

# UŽITÍ KRÁTKODOBÉ HYDROPONIE PRO SELEKCI VHODNÝCH DRUHŮ LISTNATÝCH DŘEVIN VYUŽITELNÝCH PRO REMEDIAČNÍ ÚČELY

LESNICKÝ PRŮVODCE



RNDr. JANA MALÁ, CSc.  
Ing. HELENA CVRČKOVÁ, Ph.D.  
Ing. PAVLÍNA MÁCHOVÁ, Ph.D.  
Ing. JAROSLAV DOSTÁL  
Mgr. PETR SOUDEK, CSc.  
RNDr. PETR ŠÍMA, CSc.

Recenzovaná metodika

3/2010

# **UŽITÍ KRÁTKODOBÉ HYDROPONIE PRO SELEKCI VHODNÝCH DRUHŮ LISTNATÝCH DŘEVIN VYUŽITELNÝCH PRO REMEDIAČNÍ ÚČELY**

**Recenzovaná metodika**

**RNDr. Jana Malá, CSc.**

**Ing. Helena Cvrčková, Ph.D.**

**Ing. Pavlína Máchová, Ph.D.**

**Ing. Jaroslav Dostál**

**Mgr. Petr Soudek, CSc.**

**RNDr. Petr Šíma, CSc.**

## **Lesnický průvodce 3/2010**

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.  
Strnady 136, 252 02 Jíloviště  
<http://www.vulhm.cz>

Odpovědný redaktor: Mgr. E. Krupičková  
e-mail: [krupickova@vulhm.cz](mailto:krupickova@vulhm.cz)

ISBN 978-80-7417-033-1  
ISSN 0862-7657

# APPLICATION OF A SHORT-TIME HYDROPONICS FOR SELECTION OF APPROPRIATE DECIDUOUS WOODY PLANTS SPECIES FOR REMEDIATION PURPOSES

## *Abstract*

A rapid trial of accumulation capacities for heavy metals Pb, Cd, and Cr of selected fast-growing deciduous woody plant species is presented. The *Sorbus aucuparia*, *Populus tremula* x *P. tremuloides*, *Salix* x *blanda*, *S. viminalis*, *S. miyabeana*, and *S. elbursensis* were clonally micropropagated by induction of organogenesis. Samples of roots and aboveground parts from plantlets grown in aseptic conditions in agar semisolid substrate and hydroponics media supplemented by the heavy metal salts were taken at 2, 4, and 8 days of cultivation. The concentrations and distributions of the accumulated metals were determined using the ICP-OES method and verified by autoradiography.

Practically, amounts of accumulated heavy metals increased linearly up to the end of the experiment and were higher in the roots than in aboveground parts in both, the agar cultures and hydroponics. It could be concluded that all tested species displayed a high efficacy of metal uptake and could represent prospective trees for phytoremediation of polluted soils.

**Key words:** phytoremediation, heavy metals accumulation, hybrid aspen, rowan tree, micropropagation

Recenzenti:

Ing. Lukáš Hercík, Doc. Ing. Stanislav Smrček, CSc.

*Adresa autorů:*

RNDr. Jana Malá, CSc., Ing. Helena Cvrčková, Ph.D., Ing. Pavlína Máchová, Ph.D.,  
Ing. Jaroslav Dostál, RNDr. Petr Šíma, CSc.

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.,  
Strnady 136, Jíloviště 252 02

e-mail: mala@vulhm.cz; cvrckova@vulhm.cz; machova@vulhm.cz; sima@vulhm.cz

RNDr. Mgr. Petr Soudek, Ph.D.

