoudit výhody a nevýhody této ozdravovací metody.

I. Cíl metodiky

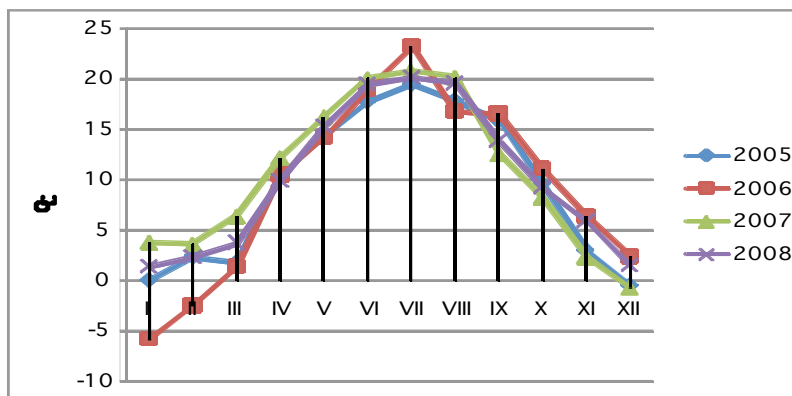
Cílem metodiky bylo ověření technologie tzv. dvoufázové dekontaminace znečištěné půdy motorovou naftou „in situ“ s využitím působení zapravené organické hmoty s vysokou mikrobiální činností (kompostu) do půdy i rhizosféry následně vysetých netradičních plodin a zjištění schopnosti akumulace olova a kadmia netradičními plodinami s využitím působení zapravené organické hmoty (kompostu).

II. Vlastní popis metodiky a výsledky využitelné zemědělskou praxí

Výsledky a doporučení uváděná v následujících kapitolách vychází z víceletého polního pokusu. V následujících kapitolách jsou uvedeny metody, výsledky a v závěru doporučení pro uživatele. V grafech 1 a 2 jsou uvedeny sumy srážek a průměrné teploty za sledované období na pokusném stanovišti.



Graf 1: Množství srážek za sledované období 2005-2008



Graf 2: Průměrná teplota za sledované období 2005-2008

Pro fytoimediační účely byly vybrány plodiny, které byly vyšlechtěny ve Výzkumném ústavu pícninářském spol. s r. o. Troubsko jednak pro účely pícninářské, protierozní (jako meziplodiny pro půdoochranné technologie) a jednak pro účely dekontaminace půd.

Charakteristika vybraných testovaných plodin

Žito svatojánské - trsnaté (lesní žito, křibice) (*Secale cereale* L. var. *multicaule* METZG. ex ALEF.) (obr. 1)

Pícní plodina z čeledi lipnicovitých, nenáročná na půdní a klimatické podmínky. Do podzimu vyrůstá do výšky 20 až 30 cm. Vyznačuje se delší vegetační dobou, značným odnožováním a bohatým olistěním. Výsev do řádků 12,5 cm, výsevek 100 – 150 kg.ha⁻¹, hloubka setí 3-5 cm, termín setí nejlépe do konce srpna. Ochrana proti plevelům stejná jako u jiných obilnin.



Obr. 1 – žito svatojánské

Světlice barvířská – saflor (*Carthamus tinctorius* L.) (obr. 3)

Rostlina je řazena do čeledi hvězdnicovitých. Pochází ze stepních a polostepních oblastí, vypadá jako bodlák. Nemá nároky na půdu, je vhodnou plodinou na suché a vápnité půdy, půda se připravuje jako k obilninám a slunečnici. Kořeny saflor dorůstají do hloubky až 2,5 m, čímž využívají živiny splavené do těchto hloubek. Příznivě se projevují jeho fyto-sanitární účinky. Výsevek 30 kg.ha⁻¹, hloubka setí 3 cm, pro dobré zapojení porostu nejlépe vyset do 20. srpna. Ochrana proti plevelům podle platných metodik ÚKZÚZ. Hlavním kladem této rostliny je suchovzdornost a při pozdějším výsevu značně rychlý nárůst v letních měsících po sklizni obilovin.



