

PŘÍJEM POLYCHLOROVANÝCH BIFENYLŮ VYBRANÝMI ROSTLINAMI

Polychlorinated Biphenyl Uptake by Different Plants

Lada KACÁLKOVÁ¹, Pavel TLUSTOŠ²

¹ Katedra biologie, Pedagogická fakulta, Univerzita Hradec Králové, Rokitsanského 62, 500 03 Hradec Králové, tel. +420 49333 1185, e-mail: lada.kacalkova@uhk.cz

² Katedra agrochemie a výživy rostlin, Fakulta agrobiologie, přírodních a potravinových zdrojů, Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýčká ul. 129, 165 21 Praha 6 – Suchdol, tel. +420 224 382 733, e-mail: tlustos@af.czu.cz

Na půdě se zjištěnou kontaminací polychlorovanými bifenyly byly pěstovány vybrané druhy rostlin (kukuřice, slunečnice a topol) a v sušíně vypěstovaných rostlin byl zjišťován obsah přijatých PCB.

Klíčová slova: polychlorované bifenyly, příjem rostlinami, kontaminovaná půda, pěstování rostlin, Hradec Králové

Úvod

Rozvoj vědy a techniky umožnil vznik látek, které nemají přirozený původ v přírodě, ale byly uměle syntetizovány člověkem, tzv. xenobiotika. Řada těchto sloučenin (polychlorované bifenyly – PCB, polyaromatické uhlovodíky PAU, chlorované alifatické a aromatické uhlovodíky) ještě před nedávnem patřila díky svým výhodným fyzikálním a chemickým vlastnostem mezi látky průmyslově významné. Mnohem později bylo zjištěno, že se jedná o perzistentní a toxické látky, které se hromadí v životním prostředí, mohou pronikat do potravního řetězce, a tak ohrožovat i lidské zdraví (DEMNEROVÁ 2003).

PCB jsou schopny se z kontaminované půdy, skládek odpadů, vodních ploch či jiných materiálů odpařovat. Polutanty uvolněné do atmosféry mohou být transportovány na velké vzdálenosti v plynné fázi nebo vázány na pevné částice atmosféry a následně tak kontaminovat půdu či vegetaci (BAIRD 1998). Půda byla polychlorovanými bifenyly znečišťována lokálně v místech, kde byly PCB jako součást specifických zařízení používány. Jedná se především o půdu průmyslových areálů, okolí transformátorových stanic a místa s intenzivním provozem dopravní a zemědělské techniky. Ze všech těchto míst se PCB šířily s odváženými odpady, půdou i cestou podzemních a povrchových vod. V současné době může být půda znečišťována především v důsledku použití kalů z čistíren odpadních vod v zemědělství, dále pak suchou a mokrou depozicí z atmosféry, úniky z úložišť popílku, skládek odpadů apod. PCB se poměrně silně váží na půdní organickou hmotu, a to tím více, čím je půda bohatší na humus (HOLOUBEK et. al. 1999).

V České republice je pro zemědělský půdní fond stanovena vyhláškou MŽP č. 13/1994 Sb. limitní hodnota obsahu PCB 0,01 mg/kg. Tato vyhláška však nestanovuje limity pro jednotlivé kongenery, ale pouze pro sumu kongenerů č. 28 (2,4,4'– trichlorbifenyly), 52 (2,2',5,5'– tetrachlor-1,1'– bifenyly), 101 (2,2',4,5,5'– pentachlor-1,1'– bifenyly), 118 (2,3',4,4',5–pentachlorbifenyly), 138 (2,2',3,4,4',5'–hexachlorbifenyly), 153 (2,2',4,4',5,5'–

hexachlor-1,1'-bifenyl) a 180 (2,2',3,4,4',5,5'-heptachlorbifenyl). Limitní hodnota stanovená touto vyhláškou je 0,6 mg/kg.

Vzhledem k fyzikálně-chemickým vlastnostem je degradace PCB fyzikálně-chemickými metodami značně náročná a hlavně drahá. Jednou z možných metod je spalování PCB ve vysokých či martinských pecích za vysokých teplot (nad 1 300 °C). V podmínkách, které jsou v současné době v České republice, je tento postup prakticky nerealizovatelný. Hlavním důvodem je nutnost udržení konstantní teploty, aby spalováním nedošlo ke vzniku ještě toxickejších látek – dioxinů, tento požadavek s sebou nese značnou finanční náročnost celé technologie (DEMNEROVÁ 2003).