Ústav experimentální botaniky AV ČR, v. v. i., AV ČR,  
Laboratoř rostlinných biotechnologií, Rozvojová 263, Praha 6 165 02  
e-mail: soudek@ueb.cas.cz

# Obsah:

<b>CÍL METODIKY.....</b>	<b>7</b>
<b>ÚVOD .....</b>	<b>7</b>
<b>VLASTNÍ POPIS METODIKY .....</b>	<b>8</b>
<b>1. Mikropropagace testovaných druhů dřevin .....</b>	<b>8</b>
<b>1a. Indukce organogeneze a multiplikace.....</b>	<b>9</b>
<b>1b. Zakořeňování .....</b>	<b>10</b>
<b>1c. Aklimatizace.....</b>	<b>11</b>
<b>2. Testování akumulace těžkých kovů Pb, Cd a Cr ....</b>	<b>12</b>
<b>2a. Agarový substrát .....</b>	<b>12</b>
<b>2b. Hydroponie .....</b>	<b>12</b>
<b>3. Stanovení množství akumulovaných         těžkých kovů Pb, Cd a Cr.....</b>	<b>13</b>
<b>3a. Atomová emisní spektroskopie.....</b>	<b>13</b>
<b>3b. Autoradiografie .....</b>	<b>14</b>
<b>Srovnání novosti postupů .....</b>	<b>14</b>
<b>Popis uplatnění metodiky.....</b>	<b>16</b>
<b>DEDIKACE .....</b>	<b>17</b>
<b>LITERATURA.....</b>	<b>18</b>
<b>Seznam použité související literatury .....</b>	<b>18</b>
<b>Seznam publikací, které předcházely metodice .....</b>	<b>18</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>19</b>



## CÍL METODIKY

Cílem metodiky je využití kultivace na agarovém substrátu a v hydroponii pro testování schopnosti akumulovat ionty těžkých kovů (Pb, Cd, Cr) u vybraných rychle rostoucích druhů listnatých dřevin následně využitelných pro remediace kontaminovaných půd.

## ÚVOD

V České republice se nacházejí relativně rozsáhlé lokality kontaminované průmyslovým spadem, nebo se jedná o extenzivní výsypky a úložiště elektrárenských, důlních a čistírenských kalů, případně jiných odpadů, které obsahují toxické látky. K nejzávažnějším kontaminantům majícím přímý negativní dopad na zdraví



**Foto 1:** Testovací plocha na výsypce v Tišicích



náleží ionty těžkých kovů, z nich především Pb, Cd a Cr. Dekontaminace těchto lokalit a jejich navrácení pro lesnické, zemědělské nebo krajinné účely má proto stěžejní význam pro celkové ozdravení životního prostředí. Jako nejefektivnější způsob dekontaminace půd *in situ* se nabízí fytoremediace, využití rostlin s význačnou schopností translokovat kontaminující látky z půdy a akumulovat je ve svých pletivech (CUNNINGHAM, OW 1996, PRASAD, FREITAS 2003).

Optimální jak z hlediska ekonomického, tak dekontaminační efektivity se jeví využití rychlerostoucích listnatých dřevin, které zároveň vykazují vysokou schopnost akumulace těžkých kovů ve svých pletivech. Nejvíce byly doposud studovány různé druhy vrb (*Salix* spp.), které tyto požadavky splňují a navíc vytvářejí křovinné porosty, takže v relativně krátké době mohou pokrýt i rozsáhlejší plochy nutričně méně hodnotných půd charakteristických právě pro výsypky a odkaliště, na nichž se jen těžko uchycují jiné druhy dřevin (MAXTED et al. 2007), viz foto 1. Tam, kde je zapotřebí udržet půdní reliéf (zábrana eroze a snosu půd) a zachovat hydrologické poměry (pokles podzemních vodních zásob), se jako nejvhodnější ukázaly hluboko kořenící dřeviny zejména rodu *Populus* spp. (LAUREYSENS et al. 2004, KING et al. 2006).

Remediační vlastnosti byly studovány u jeřábu ptačího (*Sorbus aucuparia*) a kanadského topolu osikovitého (*Populus tremula* x *P. tremuloides*) úspěšně rostoucích na imisně zatížených půdách v Krušných horách (MALÁ et al. 2006, MALÁ et al. 2007) a dále u stromových vrb *Salix* x *blanda* a *S. viminalis* a keřových vrb *S. miyabeana* a *S. elbursensis* z elektrárenského odkaliště ve Vysočanech na Chomutovsku (MALÁ et al. 2010).

