

INVESTIGATION OF POTENTIAL OF SEVERAL PLANT SPECIES TO ACCUMULATE POLYCHLORINATED BIPHENYLS

ZJIŠTĚNÍ SCHOPNOSTI VYBRANÝCH DRUHŮ ROSTLIN AKUMULOVAT POLYCHLOROVANÉ BIFENYLY

Javorská H., Tlustoš P., Pavlíková D., Najmanová J.

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 - Suchbát, Česká republika.

E-mail: javorska@af.czu.cz, tlostos@af.czu.cz

ABSTRACT

The aim of this experiment was to investigate the potential of carrot, willow and fescue grass to accumulate PCB in their biomass. Plants were grown in pots with Fluvisol contaminated by seven most toxic PCB congeners (0.2 mg PCB congener/kg soil). Concentrations of the congener sum found in dry matter of plants differed from the level below detection limit up to 1250 µg/kg. The highest concentration of the sum of congeners was found in carrot roots and presented 91.4 % of soil concentration. Accumulation of PCB in shoots of carrot was 5-fold lower and in fescue grass was 26-fold lower than in roots of carrot. The contents of individual congeners in willow biomass were below the detection limit. Results showed the potential risk of growing carrot as a root vegetable in the regions with higher content of PCB. The dense cover of fescue grass and lower detected concentration of PCB in a biomass make it a suitable plant for phytostabilization of PCB polluted soils. Using of willow plants for remediation of PCB contaminated soils seems to be unreasonable.

Keywords: PCB, congeners, carrot, willow, fescue grass, soil, concentration

ABSTRAKT

Cílem tohoto pokusu bylo zjistit schopnost mrkve, kostřavy a vrby akumulovat PCB ve své biomase. Rostliny byly pěstovány v nádobách s fluvizemí, která byla obohacena přesně definovanou směsí kongenerů PCB (0,2 mg PCB kongeneru na 1 kg půdy). Koncentrace sumy kongenerů v sušině rostlin se pohybovala od hodnot, které byly pod mezí detekce až do 1250 µg/kg. Nejvyšší koncentrace sumy kongenerů byla nalezena v kořeni mrkve a tvořila 91,4 % koncentrace v půdě. Akumulace PCB byla v nati mrkve 5x nižší a v kostřavě 26x nižší oproti kořeni mrkve. U vrb se koncentrace všech kongenerů PCB pohybovaly pod mezí detekce. Výsledky pokusu s rostlinami mrkve poukazují na poměrně značné riziko pěstování této kořenové zeleniny na půdách s vyšším obsahem PCB. Pro nižší nalezené koncentrace PCB v biomase a vysokou hustotu porostu kostřavy lze tuto rostlinu dobře uplatnit při fytostabilizaci půd znečištěných PCB. Pěstování vrb za účelem remediace půd kontaminovaných PCB se jeví jako neefektivní.

Klíčová slova: PCB, kongenery, mrkev, vrba, kostřava, půda, koncentrace

ÚVOD

Mezi nejvýznamnější polutanty v souvislosti se zátěží půd rizikovými látkami organického původu patří polychlorované bifenylly (PCB), které patří do skupiny persistentních organických polutantů (POP). POP jsou látky, které setrvávají v prostředí, jsou schopné dálkového transportu atmosférou, bioakumulace v rostlinných a živočišných tkáních. Persistence POP umožňuje jejich koloběh v prostředí a kumulaci v půdách, sedimentech a živých organismech (Baird, 1998).

Polychlorované bifenylly jsou chlorované deriváty jednoduché aromatické sloučeniny – bifenylu. Počet atomů chloru v molekule PCB může být v rozmezí 1-10 a podle různých poloh umístění těchto atomů tak může teoreticky existovat 209 isomerů (kongenerů) PCB. Vynikající technické vlastnosti, jako je chemická a fyzikální stabilita i za vysokých teplot, nemísitelnost s vodou a vysoký elektrický odpor, učinily z PCB vhodný materiál pro mnoho technických oborů a vedly k jejich širokému uplatnění (Holoubek et al., 2003).