Jednou z alternativních metod, která se jeví jako ekologicky šetrná a z hlediska finančních nákladů výhodná je fytoremediace. Fytoremediace je definována jako užití zelených rostlin k imobilizaci, extrakci a degradaci polutantů z životního prostředí nebo zmírnění jejich škodlivého šíření. Schopnost rostlin přijímat a akumulovat škodlivé látky ve svých kořenech i nadzemních částech je označována jako fytoextrakce. Proces, při kterém jsou organické polutanty přímo degradovány na méně toxické či netoxické sloučeniny je označován jako fyto-degradace (DEMNEROVÁ 2001).

Fytoremediace je stále ve vývojovém stádiu, nemůže být ještě přijímána jako hlavní technologie v širokém měřítku, ale přesto byla již úspěšně použita v některých znečištěných oblastech. Některé rostliny jsou schopné přijímat organické látky přímo z kontaminovaných míst do svého organismu. Tato schopnost závisí na fyzikálně-chemických vlastnostech kontaminantů a na vlastnostech samotných rostlin. Některé hydrofobní organické sloučeniny se váží pevně na povrch kořenů a není snadné je odstranit (KUČEROVÁ et al. 1999). Byla zjištěna schopnost rostlin kukuřice, kapusty a mrkve přijímat a akumulovat PCB z kontaminovaných čistírenských kalů ve své biomase, přičemž nejvyšší koncentrace v rostlinných tkáních byla zaznamenána u mrkve (WEBER et al. 1990). Jiný rostlinný systém, hybridní topoly, nabízí také různé výhody pro dekontaminaci znečištěné půdy především organickými kontaminanty. Tyto hybridy jsou stabilní, dlouho žijí, rostou rychle a snázejí poměrně vysoké koncentrace organických látek (KUČEROVÁ et al. 1999). Výsledky výzkumu provedeného ZEEB et al. (2006) ukazují, že některé variety dýně (*Cucurbita pepo* ssp.) jsou vysoce efektivní pro extrakci PCB z půdy, výrazně vyšší koncentrace PCB byly zaznamenány v kořenech oproti nadzemní biomase. Avšak všechny testované rostliny vykazovaly známky stresu, pokud byly pěstovány na půdách s velmi vysokou kontaminací polychlorovanými bifenily.

Cílem této práce bylo zjistit akumulaci a distribuci sedmi nejtoxickejších PCB kongenerů v biomase slunečnice, kukuřice a topolu pěstovaných na průmyslové půdě využívané ke skladování se zjištěnou mírou zatížení polychlorovanými bifenily.

Metodika výzkumu

Pokus byl založen na pozemku bývalé spalovny nebezpečných odpadů v Hradci Králové. Na vymezené ploše byla zjištěna povaha a množství kontaminantů (výsledky a způsob provádění organických a anorganických analýz půdy byly již prezentovány v minulém sborníku). Z 11 sledovaných odběrných míst bylo vybráno jedno s nejvyšší mírou kontaminace polychlorovanými bifenily. Zde byla zjištěna hodnota sumy všech kongenerů PCB – 1 530 µg/kg. Agrochemická charakteristika půdy je uvedena v tabulce 1. Na tomto místě byla připravena pokusná parcelka o výměře 3x3 m a na ní bylo během vegetační sezóny roku 2006 vypěstováno po 10 rostlinách slunečnice roční (*Helianthus annuus*), kukuřice seté (*Zea mays*) a topolu (*Populus nigra* x *P. maximowiczii*). Rostliny byly během růstu ošetřovány běžným způsobem (závlivka a odplevelování), bez přidavku

hnojiv. Na konci vegetační sezóny byly rostliny sklizeny a rozděleny na jednotlivé části, zvláště kořen, stonek/letorosty, list a popř. i semena. Rostlinný vzorek byl omyt v destilované vodě a sušen v sušárně při teplotě 45 °C po dobu 48 hodin, poté byl vysušený rostlinný materiál rozemlet. Takto byly připraveny vzorky k následné organické analýze, kterou provedly akreditované zkušební laboratoře Aquatest a. s. v Praze metodou EPA Method 8082.

Tab. 1: Agrochemická charakteristika půdy.