Obr. 3 – světlice barvířská



Obr. 4 – sléz krmný

Sléz krmný (*Malva verticillata* L.) (obr. 4)

Jednoletá pícnina z čeledi slézovitých, lodyhu má přímou, nepoléhavou, v hustém zápoji nevětvená, v řídkém sponu větví od báze. Na půdu nenáročná plodina, nejvhodnější jsou však půdy hlubší, dobře zpracovatelné s dobrými vláhovými poměry, s dostatečným obsahem vápna a vyrovnaným obsahem živin. Jako pozdní meziplodinu sejeme nejpozději do konce

srpna. Výsev do řádků 12,5 – 25 cm, výsevek 15 kg.ha⁻¹, hloubka setí 1 – 2 cm. Ochrana proti dvouděložným plevelům podle platných metodik ÚKZÚZ.



Obr. 5 – komonice jednoletá



Obr. 6 – pískavice řecké seno

Komonice jednoletá (*Melilotus alba* MEDIC.) (obr. 5)

Jednoletá forma z populace komonice dvouleté, lodyhu má vzpřímenou, dorůstá do výšky 15 cm a více. Daří se jí na půdách málo úrodných a neplodných, nesnáší však půdy zamokřené a velmi těžké. Používá se jako pícnina, meliorační rostlina pro půdy neplodné a jako dobrá plodina pro zelené hnojení. Pěstuje se jako čistá kultura, nebo ve směsi s úročníkem a inkarnátem, výsev v čisté kultuře je 20 kg.ha⁻¹.

Pískavice řecké seno (*Trogonella foenum-graecum*) (obr. 6)

Patří k nejstarším kulturním rostlinám, pochází ze středozeší, je to jednoletá rostlina z čeledi bobovitých. Pro její pěstování jsou vhodné slunné polohy, chráněné před větrem, hlinito-písčité půdy s dostatkem živin a spodní vláhou, nesnáší čerstvé hnojení chlévskou mrvou. Na počátku růstu je nutné porost odplevelit. Seje se v dubnu do řádků 25-30 cm při výsevku 25 kg.ha⁻¹.

II.1. Metodika pokusu 1 - Studium průběhu dekontaminace půdy ropnými látkami

Reakce plodin na rozdílnou intenzitu znečištění půdy ropnými látkami (motorovou naftou, dále jen MN) a dekontaminace půdy biologickými procesy bude dále hodnocena v maloparcelových pokusech na nezemědělské půdě (v areálu VÚP Troubsko).

Výběr testovaných plodin a jejich zařazení do maloparcelového pokusu byl proveden na základě výsledků funkce těchto plodin při dekontaminaci.

Pokusné varianty:

1. kontrola, bez aplikace MN, pouze výsev testovaných plodin
2. půda (bez aplikace MN) + kompost + výsev testovaných plodin
3. půda + kompost + MN (0,5 l na m²)
4. půda + kompost + MN (1,0 l na m²)
5. půda + kompost + MN (1,5 l na m²)

V pokusech byly hodnoceny pro určení úrovně kontaminace půdy ropnými látkami obsahy nepolárních extrahovatelných látek (NEL). U kontrolních variant byl při založení pokusů analyzován obsah nepolárních extrahovatelných látek jako požadovaná hodnota pro zhodnocení dynamiky průběhu dekontaminace půdy znečištěné motorovou naftou. Analýzy na NEL provedl GEOTest Brno a.s.. Měření bylo prováděno podle ČSN 757505.

Ve vzorcích z životního prostředí znečištěných NEL se tak vzhledem k charakteru zdroje jedná výrazně o ropné uhlovodíky.

Dále byly hodnoceny růst a vývoj testovaných plodin, jejich zdravotní stav a výnos sklizené hmoty v sušině. U vybraných variant bylo hodnoceno pH půdy, obsah humusu a mikrobiální činnost.