Po zjištění ekologické nebezpečnosti PCB byla ve většině zemí přijata opatření na omezení a případně zrušení aplikace PCB. V současné době představují sekundární nezanedbatelné zdroje znečištění životního prostředí spalovací procesy a především znovuvytěkávání PCB ze sedimentů velkých vodních systémů, kam se před lety dostaly atmosférickou depozicí nebo přímými úniky do vod (Macek et al., 2002; Campanella et al., 2001).

Studie ukázaly, že toxicita chlorovaných uhlovodíků závisí na míře, rozsahu a poloze substituce chlórem (Baird, 1998). Za většinu popsanych negativních účinků je odpovědná skupina 12-ti kongenerů, u kterých byl prokázán stejný mechanismus účinků jako u dioxinů (Campanella et al., 2001). Jejich hydrofobní a lipofilní charakter způsobuje akumulaci PCB v půdě a bioakumulaci v organismech a jejich snadný vstup do potravního řetězce (Baird, 1998). Kontaminace zvířat nastává převážně konzumací znečištěného krmiva, ale také půdy, kterou zvířata s krmivem požírají při pastvě (Holoubek et al., 1999).

Vzhledem k tomu, že rostliny stojí na počátku potravního řetězce, je v současné době výzkum zaměřován na to, jak co nejefektivněji vyčistit půdy kontaminované organickými látkami nebo alespoň snížit riziko jejich vstupu do potravního řetězce. Díky fyzikálně-chemickým vlastnostem PCB je jejich degradace klasickými fyzikálně-chemickými metodami značně náročná a většinou ekonomicky nákladná (Demnerová, 2001). Snahou je proto využívat nejen postupy levnější, ale i pro životní prostředí přirozenější a šetrnější. Jeden z takovýchto způsobů dekontaminace je tzv. fytořemediace, definovaná jako využití zelených rostlin k odstranění polutantů z prostředí nebo ke snížení jejich škodlivosti. V mnoha studiích bylo prokázáno, že některé rostliny jsou schopné akumulovat a přeměňovat anorganické i organické polutanty obsažené v půdě, vodě nebo ve vzduchu (Cunningham et al., 1995). Všeobecně je uvažován vstup PCB z půdy do rostlin zachycením sloučenin na povrch rostlin (listy) při vytěkání PCB z půdy do ovzduší, adsorpcí suché nebo mokré depozice kontaminantů na povrch rostlin a vstupem PCB přes kořenový systém (Scroll et al., 1994). Pokud jsou přijímány kořeny, je pro účinnou fytořemediaci důležité, aby znečišťující látky

byly snadno dostupné kořenovému systému rostlin, který tyto látky dále transportuje do rostlinných pletiv, kde jsou přeměňovány a ukládány (Demnerová, 2001).

MATERIÁL A METODIKA

Za účelem zjištění schopnosti vybraných druhů rostlin akumulovat PCB ve své biomase byl v pokusných prostorách katedry agrochemie a výživy rostlin na ČZU v Praze založen modelový nádobový vegetační experiment s lehkou půdou, charakterizovanou jako fluvizem, která byla obohacena přesně definovanou směsí kongenerů PCB (0,2 mg kongeneru na 1 kg zeminy). Agrochemická charakteristika použité zeminy je uvedena v tabulce I. Z PCB byla pozornost soustředěna především na kongenery 28 (2,4,4'-trichlorbifenyl), 52 (2,2',5,5'-tetrachlor-1,1'-bifenyl), 101 (2,2',4,5,5'-pentachlor-1,1'-bifenyl), 118 (2,3',4,4',5-pentachlorbifenyl), 138 (2,2',3,4,4',5'-hexachlorbifenyl), 153 (2,2',4,4',5,5'-hexachlor-1,1'-bifenyl) a 180 (2,2',3,4,4',5,5'-heptachlorbifenyl), které patří mezi nejtoxičtější. Vybrané rostliny modelovaly tři různé pěstební systémy – intenzivní zelinářský s mrkví (*Daucus carota* L.) určenou pro přímou spotřebu, zatravněnou plochu s monokulturou kostřavy (*Festuca rubra* L.) a vrbu (*Salix* – klon S 391), jakožto představitele alternativního využití zemědělského fondu se specifickými fytoextrakčními schopnostmi. Před založením pokusu byly nádoby se zemínou (5 kg zeminy na nádobu) hnojeny NPK a to následovně: mrkev – 0,75 g N, 0,16 g P a 0,4 g K na nádobu; kostřava a vrba – 0,5 g N, 0,16 g P a 0,4 g K na nádobu.