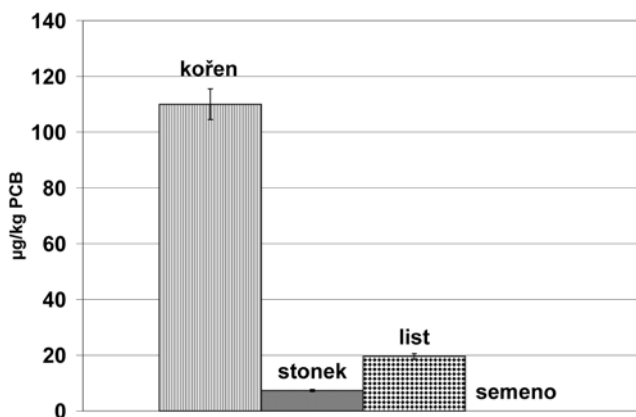
Tab. 1: Agrochemical soil characteristics

koncentrace prvků v půdě (mg/kg)				pH (CaCl ₂)	pH (H ₂ O)	% C
P	K	Mg	Ca			
1042	966	1416	19946	6,09	6,66	7,00366

Použita metoda dle Mehlich III

Výsledky a diskuse

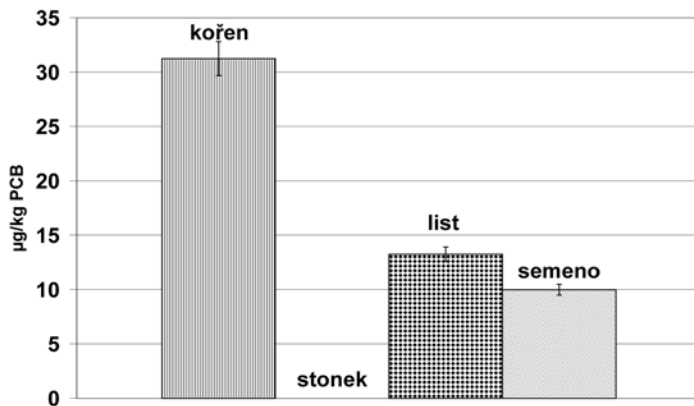
Při sledování akumulace PCB kongenerů v biomase slunečnice, vyjádřené v sumě PCB kongenerů, byl zjištěn výrazný rozdíl mezi nadzemní a podzemní částí rostliny. Průměrné hodnoty obsahu PCB v kořenech kukuřice činí 110 µg PCB/ kg a v nadzemních biomase jsou více jak 5x nižší (7,35 µg PCB/ kg ve stoncích a 19,6 µg PCB/ kg v listech). Nebyl zjištěn příjem PCB do reprodukčních orgánů slunečnice.



Obr. 1: Obsah sumy PCB kongenerů v biomase slunečnice.

Fig. 1: Content of PCB congeners amount in sunflower biomass.

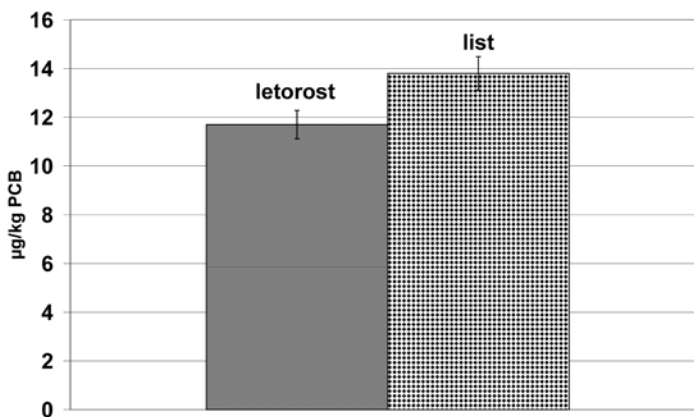
Podobných výsledků bylo dosaženo i u rostlin kukuřice, taktéž se vyšší podíl přijatých PCB nachází v kořenech (31,25 µg PCB/kg), rozdíl je však u reprodukčních orgánů – v semenech kukuřice bylo naměřeno 9,99 µg PCB/ kg. Obsah PCB ve stoncích kukuřice byl pod mezí detekce a v listu byla hodnota sumy PCB 13,25 µg PCB/ kg.



Obr. 2: Obsah sumy PCB kongenerů v biomase kukuřice.

Fig. 2: Content of PCB congeners amount in maize biomass.

U pěstovaných topolů byla sklizena v prvním roce pouze nadzemní biomasa. Ve sklizených letorostech a listech byly zjištěny podobné hodnoty obsahu PCB (11,7 µg PCB/kg v letorostech a 13,8 µg PCB/kg v listech).



Obr. 3: Obsah sumy PCB kongenerů v biomase topolu.

Fig. 3: Content of PCB congeners amount in poplar biomass.

