

Transport kovů v systému půda – rostlina

Předběžná oponentura disertační práce

Andrea Kleckerová

Ústav chemie a biochemie

Vedoucí práce: prof. RNDr. Hana Dočekalová, CSc.

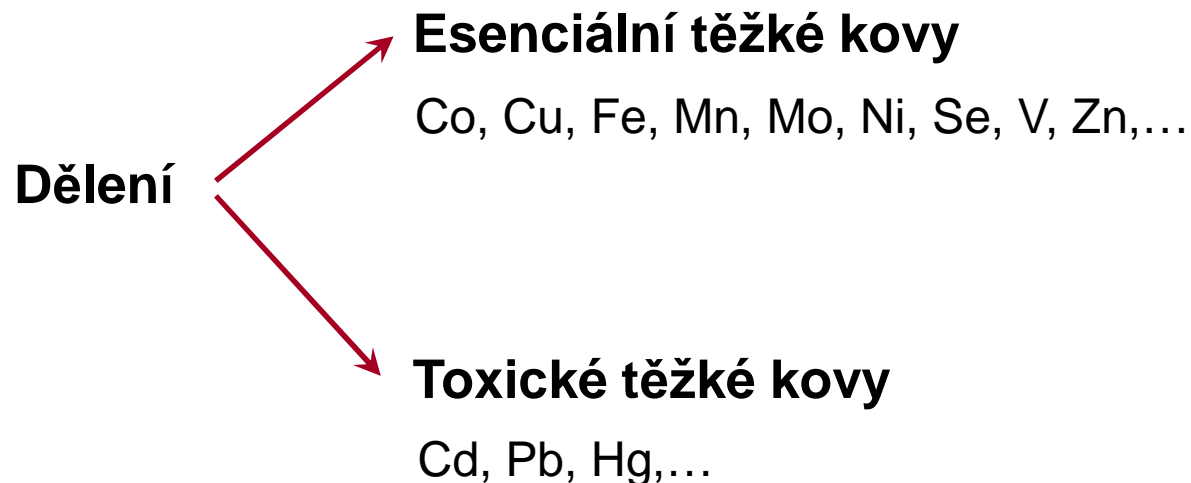


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tato prezentace je spolufinancována z Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky

Těžké kovy

- Patří mezi základní skupiny kontaminujících látek
- $\rho > 5 \text{ g.cm}^{-3}$
- sledovány v různých složkách životního prostředí



Toxicita - vyjadřuje míru škodlivosti (jedovatosti) dané látky na živý organismus, resp. na jeho části. Míra toxicity pro organismus závisí na dávce látky, velikosti organismu, na způsobu vstupu do organismu, délky expozice, metabolismu aj.

Biodostupnosti x Biodosažitelnosti

Biodostupná látka – může volně prostupovat přes buněčnou membránu z prostředí, se kterým je organismus ve stanoveném čase v kontaktu

Biodosažitelná látka – je schopna přejít přes buněčnou membránu z prostředí, jestliže organismus přijde s touto látkou do kontaktu

Biodosažitelnost zahrnuje momentální biodostupnou část látky plus její potenciálně dostupnou část

Vybrané těžké kovy

Kadmium (0, +2, +4)

- jeden z nejnebezpečnějších toxických prvků, který negativně působí na růst rostlin
- je významným polutantem díky jeho vysoké toxicitě a rozpustnosti ve vodě
- v půdě existuje ve formách: rozpustné ve vodě, výměnné, organicky vázané, okludované s oxidy Fe a Mn, vázán na sulfidy, oxidy, křemičitany, uhličitany, fosforečnany, silikáty

Olovo (0, +2, +4)

- má kumulativní charakter
- v půdě je velmi málo pohyblivé, soli olova jsou většinou málo rozpustné a olovo je dobře poutáno jílovými materiály a humusovými látkami
- v půdě se vyskytuje ve formě halogenidů, kationové podobě, v podobě oxidů, uhličitánů, síranů

Rtuť (0, +1, +2)

- vyskytuje se jako elementární (kovová) rtuť, jako rtuťné a rtuťnaté anorganické formy rtuti a organokovové sloučeniny rtuti (methylrtuť, ethylrtuť, fenylrtuť,...)