## **VLASTNÍ POPIS METODIKY**

### **1. Mikropropagace testovaných druhů dřevin**

Rostlinný materiál pro testování akumulace iontů těžkých kovů lze v dostatečném množství klonově namnožit standardizovaným mikropropagačním postupem *in vitro* (indukcí organogeneze) z dormantních pupenů odebíraných v jarním (březen, duben) nebo podzimním (říjen, listopad) termínu z rodičovských stromů. Pupy se jednotlivě sterilizují v 1% roztoku chlornanu sodného (Savo, Bochemie, a. s., ČR) a třikrát promyjí sterilní destilovanou vodou. Vnější šupiny pupenů se sterilně odstraní a extirpované vzrostné vrcholy se umístí na indukční agarové živné médium připravené v poměru 6 g agaru (Sigma Chemical Co., St. Louis, USA)

na 1 000 ml živného média a plněné po 50 ml do Ehrlenmeyerových 100ml baněk. Kultury explantátů jsou umístěny v kultivačních místnostech, kde se udržují definované podmínky (viz níže).

## • 1a. Indukce organogeneze a multiplikace

### Jeřáb ptačí

- Složení indukčního média: modifikované médium WPM (viz tab. 2), BAP 0,2 mg.l<sup>-1</sup>, IBA 0,1 mg.l<sup>-1</sup>, glutamin 10 mg.l<sup>-1</sup>. Po vytvoření prvních výhonů se kultury přesadí na multiplikační médium.
- Složení multiplikačního média: modifikované médium MS (viz tab. 1), BAP 0,2 mg.l<sup>-1</sup>, IBA 0,1 mg.l<sup>-1</sup>, glutamin 100 mg.l<sup>-1</sup>. Pro úspěšnou kultivaci je třeba po 3 – 4 týdnech přesazovat kultury na čerstvá média.
- Podmínky kultivace: teplota: 24 °C, bílé fluorescenční světlo (30 μmol m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>), doba osvětlení 16 hodin

### Osika a hybridní osika

- Složení indukčního média: modifikované médium MS (viz tab. 1), BAP 0,2 mg.l<sup>-1</sup>, IBA 0,1 mg.l<sup>-1</sup>, glutamin 10 mg.l<sup>-1</sup>. Po vytvoření prvních výhonů se kultury přesadí na multiplikační médium.
- Složení multiplikačního média: modifikované médium MS (viz tab. 1), BAP 0,2 mg.l<sup>-1</sup>, IBA 0,1 mg.l<sup>-1</sup>, glutamin 10 mg.l<sup>-1</sup>. Pro úspěšnou kultivaci je třeba po 3 – 4 týdnech přesazovat kultury na čerstvá média.
- Podmínky kultivace: teplota: 24 °C, bílé fluorescenční světlo (30 μmol m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>), doba osvětlení 16 hodin

### Vrby

- Složení indukčního média: modifikované médium WPM (viz tab. 2), BAP 0,2 mg.l<sup>-1</sup>, IBA 0,1 mg.l<sup>-1</sup>, glutamin 10 mg.l<sup>-1</sup>. Po vytvoření prvních výhonů se kultury přesadí na multiplikační médium.
- Složení multiplikačního média: modifikované médium MS (viz tab. 1), BAP 0,2 mg.l<sup>-1</sup>, IBA 0,1 mg.l<sup>-1</sup>, glutamin 200 mg.l<sup>-1</sup>, kaseinový hydrolyzát 200 mg.l<sup>-1</sup>. Pro úspěšnou kultivaci je třeba po 3 – 4 týdnech přesazovat kultury na čerstvá média.
- Podmínky kultivace: teplota: 24 °C, bílé fluorescenční světlo (30 μmol m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>), doba osvětlení 16 hodin

**Tab. 1:** MURASHIGE a SKOOG médium

<b>Mikroelementy</b>	<b>mg . l<sup>-1</sup></b>
CoCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	0,025
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	0,025
FeNaEDTA	36,70
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	6,20
KI	0,83
MnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	16,90
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	0,25
ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	8,60
<b>Makroelementy</b>	<b>mg . l<sup>-1</sup></b>
CaCl <sub>2</sub>	332,02
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	170,00
KNO <sub>3</sub>	1 900,00
MgSO <sub>4</sub>	180,54
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	1 650,00
<b>Vitamíny</b>	<b>mg . l<sup>-1</sup></b>
Glycine	2,00
Myo-Inositol	100,00
Nicotinic acid	0,50
Pyridoxine HCl	0,50
Thiamine HCl	0,10

- **1b. Zakořeňování**

K zakořeňování je vhodné použít výhony o délce cca 4 cm. Zakořeňování je u všech testovaných druhů jednoduše, médium je pro všechny testované druhy stejné.