Nejvyšších hodnot přijatých PCB v námi pěstovaných rostlinách lze najít u kořene slunečnice (110 µg PCB/ kg – hodnota udává sumu PCB kongenerů). Vyšších hodnot vzhledem k akumulaci PCB dosáhli např. JAVORSKÁ et. al. (2005) v kořenech mrkve (až 1 280 µg PCB/ kg – hodnota udává sumu PCB kongenerů). U kořene mrkve je příjem PCB vyšší díky vysokému obsahu lipidů, které jsou shledávány jako nejvýznamnější faktor

ovlivňující příjem těchto lipofilních látek rostlinami (KIPOPOULOU et. al. 1999). Na rozdíl od těžkých kovů jsou PCB téměř nerozpustné ve vodě, a proto vliv pH na jejich mobilitu v půdě a příjem rostlinami téměř zanedbatelný (DANIELOVIČ et. al. 2003). Naše výsledky příjmu PCB rostlinami kukuřice se shodují s WEBEREM et. al. (1990), kteří také zjistili schopnost rostlin kukuřice přijímat a akumulovat PCB z kontaminovaných čistírenských kalů ve své biomase. Nejvyšší množství bylo také nalezeno v kořenech rostliny.

Souhrn

Výsledky jednoletého experimentu prokázaly rozdílnou schopnost rostlin přijímat polychlorované bifenyls z půdy u rostlin slunečnice, kukuřice i nadzemních částí topolu. Celkově nejvyšší obsah přijatých PCB byl nalezen v kořenech kukuřice a slunečnice, výrazně nižší obsah byl nalezen v listech všech tří testovaných rostlin a ještě mírně nižší ve stoncích rostlin. Do budoucna je třeba pokus zopakovat a získané výsledky porovnat a také ověřit vliv půdních vlastností na poutání PCB rostlinami.

Poděkování

Výzkum byl podpořen specifickým výzkumem č. 2102/2007 Univerzity Hradec Králové. Dále bychom rádi poděkovali pracovníkům laboratoří Aquatest se sídlem v Praze za provedení organických analýz rostlinných vzorků.

Summary

The results of one-year experiment reflected ability of sunflower, maize and shoots of poplar to take up polychlorinated biphenyls from soil. Expressively higher contents of received PCB were found in maize and sunflower roots, significantly lower in leaves and even lower in stems of plants. It is necessary to repeat the experiment and compare the results and verify the influence of soil characteristics on PCB uptake by plants.

Literatura

- BAIRD C., 1998: Environmental chemistry. University of Western Ohio. *W. H. Freeman and Company. New York: 291–379.*
- 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., vol. 49 (9): 387–397.*
- DEMNEROVÁ K., 2001: Bioremediační technologie k odstranění polychlorovaných bifenylů ze životního prostředí. Úvodní národní inventura POP v ČR. *RECETOX-TOCOAN & Associates: 78–81.*
- DEMNEROVÁ K., 2003: Bioremediační technologie k odstranění polychlorovaných bifenylů ze životního prostředí. Úvodní národní inventura POPs v ČR. *RECETOX-TOCOAN & Associates No. 249: 75–84.*
- HOLOUBEK I., HOLOUBKOVÁ I., KOČANA A., KOHOUTEK J., MACHÁLEK P., PEKÁREK V., BUREŠ V., 1999: Podklady pro důvodovou zprávu pro ratifikaci Protokolu o POPs. *RECETOX-TOCOAN & Associates, Brno. TOCOAN REPORT No. 149.*
- JAVORSKÁ H., TLUSTOŠ P., PAVLÍKOVÁ D., NAJMANOVÁ J., 2005: Využití rostlin k remediaci půdy kontaminované polychlorovanými bifenyls. In: *Sborník z 11. mezinárodní konference Racionální použití hnojiv. Česká zemědělská univerzita v Praze, katedra agrochemie a výživy rostlin: 115–118.*
- KIPOPOULOU A. M., MANOLI E., SAMARA C., 1999: Bioconcentration of polycyclic aromatic hydrocarbons in vegetables grown in an industrial area. *Environ. Pollut., vol. 106: 369–380.*

- KUČEROVÁ P., MACKOVÁ M., MACEK T., 1999: Perspektivy fytořemediace při odstraňování organických polutantů a xenobiotik z životního prostředí. *Chemické listy*, vol. 93: 19–26.
- Vyhláška MŽP ČR č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu.
- WEBER, M. D., PIETZ R. I., GRANATO T. C., SVOBODA M. L., 1990: Plant uptake of PCB and other organic contaminants from sludge-treated coal refuse. *J. Environ. Qual.* 23: 1019–26.
- ZEEB B. A., AMPHLETT J. S., RUTTER A., REIMER K. J., 2006: Potential for phytořemediace of polychlorinated biphenyl-(PCB-)contaminated soil. *Internation Journal of Phytořemediace*, vol. 8: 199–221.

Došlo: 14.12.2007