Zinek (+2)

- esenciální prvek pro optimální růst rostlin
- ochranný mechanismus proti oxidativnímu stresu
- zinek je běžnou součástí průmyslových hnojiv

Podobnost kadmia a zinku

- ionty Zn a Cd mohou být přijímány a transportovány stejnými mechanismy
- iontový poloměr Zn (0,074 nm) - iontový poloměr Cd (0,097 nm)
- kadmium je méně reaktivní s kyselinami ve srovnání se zinkem

Analýza půd

- Přímé nedestruktivní analýzy vzorků půd (XRFA, TXRF, INAA, LA-ICP-MS, LIBS, ...) (Celkový obsah)
- Extrakční metody: (Frakcionační analýza)
 - jednokrokové extrakční metody
 - sekvenční extrakční metody

Frakce, extrakce	Způsob vazby v půdě	Extrakční činidlo
Výměnná	Iontově výměnná místa	Destil. voda, neutral. roztoky solí
Uhličitanová, karbonátová	Vazba na uhličitany	Kyselina octová, octan sodný
Vázané na oxidy	Vazba na oxidy a hydroxidy Fe a Mn	Hydroxylamin hydrochlorid
Vázané na organické sloučeniny	Vazba na organické sloučeniny a a sulfidy	Peroxid vodíku + HNO ₃
Reziduální frakce	Silikátové reziduum	HNO ₃ , HF, HCl, lučavka královská
Extrakce s komplexačním efektem	Vazba na koloidní a pevné částice	EDTA, Mehlich 3,

- Biomonitor, elektrochemické metody (Biodostupné formy)
- Technika DGT (Diffusive Gradient in Thin films technique)

Cíle práce

CÍL 1: Obsahy biodostupných forem vybraných těžkých kovů v půdách a studium jejich transportu do rostlinných tkání.

CÍL 2: Studium obsahu těžkých kovů v půdách a rostlinách a biodosažitelnosti těžkých kovů pro lidský organismus z kontaminovaných zemědělských půd.

CÍL 3: Studium vzájemného působení kademnatých a zinečnatých iontů u rostlin kukuřice.

Praktická část 1

Obsahy biodostupných forem vybraných těžkých kovů v půdách a studium jejich transportu do rostlinných tkání.

- Zpracovat literární přehled o biodostupných formách těžkých kovů v půdách a o jejich transportu do rostlinných tkání.
- Vývoj a optimalizace postupů zpracování a analýzy půd a rostlinného materiálu - Smetánka lékařská.
- Odběr vzorků ve vybraných lokalitách města Brna.
- Analýza půd klasickými extrakčními postupy a novou technikou difúzního gradientu v tenkých filmech (DGT).
- Vyhodnocení výsledků, vzájemné porovnání použitých metod, statistické zpracování dat, příprava manuskriptu.

Praktická část 1

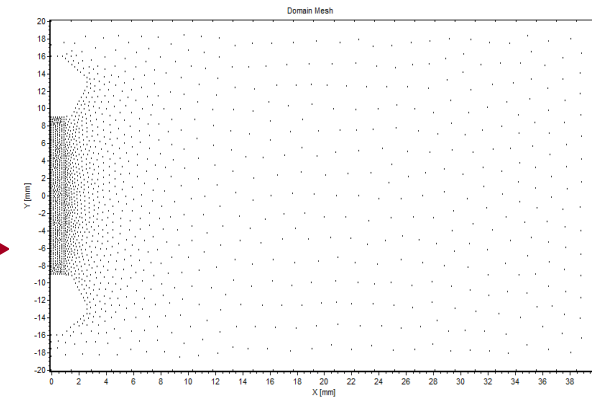
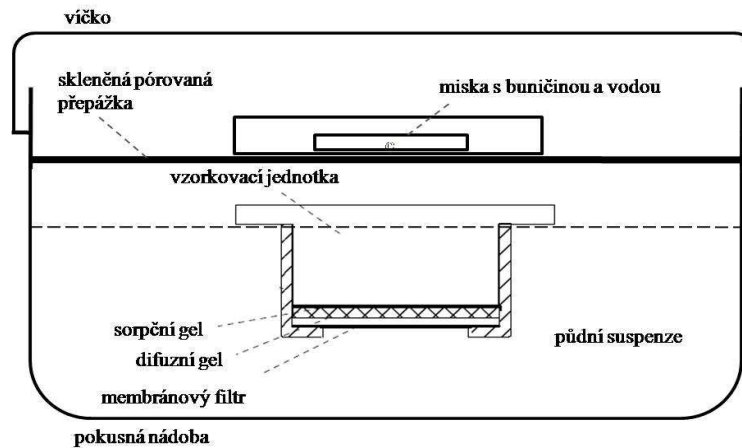
Experimentální část