- Složení zakořeňovacího média: základní médium MS (ředění 1 : 3, destilovaná voda), 0,5 mg.l<sup>-1</sup> IBA. V průběhu 3 – 4 týdnů se vytvoří na agarovém médiu kořeny.
- Podmínky kultivace: teplota: 24 °C, bílé fluorescenční světlo (30 μmol m<sup>-2</sup>. s<sup>-1</sup>), doba osvětlení 16 hodin

**Tab. 2:** Woody Plant médium

<b>Mikroelementy</b>	<b>mg . l<sup>-1</sup></b>
CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	0,25
FeNaEDTA	36,70
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	6,20
MnSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	22,30
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	0,25
ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	8,60
<b>Makroelementy</b>	<b>mg . l<sup>-1</sup></b>
CaCl <sub>2</sub>	72,50
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	471,26
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	170,00
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	990,00
MgSO <sub>4</sub>	180,54
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	400,00
<b>Vitamíny</b>	<b>mg . l<sup>-1</sup></b>
Glycine	2,00
Myo-Inositol	100,00
Nicotinic acid	0,50
Pyridoxine HCl	0,50
Thiamine HCl	1,00

- **1c. Aklimatizace**

Rostliny s cca 4cm kořeny se přesazují do 24buňkových sadbovačů o rozměrech 352 mm × 216 mm × 100 mm (BCC HIKO V – 150, Stuewe & Sons, Inc., Tangent, USA) naplněných agroperlitem (Perlit Praha, spol. s r. o.) a 2x týdně se zalévají základním médiem MS (ředění 1 : 10, destilovaná voda).

- Podmínky kultivace: teplota 20 °C, bílé fluorescenční světlo (30 μmol m<sup>-2</sup> . s<sup>-1</sup>), doba osvětlení 24 hodin, relativní vzdušná vlhkost 90%.

**Vysvětlivky:**

MS – médium podle MURASHIGE a SKOOGA (1962); BAP – 6-benzylaminopurin (PCC tested, Sigma Chemical Co., St. Louis, USA); IBA – β-indolylmásečná kyselina (PCC tested, Sigma Chemical Co., St. Louis, USA); WPM – Woody Plant médium podle LLOYDA (1981)

## 2. Testování akumulace iontů těžkých kovů Pb, Cd a Cr

Schopnost akumulovat ionty těžkých kovů Pb, Cd a Cr byla porovnávána u výše uvedených druhů listnatých dřevin kultivovaných v agarovém substrátu a v hydroponii. Růst a morfologický vývoj byl u všech rostlin kultivovaných oběma způsoby s těžkými kovy srovnatelný s kontrolami (médiá bez solí těžkých kovů).

### • 2a. Agarový substrát

Zakořeněné rostliny rostoucí v agarovém substrátu (viz 1b) se zalijí jednorázově roztokem solí jednotlivých těžkých kovů\*. Pro kvantifikaci a stanovení dynamiky akumulace iontů těžkých kovů se rostliny odebírají ve vybraných intervalech po dni zálivky\*\*. Před analýzou se kořeny promyjí 10 minut pod tekoucí vodou, aby se z jejich povrchu odstranily adsorbované zbytky solí kovů.

– Podmínky kultivace: viz 1b.

### • 2b. Hydroponie

Aklimatizované rostliny s cca 15cm kořeny a nadzemní částí cca 10 – 15 cm (tj. asi za 4 – 6 týdnů kultivace) se z agropérlitového substrátu (viz 1c) přenesou do hydroponického roztoku (roztok makro-, mikroelementů MS média v koncentraci 1 : 10, pH 5,8) vhodných (doporučených) solí jednotlivých těžkých kovů\*, foto 2. Před umístěním do hydroponie se kořeny promyjí 10 minut pod tekoucí vodou. Pro kvantifikaci a stanovení dynamiky akumulace těžkých kovů se rostliny odebírají ve vhodných (doporučených) intervalech po dni zálivky\*\*.