II.1.1. Výsledky

Maloparcelový pokus byl založen na podzim roku 2005, kdy byly analyticky stanoveny výchozí hodnoty NEL v půdě u jednotlivých pokusných variant. Se stoupající výchozí kontaminací půdy motorovou naftou (viz metodika pokusu) zjištěný obsah NEL v půdě se na podzim roku 2005 výrazně zvyšoval se stoupajícími aplikovanými dávkami motorové nafty do půdy, když u var. 3 činil 550 mg/kg.suš., u var. 4 byl 3 400 mg/kg.suš., nejvyšší hodnoty obsahu NEL v půdě byly zaznamenány u var. 5 – 11 700 mg/kg.suš.

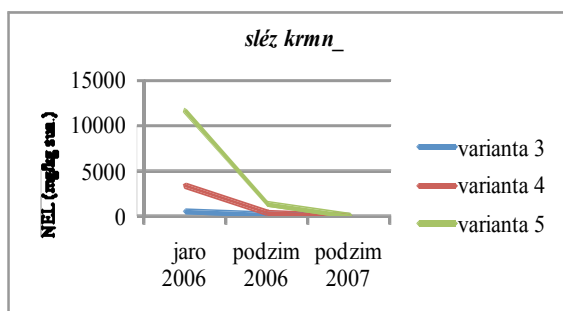
Již v prvním pokusném roce 2006 byl zaznamenán výrazný pokles obsahu NEL v půdě po sklizni všech testovaných plodin (tab. 1). Konkrétním podmínkám probíhajícího procesu dekontaminace půdy se nejlépe v tomto roce přizpůsobila pískavice řecké seno.

V následném pokusném roce 2007 hodnoty NEL již poklesly vesměs na úroveň variant bez aplikace kompostu a motorové nafty, přitom obsah NEL v půdě se u jednotlivých variant pohyboval max. do 84 mg/kg suš. (tab. 1). V roce 2008 potvrdily výsledky analýz, že zjištěné hodnoty NEL dle testovaných plodin se i v tomto roce pohybovaly na úrovni kontrolních variant bez aplikované motorové nafty, tj. na úrovni přirozeného pozadí.

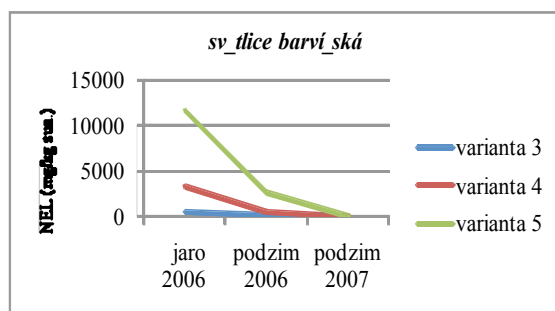
Tab. 1: Dekontaminace půdy znečištěné motorovou naftou – maloparcelový pokus Troubsko 2006-2008 (průměrná hodnota NEL v mg/kg suš.)

plodina	varianta	jaro 2006 (v_chozí stav)	podzim 2006	podzim 2007	podzim 2008
sléz krmn_	1	20	20	20	27
	2	23	80	52	82
	3	550	257	43	32
	4	3400	460	44	61
	5	11700	1457	42	42
sv_tlice barví_ská	1	20	20	22	20
	2	23	32	51	31
	3	550	187	41	57
	4	3400	583	35	48
	5	11700	2720	39	150
_ito svatojánské	1	20	56	20	22
	2	23	48	20	28
	3	550	227	31	95
	4	3400	993	66	280
	5	11700	1123	29	130
pískavice _ecké seno	1	20	20	20	40
	2	23	55	84	52
	3	550	207	32	65
	4	3400	433	32	87
	5	11700	738	70	95

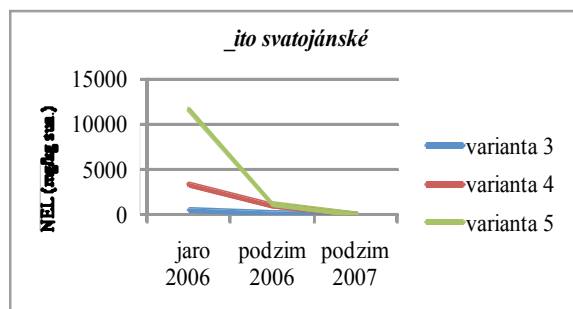
Vyjádření poklesu NEL v půdě podle jednotlivých testovaných plodin jsou znázorněny v grafech 3 – 6.