- A** Trnitá: ulice Opuštěná
- B** Štýřice: ulice Vídeňská
- C** Slatina: ulice Podstránská
- D** Kohoutovice: ulice Musorgského
- E** Lesná: ulice Šrámkova

Experimentální část

DGT experiment



Praktická část 1

Výsledky

Kadmium

Odběrové místo	Cd (mg.kg ⁻¹)			
	Půda	Listy ^A	Listy ^B	Kořeny
Opuštěná	0,666 ± 0,058 ^a	0,212 ± 0,049 ^a	0,171 ± 0,041 ^a	0,240 ± 0,041 ^a
Vídeňská	0,450 ± 0,099 ^b	0,169 ± 0,018 ^{b**}	0,137 ± 0,021 ^b	0,166 ± 0,024 ^b
Podstránská	0,332 ± 0,049 ^c	0,153 ± 0,021 ^{b**}	0,125 ± 0,025 ^b	0,170 ± 0,009 ^b
Musorgského	0,289 ± 0,107 ^c	0,069 ± 0,018 ^c	0,056 ± 0,014 ^c	0,096 ± 0,017 ^c
Šrámkova	0,104 ± 0,070 ^d	0,058 ± 0,012 ^{c*}	0,047 ± 0,011 ^c	0,092 ± 0,013 ^c

Hodnoty jsou průměry z 10 vzorků ± směrodatná odchylka; ^A neomyté, ^B omyté; Jednotlivá písmena ve stejném sloupci ukazují významné rozdíly při $p < 0,05$ (ANOVA). Významnosti rozdílů mezi omytými a neomytými rostlinami z párového t-testu jsou uvedeny hvězdičkami ve sloupcích (* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$).

půda: maximální přípustná hodnota dle vyhlášky č. 13/1994 Sb. MŽP je 1 mg.kg⁻¹

Praktická část 1

Výsledky

Olovo

Odběrové místo	Pb (mg.kg ⁻¹)			
	Půda	Listy ^A	Listy ^B	Kořeny
Opuštěná	63,1 ± 14,7 ^a	10,9 ± 3,04 ^a	9,06 ± 0,96 ^a	4,02 ± 1,75 ^a
Vídeňská	29,4 ± 5,68 ^b	6,10 ± 1,19 ^{b***}	3,94 ± 0,75 ^b	1,67 ± 0,49 ^b
Podstránská	25,9 ± 2,06 ^{b, c}	5,68 ± 0,83 ^{b***}	4,09 ± 0,59 ^b	1,44 ± 0,23 ^b
Musorgského	18,7 ± 3,79 ^{c, d}	4,69 ± 0,71 ^{b, c**}	3,61 ± 0,61 ^b	1,40 ± 0,26 ^b
Šrámkova	10,6 ± 3,91 ^d	3,10 ± 0,47 ^{c***}	2,13 ± 0,31 ^c	1,49 ± 0,31 ^b