– Podmínky kultivace: viz 1c.

#### **Doporučení:**

\*) doporučené sole těžkých kovů:  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$   
doporučené koncentrace solí těžkých kovů: 0,1 mM, 0,5 mM

\*\*\*) doporučené intervaly odběru: 2., 4., 8. den



**Foto 2:** Kultivace vrb v hydroponii

### 3. Stanovení množství akumulovaných těžkých kovů Pb, Cd a Cr

- 3a. Atomová emisní spektroskopie

Akumulovaný obsah iontů těžkých kovů se odděleně stanovuje v kořenových a nadzemních částech. Odebrané rostliny z agarů i z hydroponie se promyjí 10 minut pod tekoucí vodou, aby se odstranily nespecificky adsorbované zbytky solí kovů z jejich povrchu. Rostlinný materiál se suší 24 hodin při 80 °C. Po rozdrcení v homogenizátoru se odeberou vzorky o hmotnosti kolem 0,5 g a podrobí se degradaci ve směsi koncentrované  $\text{HNO}_3$  a neředěného  $\text{H}_2\text{O}_2$  (v objemovém poměru 5 : 1) (Lach-Ner Ltd. Česká republika) po dobu 20 minut v digestoři se spuštěným odtahem. Roz-

klad vzorku se ukončí v mikrovlnném zařízení MDS 2000 (CEM, USA). Rozklad se provádí ve dvou fázích: 1. fáze – 5 min., výkon 434 W, tlak 275,8 kPa; 10 min., výkon 434 W, tlak 827,4 kPa; 10 min. chlazení. 2. fáze – 5 min., výkon 602 W, tlak 275,8 kPa; 5 min., výkon 602 W, tlak 551,6 kPa; 10 min., výkon 602 W, tlak 827,4 kPa; 15 min., výkon 602 W, 1172,2 kPa; 10 min. chlazení. Po ochlazení se vzorky rozpustí v deionizované vodě a objemově doplní na 50 ml. Obsah kovu se stanovuje atomovou emisní spektroskopií (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy, ICP-OES) (Varian, Australia).

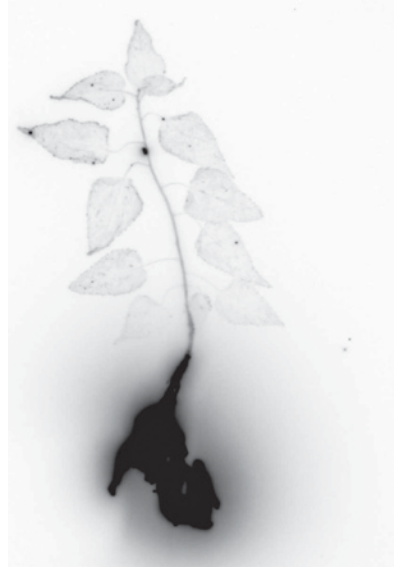
### • 3b. Autoradiografie

Akumulace a translokace iontů těžkých kovů byla ověřena autoradiograficky. Rostliny byly kultivovány v hydroponickém roztoku (roztok makro-, mikroelementů MS média v koncentraci : 10) s  $^{210}\text{Pb}$  a  $^{109}\text{Cd}$  (o aktivitách  $2 \text{ MBq.l}^{-1}$ ) (ČMI – Inspektorát pro ionizující záření, Praha). Analyzovaný rostlinný materiál byl promyt v 1,0 M roztoku neradioaktivních solí těžkých kovů a v deionizované vodě a usušen při 25 °C. Vylisované vzorky byly umístěny do expoziční kazety (Exposure Cassette, Amersham Biosciences, USA). Po 12 hodinách expozice (Kodak Storage Phosphor Screen S 230) byla radioaktivita identifikována laserovou fluorescencí (Typhoon Imager, Amersham Biosciences, USA). Výsledky byly vyhodnoceny programem Image Quant TL. Potvrdilo se, že radioaktivní isotopy těžkých kovů se akumulují hlavně v kořenovém systému a v menší míře jsou translokovány do nadzemních částí, zejména do řapíků, listové žilnatiny i do mezofylu, viz foto 3 – 4.

## SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Novost postupů spočívá:

1. v originálním využití mikropropagovaného (indukcí organogeneze z dormantních pupenů rodičovských stromů), klonově namnoženého a tedy genetiky identifikovaného rostlinného materiálu (výpěstků *in vitro*, explantátů) pro rychlé testování schopností dřevin akumulovat těžké kovy;
2. v zavedení kultivace testovaných rostlin v agarovém substrátu a v hydroponii, což dovoluje možnost manipulovat s koncentracemi solí těžkých kovů, nastavit vhodné a standardní podmínky kultivace.



**Foto 3:** Autoradiografie translokace a akumulace nuklidu  $^{210}\text{Pb}$  v rostlinách jeřábu ptačího (vlevo) a kanadského topolu osikovitého (vpravo)



**Foto 4:** Autoradiografie translokace a akumulace nuklidu  $^{210}\text{Pb}$  v rostlinách jeřábu ptačího (vlevo) a kanadského topolu osikovitého (vpravo)



## POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Pro remediační účely lze s výhodou využít dřeviny přizpůsobené růstu v průmyslově znečištěných regionech. Vybrané vhodné druhy, případně klony, lze efektivně namnožit mikropropagačními postupy (osvědčila se indukce organogeneze z adventivních pupenů) a jejich akumulaci kapacitu testovat *in vitro* v agarovém semisolidním médiu nebo v hydroponii.

Zde je třeba upozornit, že tyto metodiky krátkodobého testování však nelze aplikovat na komplexnější studium remediačních schopností rostlin, protože nezahrnují všechny faktory, které dynamiku akumulace iontů těžkých kovů ovlivňují (zejména externí klimatologické a pedologické změny). Na druhé straně však v podstatně větší míře dovolují standardizovat podmínky akumulace, protože vylučují vliv půdních chemických změn i ovlivnění translokace kovů metabolickými produkty mikroedafonu.

Výsledky získané v průběhu srovnání obou způsobů testování prokázaly, že jsou rovnocenné, protože v obojích podmínkách jsou rostliny schopny akumulovat těžké kovy ze substrátu především do kořenů a v dostatečném množství i do nadzemních částí.

Oba způsoby lze uplatnit podle momentálních požadavků. Při testování akumulace z agaru není zapotřebí rostliny aklimatizovat, odpadá jejich přesazování do agroperrlitu v sadbovačích a několikátýdenní zalévání ředěným médiem. Naopak v hydroponii lze testovat rostliny větších rozměrů. Je rovněž nepřehlédnutelné, že oba způsoby testování nevyžadují vysoké finanční náklady. Nespornou výhodou je jejich krátkodobá aplikace, protože měření je možné provádět již během dvou dnů.

Výše jmenované druhy listnatých dřevin použité pro standardizování popsané metodiky akumulace vykazovaly vysokou schopnost translokace a akumulace iontů testovaných těžkých kovů. Cd a Cr byly akumulovány v pletivech kořenů i nadzemních částech v množství často přesahujícím  $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , obsahy Pb byly dokonce o jeden až dva řády vyšší. Je proto možné tyto klony považovat za hyperakumulátory (BROWN et al. 1995) a lze je využívat k výsadbám jako přednostní lesní dřeviny pro fytoremediace regionů, které se nacházely pod imisní zátěží. Testované klony byly namnoženy a jsou k dispozici v Genové bance explantátů Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., foto 5.



**Foto 5:** Explantátová kultura *S. miyabeana*

## **DEDIKACE**

Vypracování této metodiky bylo podporováno: výzkumným projektem MŠMT 2B06187.