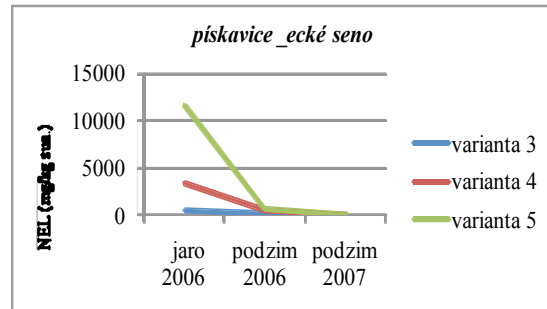
Graf 3: Obsah NEL v půdě – sléz krmný



Graf 4: Obsah NEL v půdě – světlice barvířská



Graf 5: Obsah NEL v půdě – žito svatojánské



Graf 6: Obsah NEL v půdě – pískavice ř.s.

Podle zjištěného obsahu humusu za sledované roky lze usuzovat o pozitivní funkci zapraveného kompostu do půdy u variant 2-5. V roce 2008 došlo ke snížení obsahu humusu, což může být způsobeno rychlým rozkladem dodaného kompostu vlivem zvýšené mikrobiální činnosti. Nejvyšší průměrný obsah humusu byl zjištěn u varianty 2 (kompost, bez aplikace MN), a sice 2,27 % a nejnižší u varianty 1 (bez kompostu a ropy – kontrolní), a to 1,72 %. Z plodin, z hlediska zbytků organické hmoty v půdě, byla nejvíce prospěšná pískavice řecké seno a žito trsnaté. Půdní reakce nebyla ovlivněna ani různou úrovní kontaminací půdy motorovou naftou ani zapravením kompostu a pohybovala se na úrovni 7,3.

Mikrobiální činnost se projevila zvláště u variant s aplikací kompostu do půdy (tab. 2). Počet aktinomycet byl zjištěn nejvyšší v roce 2007 u varianty 4 a 5, tedy s největším zatížením kontaminantem, zatímco počet mikromycet byl nejvyšší u všech variant kontaminovaných MN. V roce 2008 se zvýšil počet aktinomycet i mikromycet zejména u variant 2 – 5. Aktivita mikroorganismů se zvýšila druhým rokem pravděpodobně vlivem úplného rozkladu kompostu, čímž byl dodán zdroj živin pro mikroorganismy. Svůj podíl má i zachování půdní reakce neutrální až alkalické, což zvláště aktinomycetám vyhovuje. Množství mikromycet nebyl tak ovlivněn půdním prostředím, přesto byl zaznamenán jejich nárůst. Největší činnost těchto mikroorganismů byla zjištěna pod plodinou pískavice řecké seno.

Tab. 2: Počet aktinomycet a mikromycet u variant kontaminovaných motorovou naftou a zapravením organické hmoty do půdy – maloparcelový pokus Troubsko 2007-2008

varianty	plodiny	2007		2008	
		actinomycety	micromycety	actinomycety	micromycety
		(10^3 /g DM)	(10^3 /g DM)	(10^3 /g DM)	(10^3 /g DM)
1	pískavice ecké seno	0	1	5	2
	sv_tlice barví ská	0	1	5	2
	sléz krmn_	0	2	0	2
	_ito svatojánské	0	2	0	2
2	pískavice ecké seno	1	0	30	2
	sv_tlice barví ská	3	1	8	2
	sléz krmn_	8	3	28	1
	_ito svatojánské	2	1	3	1
3	pískavice ecké seno	0	3	50	2
	sv_tlice barví ská	2	2	1	1
	sléz krmn_	1	3	0	6
	_ito svatojánské	8	2	0	2
4	pískavice ecké seno	8	4	50	7
	sv_tlice barví ská	5	2	5	2
	sléz krmn_	3	2	0	7
	_ito svatojánské	3	1	0	1
5	pískavice ecké seno	8	3	50	8
	sv_tlice barví ská	0	2	0	2
	sléz krmn_	5	2	3	4
	_ito svatojánské	4	2	3	2