Hodnoty jsou průměry z 10 vzorků ± směrodatná odchylka; ^A neomyté, ^B omyté; Jednotlivá písmena ve stejném sloupci ukazují významné rozdíly při $p < 0,05$ (ANOVA). Významnosti rozdílů mezi omytými a neomytými rostlinami z párového t-testu jsou uvedeny hvězdičkami ve sloupcích (* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$).

půda: maximální přípustná hodnota dle vyhlášky č. 13/1994 Sb. MŽP je 70 mg.kg⁻¹

Výsledky

Rtuť

Odběrové místo	Hg (mg.kg ⁻¹)			
	Půda	Listy ^A	Listy ^B	Kořeny
Opuštěná	0,628 ± 0,207 ^a	0,086 ± 0,029 ^{a*}	0,062 ± 0,013 ^a	0,049 ± 0,008 ^a
Vídeňská	0,063 ± 0,015 ^b	0,048 ± 0,006 ^{b**}	0,038 ± 0,008 ^b	0,012 ± 0,003 ^b
Podstránská	0,215 ± 0,086 ^c	0,070 ± 0,012 ^{a***}	0,051 ± 0,008 ^c	0,029 ± 0,004 ^c
Musorgského	0,047 ± 0,016 ^b	0,029 ± 0,005 ^{c**}	0,022 ± 0,004 ^d	0,014 ± 0,002 ^{c,d}
Šrámkova	0,050 ± 0,040 ^b	0,028 ± 0,004 ^{c***}	0,020 ± 0,002 ^d	0,009 ± 0,001 ^d

Hodnoty jsou průměry z 10 vzorků ± směrodatná odchylka; ^A neomyté, ^B omyté; Jednotlivá písmena ve stejném sloupci ukazují významné rozdíly při $p < 0,05$ (ANOVA). Významnosti rozdílů mezi omytými a neomytými rostlinami z párového t-testu jsou uvedeny hvězdičkami ve sloupcích (* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$).

Praktická část 1

Výsledky

Korelační analýza

Cd				Pb				Hg			
	Půda	listy	kořeny		půda	listy	kořeny		půda	listy	kořeny
půda	1			půda	1			půda	1		
listy	0,786 ***	1		listy	0,870 ***	1		listy	0,828 ***	1	
kořeny	0,863 ***	0,836 ***	1	kořeny	0,815 ***	0,788 ***	1	kořeny	0,752 ***	0,712 ***	1

Biokoncentrační faktor

BCF	Cd		Pb		Hg	
	listy/půdy	kořeny/půda	listy/půdy	kořeny/půda	listy/půdy	kořeny/půda
Opuštěná	0,32	0,45	0,18	0,08	0,14	0,11
Vídeňská	0,39	0,48	0,21	0,06	0,78	0,37
Podstránská	0,47	0,63	0,22	0,08	0,35	0,21
Musorgského	0,27	0,47	0,27	0,11	0,64	0,45
Šrámkova	0,71	1,45	0,31	0,18	0,66	0,29

Transportní index

T_i listy/kořeny	Cd	Pb	Hg
Opuštěná	0,70	2,54	1,56
Vídeňská	0,81	2,61	2,34
Podstránská	0,76	2,98	1,84
Musorgského	0,57	2,58	1,60
Šrámkova	0,48	1,76	2,61

(Publikováno: Kleckerová A., Dočekalová H.