Tab. 1 Agrochemická charakteristika zeminy

P*	K*	Mg*	Ca*	pH/KCl	Cox (%)
224,1±1,2	141,7±2,3	32,8±1	167,4±16,5	4,5	0,82±0,15

* Použita metoda dle Mehliche III (mg.kg⁻¹)

Počet rostlin na nádobu byl u mrkve 10, u vrb 2 a u kostřavy 20. Všechny rostlinné druhy byly pěstovány ve třech opakováních, ze kterých byly po sklizni odebrány směsné vzorky pro analýzy. Stanovení kongenerů i jejich sumy provedla akreditovaná laboratoř firmy Aquatest. Vzorky byly extrahovány hexanem. Měření byla provedena na plynovém chromatografu s detektorem elektronového záchytu (GC/ECD) firmy Hewlett Packard typ 5890.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Při sledování akumulace PCB v biomase pěstovaných rostlin (tab. 2) byl zjištěn významný rozdíl mezi jednotlivými rostlinami. Koncentrace sumy kongenerů PCB v sušině rostlin se pohybovala od hodnot, které byly pod mezí detekce až ke koncentraci 1280 mg/kg. Jednoznačně nejvyšší obsah sumy i všech jednotlivých kongenerů byl stanoven v mrkvi. Maximální hodnoty byly nalezeny v kořeni, kde byla zjištěna více než pětinasobná

koncentrace sumy kongenerů PCB oproti nati. Koncentrace sumy kongenerů v kořeni mrkve tvořila 91,4 % koncentrace sumy kongenerů obsažených v půdě. Dobrá akumulární schopnost konzumní části mrkve byla zjištěna i Danielovičem et al. (2003). V jejich pokuse bylo u 98 vzorků z celkových 324 zjištěna dokonce vyšší koncentrace PCB kongenerů v kořeni mrkve než v půdě.

Příjem PCB nadzemní biomasou košťavy byl několikanásobně nižší než u mrkve, částečně i ovlivněný dobou vegetace. V období intenzivního růstu byl stanovený obsah sumy kongenerů o 27,6% vyšší (1. odběr) v porovnání s obdobím konce vegetace (2. odběr). Koncentrace sumy kongenerů v košťavě při prvním odběru tvořila pouze 4% z celkové koncentrace v půdě.

Celkově nejnižší obsah PCB byl zjištěn v biomase vrb, a to jak ve větvích, tak i v listech. Při sledování sedmi kongenerů se ve všech případech pohybovaly tyto hodnoty pod mezí detekce.

Tab. 2 Obsah PCB ve sledovaných rostlinách pěstovaných na kontaminované fluvizemi

Rostlina	PCB kongenery (µg/kg sušiny)							Σ kongenerů (µg/kg sušiny)
	28	52	101	118	138	153	180	
Mrkev – kořen	189	196	184	197	161	211	139	1280
Mrkev – nať	25,4	29	32,2	37,9	32,3	39,3	30,5	227
košťava*	15,1	15,5	7	6	< 5	5,4	< 5	55
košťava**	12,2	6,24	5,85	5,68	< 5	6,31	< 5	43,1
vrba – větve	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 20
vrba - listy	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 20

* 1. odběr

** 2. odběr

Při sledování hromadění jednotlivých kongenerů v rostlinách je obtížné z poměrně malého souboru hodnot vyvodit jasné závěry. Ukázalo se, že u kořene i u natě mrkve nebyl výrazný rozdíl v podílu jednotlivých kongenerů z celkové sumy stanovených kongenerů. Konkrétně nejvyšších hodnot bylo naměřeno u kongenerů 118 a 153. Naopak v případě 1. seče košťavy byla zaznamenána nejvyšší koncentrace u kongenerů 28 a 52, jejichž suma dosahovala více než 55 % z celkové sumy kongenerů. U 2. seče byla naměřena nejvyšší koncentrace u kongeneru 28, která byla oproti ostatním přibližně dvojnásobná.