II.1.2. Doporučení pro uživatele

Výsledky prokázaly, že zapravení organické hmoty do půdy nejlépe rotačním nářadím kvůli kvalitnímu promísení s kontaminovanou půdou (např. kompostu s vysokou mikrobiální činností) znečištěné motorovou naftou a následné využití pícních plodin pro fytoremediaci splňuje svůj účel. V roce 2008 potvrdily výsledky analýz, že zjištěné hodnoty NEL dle testovaných plodin se i v tomto roce pohybovaly na úrovni kontrolních variant bez aplikované motorové nafty, tj. na úrovni přírodního pozadí. Největší využití z pohledu fytoremediace bylo zaznamenáno u plodiny pískavice řecké seno, kde byla zjištěna i nejvyšší mikrobiální činnost.

II.2. Metodika pokusu 2 - Studium akumulace vybraných těžkých kovů pícninami

V druhé etapě řešení byly sledovány vybrané meziplodiny z hlediska akumulace vybraných těžkých kovů v rostlině. Při rozhodování o dekontaminačním zásahu je potřeba zjistit úroveň kontaminace půdy. V Troubsku byla na podzim roku 2005 na nezemědělské půdě provedena aplikace těžkých kovů (Cd 10 ppm, Pb 500 ppm). Po aplikaci těžkých kovů

na pokusný pozemek byl na kontaminované půdě dle jednotlivých variant rozmetán kompost v dávce 15 t.ha⁻¹ a bylo provedeno jeho zapravení kombinátorem do hloubky 0,10 – 0,20 m.

Na jaře 2006 byl proveden odběr půdních vzorků v hloubce 0-0,30 m. Pozadová hodnota kontrolních variant byla u olova 44 ppm a u kadmia 0,74 ppm.

Pokusné varianty:

1. bez kontaminace
2. bez kontaminace + kompost
3. těžké kovy + kompost
4. těžké kovy

Velikost jedné parcely byla 2,5 m². Odběr vzorků nadzemní biomasy byl proveden formou čtyř nepravých opakování z každé varianty. Byl stanoven výnos sklizené nadzemní biomasy a výnos sušiny nadzemní biomasy. Stanovení obsahu kadmia a olova bylo provedeno atomovou emisní spektrometrií dle ČSN EN ISO 11885 v akreditované laboratoři firmy GEOTest, a.s. v Brně.

II.2.1. Výsledky

Výsledky z druhé etapy pokusu v letech 2006 – 2008 ukazují, že dané množství těžkých kovů v půdě neovlivnilo významně výnosy nadzemní biomasy oproti kontrolním variantám (viz tab. 3). Výjimkou byla světlice barvířská, kde se výnos na kontaminovaných variantách zvýšil. Nejvyšší výnosy nadzemní biomasy byly zjištěny u světlice barvířské, nejnižší u pískavice řecké seno.

Jako nejvhodnější plodinou pro odběr Cd a Pb se jeví sléz krmný a žito svatojánské. U těchto plodin aplikace kompostu významně podpořila odběr těžkých kovů z půdy. U žita svatojánského byl v jednotlivých letech zjištěn sestupný trend v akumulaci těžkých kovů. Odběr kovů v druhém a třetím roce byl nižší než v předchozím roce.