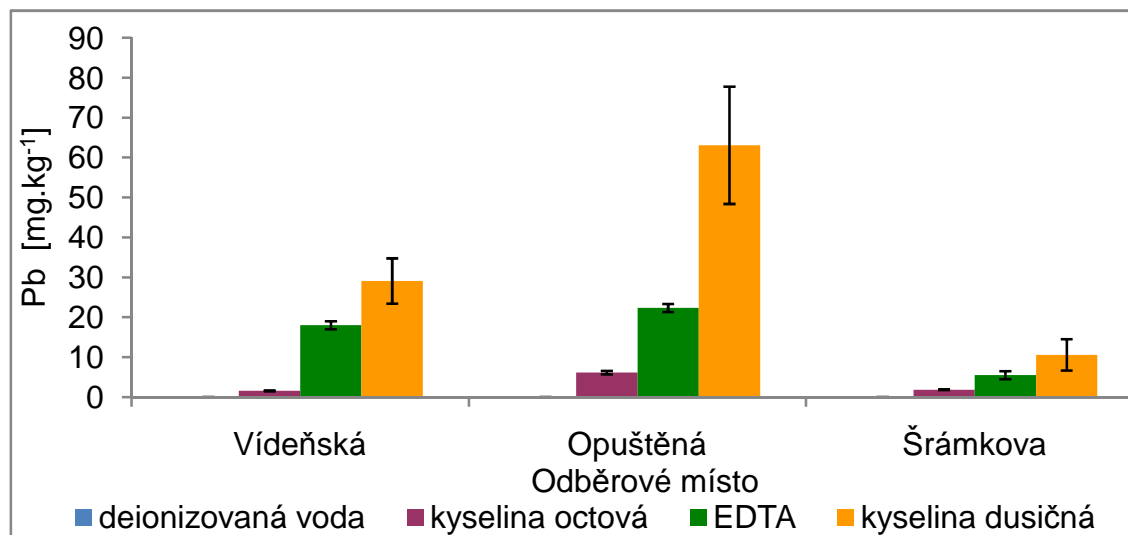
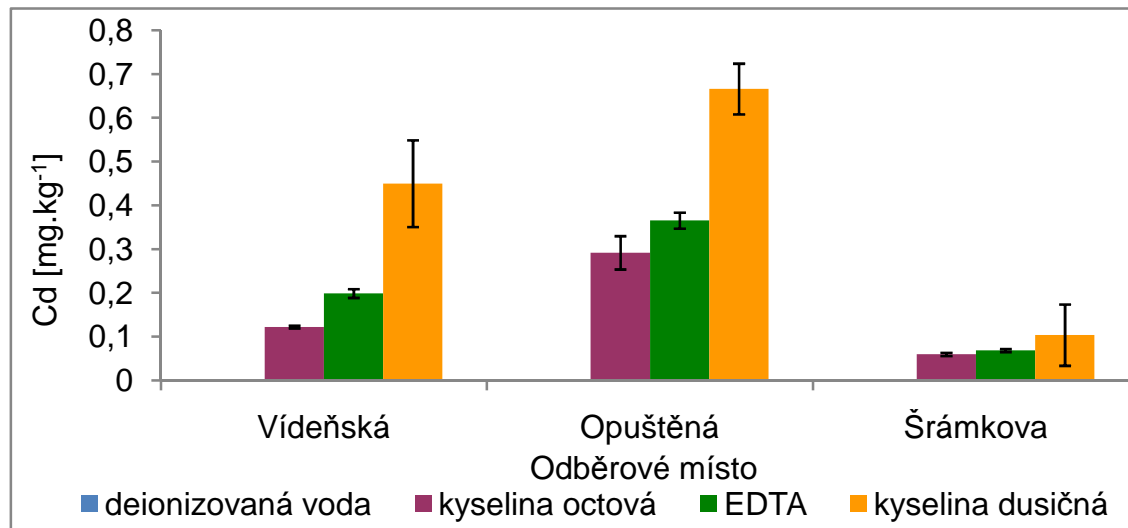
Dandelion Plants as a Biomonitor of Urban Area Contamination by Heavy Metals. 2014.

International Journal of Environmental Research. Volume 8, Number 1, Page 157-164, ISSN 1735-6865, IF:1,818)