ZÁVĚR

Výsledky pokusu s rostlinami mrkve poukazují na poměrně značné riziko pěstování této kořenové zeleniny na půdách s vyšším obsahem PCB. Velmi významné bude sledování hromadění PCB v pletivech rostlin, protože detailní znalosti mohou značně redukovat možnosti jejich transportu, především pak do potravního řetězce.

Pro nižší nalezené koncentrace PCB v biomase a vysokou hustotu porostu kostřavy lze tuto rostlinu dobře uplatnit při fytostabilizaci půd znečištěných PCB. Z publikací (např. Chekol et al., 2004) vyplývá, že pro fytoextrakci PCB je vhodnější kostřava rákosovitá (*Festuca arundinacea* Schreb.), a proto bude její akumulační schopnost ověřována v následujících pokusech.

Pěstování vrb, jakožto rychle rostoucí dřeviny, u které byla zjištěna fytoimediační schopnost jiných polutantů zejména rizikových prvků (Greger a Landberg, 1999), za účelem remediace půd znečištěných PCB se jeví jako neefektivní.

Schopnost příjmu PCB rostlinami bude nutno ověřit v dalších experimentech.

Príspevek byl řešen za podpory grantu NAZV QF 4063 a GAAF 21140/1312/3111

LITERATURA

- Baird C. (1998): Environmental chemistry. University of Western Ohio. W.H. Freeman and Copany, New York, 291-379
- Campanella B.F., Bock C., Schroder P. (2001): Phytoremediation to increase the degradation of PCBs and PCDD/Fs - Potential and limitations. Environ. Sci. & Pollut. Res, 9 (1): 73-85
- Cunningham S.D., Berti W.R., Huang J.W. (1995): Phytoremediation of contaminated soils. Trends Biotechnik, 13: 393-397
- Danielovič I., Tóth Š., Marcinčinová A., Šnábel V. (2003): Content of PCB substances in carrot root and its relations to selected soil factors. Plant Soil Environ., 49(9): 387-397
- Demnerová K. (2001): Bioremediační technologie k odstranění polychlorovaných bifenyly ze životního prostředí. Úvodní národní inventura POP v ČR. Část VII - Technologie a biotechnologie. RECETOX-TOCOAN & Associates, 78-81
- Greger M., Landberg T. (1999): Use of willow in phytoextraction. - Int. J. Phytorem., 1:115-123.
- Holoubek I., Rieder M., Kužílek V., Čupr P. (2003): Základní charakteristiky sledovaných látek. Národní inventura persistentních organických polutantů v České republice. RECETOX - TOCOEN & Associates, Brno. TOCOEN REPORT No, 249.

Holoubek I., Holoubková I., Kočan A., Kohoutek J., Machálek P., Pekárek V., Bureš V. (1999): Podklady pro důvodovou zprávu pro ratifikaci Protokolu o POPs. RECETOX - TOCOEN & Associates, Brno. TOCOEN REPORT No. 149.

Chekol T., Vough L.R., Chaney R.L. (2004): Phytoremediation of polychlorinated biphenyl-contaminated soils: the rhizosphere effect. *Environ. International*, 30 (6): 799-804

Macek T., Macková M., Kučerová P., Chromá L., Burkhard J., Demnerová K. (2002): Phytoremediation. *Biotechnology for the Environment: Soil Remediation*, 115-137

Scroll R., Bierling B., Cao G., Dorfleg U., Lahaniati M., Langenbach T., Scheunert I., Winkler R. (1994): Uptake pathways of organic chemicals from soils by agricultural plants. *Chemosphere*, 28 (2): 297-303