Tab. 3: Průměrné hodnoty výnosu nadzemní biomasy a obsahu kadmia a olova v rostlinách, Troubsko 2006-2008

Rostlina	Varianta	V_nos nadzemní biomasy (g/m ²)	Obsah v nadzemní bion (mg/kgsu_iny)	
			Cd	Pb
pískavice	I	581,61	0,21	5,17
pískavice	II	624,40	0,20	4,62
pískavice	III	595,36	0,43	7,99
pískavice	IV	553,49	0,45	6,86
saflor	I	1795,00	0,23	3,46
saflor	II	1408,33	0,30	3,79
saflor	III	2021,67	0,72	4,53
saflor	IV	2151,67	0,68	4,07
sléz	I	1068,33	0,35	4,65
sléz	II	961,67	0,72	4,28
sléz	III	1003,33	2,12	9,61
sléz	IV	1010,00	1,79	6,92
_ito	I	932,21	0,24	3,18
_ito	II	1048,30	0,24	3,65
_ito	III	967,13	1,56	10,86
_ito	IV	1043,56	1,11	10,57
komonice	I	1154,55	0,21	3,67
komonice	II	1366,80	0,24	3,48
komonice	III	1317,08	0,41	5,20
komonice	IV	1018,84	0,66	7,49

II.2.2. Doporučení pro uživatele

Získané výsledky ukazují pozitivní vliv přidaného kompostu. Vzhledem k tomu, že fytoremediace probíhá většinou v méně příznivých půdních podmínkách (výsypky, staré doly apod.), doporučujeme „oživení“ půdy aplikací organické hmoty. Pro dobrý výsledek je také je třeba zvolit méně citlivé plodiny. Z tohoto pohledu nejlépe vyhovují sléz krmný a žito svatojánské, které jsou méně náročné plodiny na pěstování.

III. Srovnání „novosti postupů“ oproti původní metodice, případně zdůvodnění, pokud se bude jednat o novou neznámou metodiku

Tato metodika obsahuje nové výsledky z pokusů s variantami, které odpovídají požadavkům zemědělské praxi. Novost postupů představuje využití méně známých netradičních plodin ve fytoremediačních postupech kontaminovaných půd. Netradiční plodiny jsou výsledkem šlechtění Výzkumného ústavu pícninářského spol. s r.o. Troubsko, jež je současně i producentem osiva těchto plodin. Metodika vychází z potřeb remediace kontaminovaných půd. Doporučení a zpracování výsledků jsou podloženy mnoholetým řešením této problematiky.

V současné době probíhá ověřování navržené technologie v poloprovozních polních pokusech s kontaminovanou půdou ropnými látkami i těžkými kovy v rozdílných agroekologických podmínkách.

IV. Popis uplatnění certifikované metodiky

Metodika „Fytoremediační postupy s využitím netradičních plodin“ je určena zemědělské praxi a pro poradenské služby, kteří řeší problematiku kontaminovaných půd. Výsledky řešení byly publikovány na mnoha vědeckých konferencích, seminářích či formou článků v odborných a recenzovaných časopisech v tuzemsku i zahraničí.

V. Seznam použité související literatury

- Kolář, L., Kužel, S. (2000): Odpadové hospodářství. České Budějovice, 193 s.
- Raclavská, H. (1998): Znečištění zemin a metody jejich dekontaminace. Ostrava, 111 s.
- Římovský, K., Bauer, F., Boháček, Z., Linhartová, M., Toul, J. (1998): Effect of pig slurry on increase of biodegradation of petroleum products in soil. Rostl.Výr., 44, 7: 325-330
- Siglová, M., Čejková, A., Masák, J., Macháček, J., Feifířová, D., Jirků, V. (2006): Bioremediační technologie jako nástroj pro dekontaminaci znečištěných území. Biotechnology 2006, Sci. Ped. Publ., Č. Budějovice, s.1040-1042
- Soudek, P., Petrová, Š., Benešová, D., Koryta, J., Vaněk, J. (2008): Fytoremediace a možnosti zvýšení jejich účinnosti. Chemické listy, č. 102, s. 346-352
- Van Gestel, K., Mergaert, J., Swings, J., Coosemans, J., Ruykeboer, J. (2003): Bioremediation of diesel oil-contaminated soil by composting with biowaste. Environmental Pollution. 125, 3: 361-368
- Váňa, V. (2005): Šetrná dekontaminace zemědělské půdy. Úroda, 2005, č.10, s. 42-43
- Wenzel, W. W., Adriano, D. C., Salt, D., Mith, R. (1999): Phytoremediation: A plant-microbe-based remediation systém. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, USA. Bioremediation of contaminated soils, Agron. Monogr. 37: 457-508