Praktická část 1

Výsledky

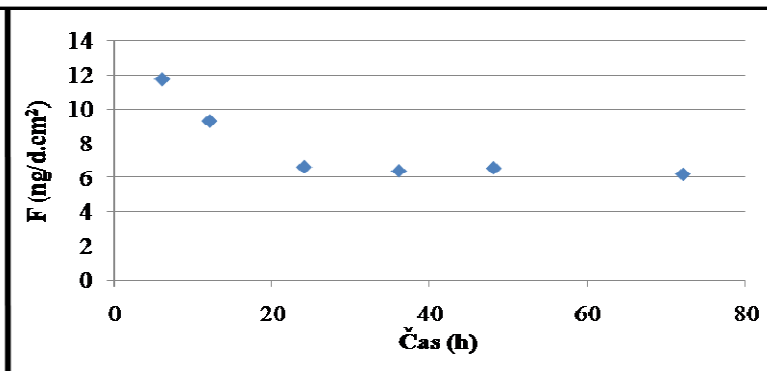
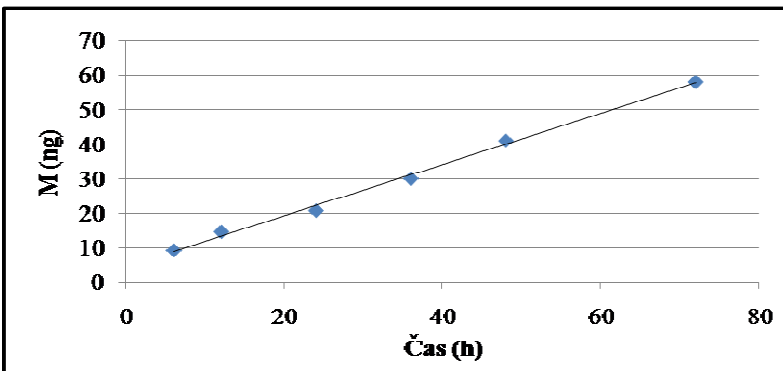
Jednokrokové extrakce



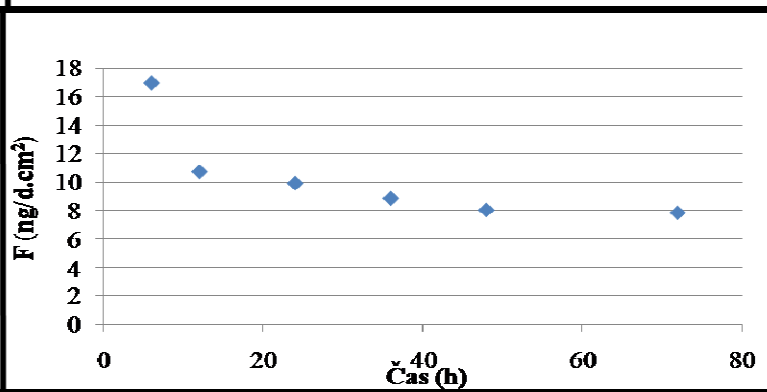
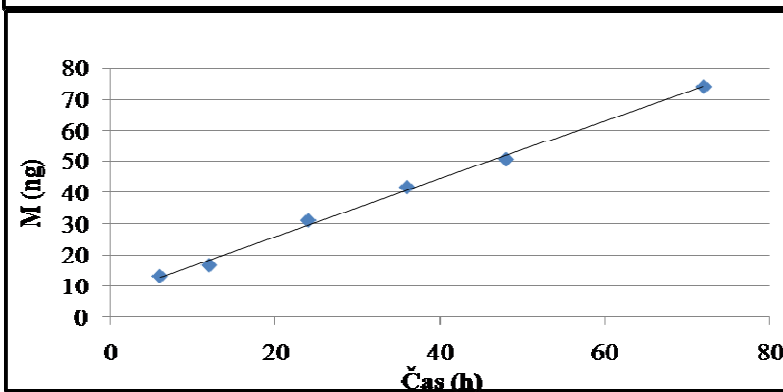
Výsledky