## LITERATURA

### Seznam použité související literatury

- BROWN S. L., CHANEY R. L., ANGLE J. S., BAKER A. J. M. 1995. Zinc and cadmium uptake by hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens* grown in nutrient solution. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 59: 125-133.
- CUNNINGHAM S. D., OW D. W. 1996. Promises and prospects of phytoremediation. *Plant. Physiol.*, 110: 715-719.
- KING R. F., ROYLE A., PUTWAIN P. D., DICKINSON N. M. 2006. Changing contaminant mobility in a dredged canal sediment during a three-year phytoremediation trial. *Env. Pollution*, 143: 318-326.
- LAUREYSENS I., BLUST, R., DE TEMMERMAN L., LEMMENS C., CEULEMANS, R. 2004. Clonal variation in heavy metal accumulation and biomass production in poplar coppice culture: I. Seasonal variation in leaf, wood and bark concentrations. *Environ. Pollution*, 131: 485-494.
- LLOYD, G., MCCOWN, B. H. 1981. Commercially feasible micropropagation of mountain laurel *Kalmia latifolia* by use of shoot tip culture. *Proc. Intern. Plant Propag. Soc.*, 30: 421-427.
- MAXTED A. P., BLACK C. R., WEST H. M., CROUT N. M. J., MCGRATH S. P., YOUNG S. D. 2007. Phytoextraction of cadmium and zinc by *Salix* from soil historically amended with sewage sludge. *Plant Soil*, 290: 157-272.
- MURASHIGE T., SKOOG F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.*, 15: 473-497
- PRASAD M. N. V., DE OLIVEIRA FREITAS H. M. 2003. Metal hyperaccumulation in plants – Biodiversity prospecting for phytoremediation technology. *Electr. J. Biotechnol.*, 6: 287-321.

### Seznam publikací, které předcházely metodice

- MALÁ J., MÁCHOVÁ P., CVRČKOVÁ H., ČÍŽKOVÁ L. 2006. Aspen micropropagation: use for phytoremediation of soils. *J. For. Sci.*, 52: 101-107.
- MALÁ J., MÁCHOVÁ P., CVRČKOVÁ H., VANĚK T. 2007. Heavy metals uptake by hybrid aspen and rowan-tree clones. *J. For. Sci.*, 53: 491-497.
- MALÁ J., CVRČKOVÁ H., MÁCHOVÁ P., DOSTÁL J., ŠÍMA P. 2010. Heavy metal accumulation by willow clones in short-time hydroponics. *J. For. Sci.*, 56: 27-33.

# **APPLICATION OF A SHORT-TIME HYDROPONICS FOR SELECTION OF APPROPRIATE DECIDUOUS WOODY PLANTS SPECIES FOR REMEDIATION PURPOSES**

## *Summary*

Micropropagated plantlets gained by means of induction of organogenesis in dormant buds of selected clones of the rowan-tree (*Sorbus aucuparia* L.), the hybrid aspen (*Populus tremula* x *Populus tremuloides*) and the willows *Salix* x *blanda*, *S. viminalis*, *S. miyabeana*, and *S. elbursensis* were used for determination of their capabilities to uptake and accumulate toxic heavy metals Pb, Cd, and Cr. There were compared accumulation capabilities of plantlets grown 2, 4, and 8 days in semisolid agar medium and in hydroponics. Samples of roots and aboveground parts were taken for analyses. Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy determined concentrations and distributions of accumulated metals and their localization was verified by autoradiography.

Generally, amounts of accumulated heavy metals were in all measured intervals higher in the roots than in aboveground parts in both, the agar cultures and hydroponics. Growth and morphological development were comparable between clones cultured with heavy metals and in control conditions.

Conclusively, it is clear that the short-time cultivation with heavy metal salts cannot reflect all factors influencing the complexity of heavy metal accumulation dynamics. On the other hand, it eliminates possible interferences of weather changes, soil chemical reactions including metabolic products of the soil biota. The results obtained with above mentioned woody plant species sufficiently confirmed the differences in the uptake and translocation of heavy metals in plant tissues. All tested species displayed a high efficacy of metal uptake and could represent prospective trees for phytoremediation of polluted soils. Short-time hydroponics is sufficiently effective and could be preferentially used for rapid and low-cost evaluation of heavy metal accumulation capacity of various woody tree species, which could be used for remediation of heavy metal contaminated localities.

# LESNICKÝ PRŮVODCE



Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i.  
[www.vulhm.cz](http://www.vulhm.cz)