VI. Seznam publikací, které předcházely metodice

- Badalíková B., Hrubý J., Bartlová J.: Determination of activity of microorganisms in recultivation of diesel oil contaminated soils by non-traditional crops. In Sb.: 13th Conference on Environment and mineral Processing, VŠB-TU Ostrava, 2009, p.97-101 ISBN: 978-80-248-1994-5
- Bartlová, J., Hrubý, J., Badalíková, B., Hartman, I. (2008): Možnosti netradičních pěstovin pro snižování obsahu těžkých kovů v půdě. In: Vědecká příloha časopisu Úroda „Aktuální poznatky v pěstování, šlechtění, ochraně rostlin a zpracování produktů“. Praha: 2008, s. 269-274
- Hartman, I., Hrubý, J., Badalíková, B. (2007): Produkce nadzemní biomasy a příjem kadmia a olova netradičními pěstovinami. In: Sb. Aktuální poznatky v pěstování, šlechtění, ochraně rostlin a zpracování produktů, Brno, 311-314. ISBN 978-80-86908-04-5
- Hartman I., Hrubý J., Badalíková B. (2006): Vliv pomocných půdních látek na příjem kadmia a olova rostlinami. In: Šarapatka B., Bednář M., (Eds.): Pedogeneze a kvalitativní změny půd v podmínkách přírodních a antropicky ovlivněných území. Kouty nad Desnou, 262-265. ISBN 80-244-1448-1
- Hartman I., Hrubý J., Badalíková B. (2006): Využití svatojánského žita a pískavice řecké seno pro fytoremediace. In: Sb. Aktuální poznatky v pěstování, šlechtění a ochraně rostlin, Brno, 421-423. ISBN 80-86908-03-8
- Hrubý, J., Badalíková, B. (2009): Využití kompostu a netradičních plodin při dekontaminaci půdy znečištěné motorovou naftou. *Biom.cz* [online]. 2009-04-22 [cit. 2009-05-11]. Dostupné z WWW:<<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-kompostu-a-netradicnich-plodin-pri-dekontaminaci-pudy-znecistene-motorovou-naftou>>. ISSN: 1801-2655
- Hrubý, J., Badalíková, B., Hartman, I. (2005): Biologická dekontaminace půdy znečištěné ropnými látkami. In Sb.: Realizací poznatků vědy a výskumu k trvalému udržitelnému zemědělství, Michalovce, s.378-379
- Hrubý, J., Badalíková, B., Hartman, I. (2005): Využití netradičních plodin při remediaci kontaminované půdy naftou motorovou. In: Sb. Věd. prací Troubsko, (15), s.109 -115
- Hrubý, J., Badalíková, B., Hartman, I. (2006): Biologická dekontaminace půdy znečištěné motorovou naftou. In CD: Biotechnology 2006, České Budějovice, s.924-926. ISBN: 8085645-53-X
- Hrubý, J., Badalíková, B., Hartman, I. (2006): Fytoremediace půdy znečištěné motorovou naftou s využitím netradičních plodin. In Sb.: Aktuální poznatky v pěstování, šlechtění a ochraně rostlin, Brno, s.429-432. ISBN 80-86908-03-8
- Hrubý, J., Badalíková, B., Hartman, I., Vostoupal, B. (2006): Obnova a využití ploch kontaminovaných motorovou naftou. In CD: Odpady biodegradabilní – energetické a materiálové využití, Brno, MZLU, 8 s. ISBN 80-7157-994-7
- Hrubý, J., Badalíková, B., Hartman, I. (2007): Biologická dekontaminace půdy znečištěné motorovou naftou s využitím netradičních plodin. *Agromagazín*, 8, č.10, s.14-15. ISSN 1214 -0643
- Hrubý, J., Badalíková, B., Hartman, J. (2008): Uplatnění netradičních plodin při rekultivaci půd kontaminovaných motorovou naftou. In CD: Biotechnology 2008, České Budějovice 2008, Prát 4, s.67-69. ISBN 80-85645-58-0.
- Hrubý, J., Badalíková, B., Hartman, I., Bartlová, J. (2008): Remediation of petroleum-contaminated soils using compost and non-traditional crops. In CD: Soil Tillage – New Perspectives, konf. ISTRO, Brno, s.313-320. ISBN 978-80-86908-05-2
- Hrubý, J., Badalíková, B., Bartlová, J. (2008): Využití netradičních plodin při dekontaminaci půdy znečištěné motorovou naftou. In CD : Aktuální poznatky v pěstování, šlechtění, ochraně rostlin a zpracování produktů, věd. příl. čas. Úroda, Brno, s.269 -273. ISSN: 0139-6013