DGT experiment

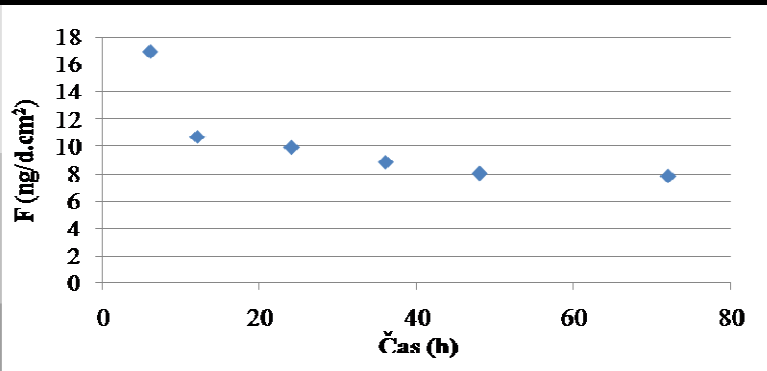
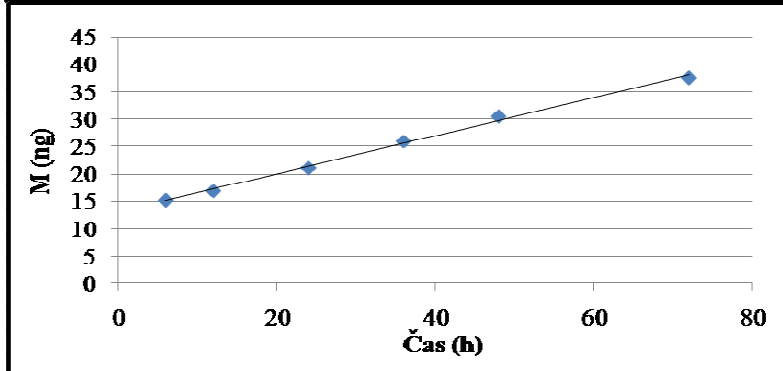
Vídeňská



Opuštěná



Šrámkova



Závěr

- Průměrné koncentrace kadmia a rtuti v půdních vzorcích byly nižší než limity stanovené Ministerstvem životního prostředí ČR (vyhláška č. 13/1994).
- Průměrný obsah olova na odběrovém místě Opuštěná byl $63,1 \pm 14,7 \text{ mg.kg}^{-1}$, pouze hodnota jednoho vzorku ($76,0 \text{ mg.kg}^{-1}$) překračovala maximální přípustné hodnoty stanovené českou legislativou ($70,0 \text{ mg.kg}^{-1}$).
- Množství kovů měřených v půdě a rostlinách Smetánky lékařské korespondovalo s úrovní znečištění ve vybraných odběrových místech.
- Meziprvkové korelace ukázaly, že zdroje znečištění kadmiem, olovem a rtutí v městě Brně byly převážně antropogenního původu.
- Analýzy kořenů a listů je možné využít pro rozlišení zdrojů kontaminace z ovzduší a z půdy.
- Korelační analýzy podpořily a potvrdily, že kořeny Smetánky lékařské lze využít jako dobrý biomonitor kadmia a listy pro biomonitoring Hg a Pb znečištění.
- Obsahy Pb a Cd v jednotlivých extraktech klesaly v tomto pořadí: $\text{HNO}_3 > \text{EDTA} > \text{CH}_3\text{COOH} > \text{deionizovaná voda}$.
- Výsledky z DGT experimentu budou doplněny do finální verze.

Praktická část 2

Studium obsahu těžkých kovů v půdách a rostlinách a biodosažitelnosti těžkých kovů pro lidský organismus z kontaminovaných zemědělských půd.

- Zpracování literární rešerše o biodosažitelnosti těžkých kovů z kontaminovaných půd pro lidský organismus.
- Odběr a zpracování vzorků kontaminovaných půd a rostlin z oblasti severní Francie.
- Analýza půd pomocí jednokrokových a sekvenčních extrakčních metod a analýza těžkých kovů pomocí UBM testu (*in-vitro* test).
- Vyhodnocení výsledků, vzájemné porovnání použitých metod, statistické zpracování dat.