- Hrubý, J., Badalíková, B., Bartlová, J. (2008): Využití kompostu a netradičních plodin při dekontaminaci půdy znečištěné motorovou naftou. In CD: Odpady biodegradabilní – energetické a materiálové, MZLU, Brno, 7 s. (nečísl.). ISBN: 978-80-7375-229-3
- Hrubý, J., Hartman, I., Badalíková, B. (2007): Fytoremediace je biologická cesta k ozdravení půdy. Zemědělský kalendář 2008, VI (160), s.84-85. ISBN 978-80-239-8597-9.
- Hrubý, J., Hartman, I., Badalíková, B. (2007): Fytoremediační postupy s využitím netradičních plodin u kontaminované půdy motorovou naftou. In: Nové trendy ve fytoremediačních technologiích, LCaŘ, příl., 122, č.9/10, s.330-331. ISSN 1210-3306.
- Hrubý J., Badalíková B., Hartman I., Svoboda M., Suchardová M., Chromková I. (2006): Evaluation of the activity of actinomycetes and micromycetes in the soil in relation to changes in soil pH caused by the action of some residual industrial materials. In CD, Conference ISTRO "Sustainability - its Impact on Soil Management and Environment", Kiel, s. 1072-1077. ISBN 3-9811134-0-3

Dedikace: Výzkumný záměr MŠMT ČR pod identifikačním kódem VZ MSM2629608001

Jména oponentů: 1) Ing. Ladislav Kubík, PhD., ÚKZÚZ Brno, státní správa
2) Ing. Jana Fialová, CSc., Zemservis Domanínec, Zkušební stanice s.r.o.

Metodiky vydané Výzkumným ústavem pícninářským s.r.o. Troubsko a Zemědělským výzkumem s.r.o. Troubsko

- Váňová, Nedělník a kol. (2007): Možnost eliminace mykotoxinové kontaminace pšenice
- Rotrekl (2008): Ochrana máku setého (*Papaver somniferum* L.) před některými hmyzími škůdci
- Řepková, Jungmanová, Soldánová, Hofbauer (2008): Metodika pro zjištění postzygotických bariér křížitelnosti u rodu *Trifolium* a získání mezidruhových hybridů
- Rotrekl (2009): Hmyzí škůdci semenných porostů Vojtěšky (*Medicago sativa* L.) a ochrana proti nim
- Vorlíček, Hanuš, Šindelková (2009): Zvýšení podílu energie v objemných krmivech ekologických farem pěstováním vhodných travních a jetelovínotravních směsí
- Badalíková, Hrubý (2009): Využití netradičních meziplodin při protierozní ochraně půdy

Metodiky jsou přístupné na webových stránkách: www.vupt.cz

Vydal: Výzkumný ústav pícninářský, spol. s r. o. Troubsko,
Zemědělský výzkum, spol. s r.o., Troubsko
Náklad: 200 výtisků
Tisk: REIS - reklamní studio, Brno

ISBN: 978-80-86908-13-7