Experimentální část

Extrakce

Pseudototální koncentrace prvků (Cd, Pb, Zn)

- po mineralizaci (300 mg půdy a směs 1,5 ml kyseliny dusičné (70 %) a 4,5 ml kyseliny chlorovodíkové (37 %) (lučavka královská)

Cd, Pb a Zn frakcionace - **sekvenční extrakční** dle - postupu BCR

Frakce (A) - **výměnná** (rozpuštěné ve vodě a kyselinách) (0,11 mol.l⁻¹ kyseliny octové)

Frakce (B) - **redukující frakce** (0,5 mol.l⁻¹ hydroxylamonium chloridu)

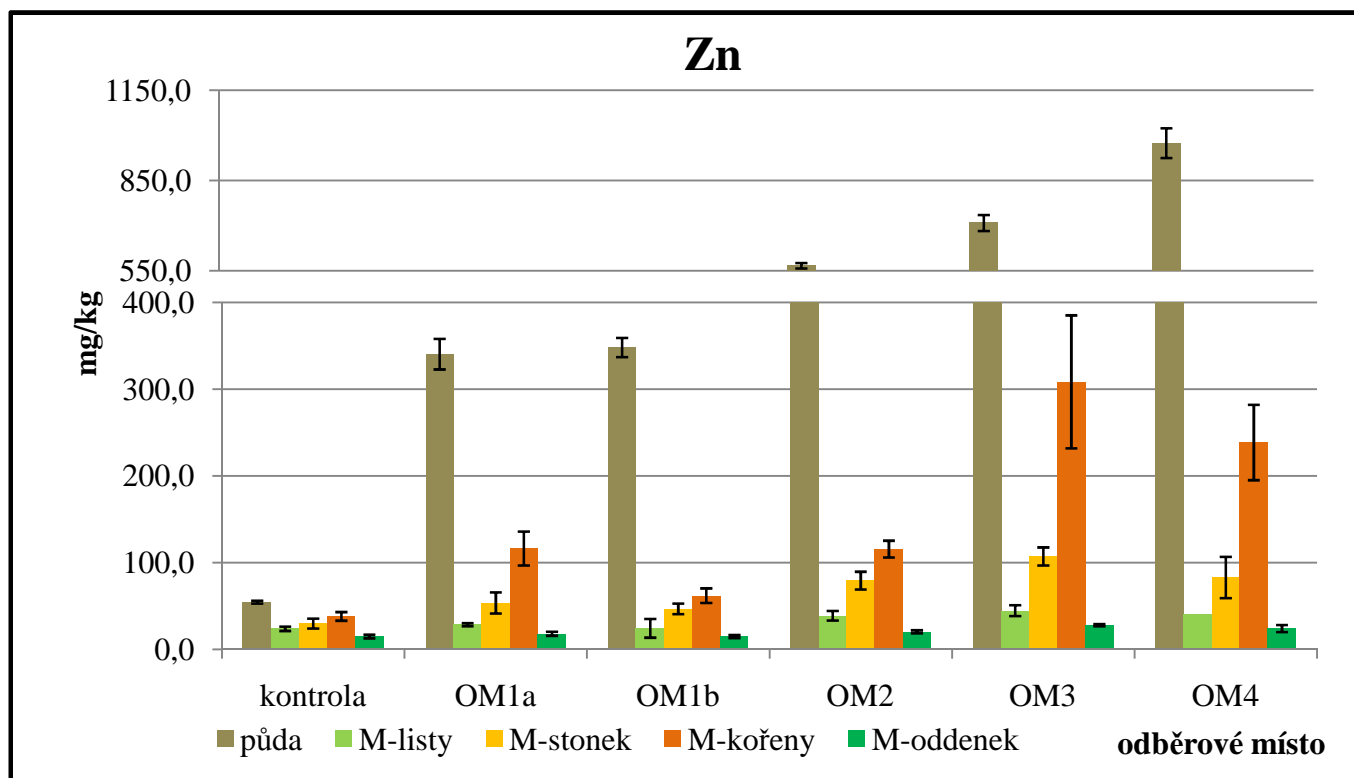
Frakce (D) - **oxidovatelná frakce** (8,8 mol.l⁻¹ H₂O₂ a poté 1,0 mol.l⁻¹ octanu amonného při pH 2)

Frakce (R) - **reziduum** (lučavka královská)

Extrakce probíhala na mechanické horizontální třepačce po 16 hodin.

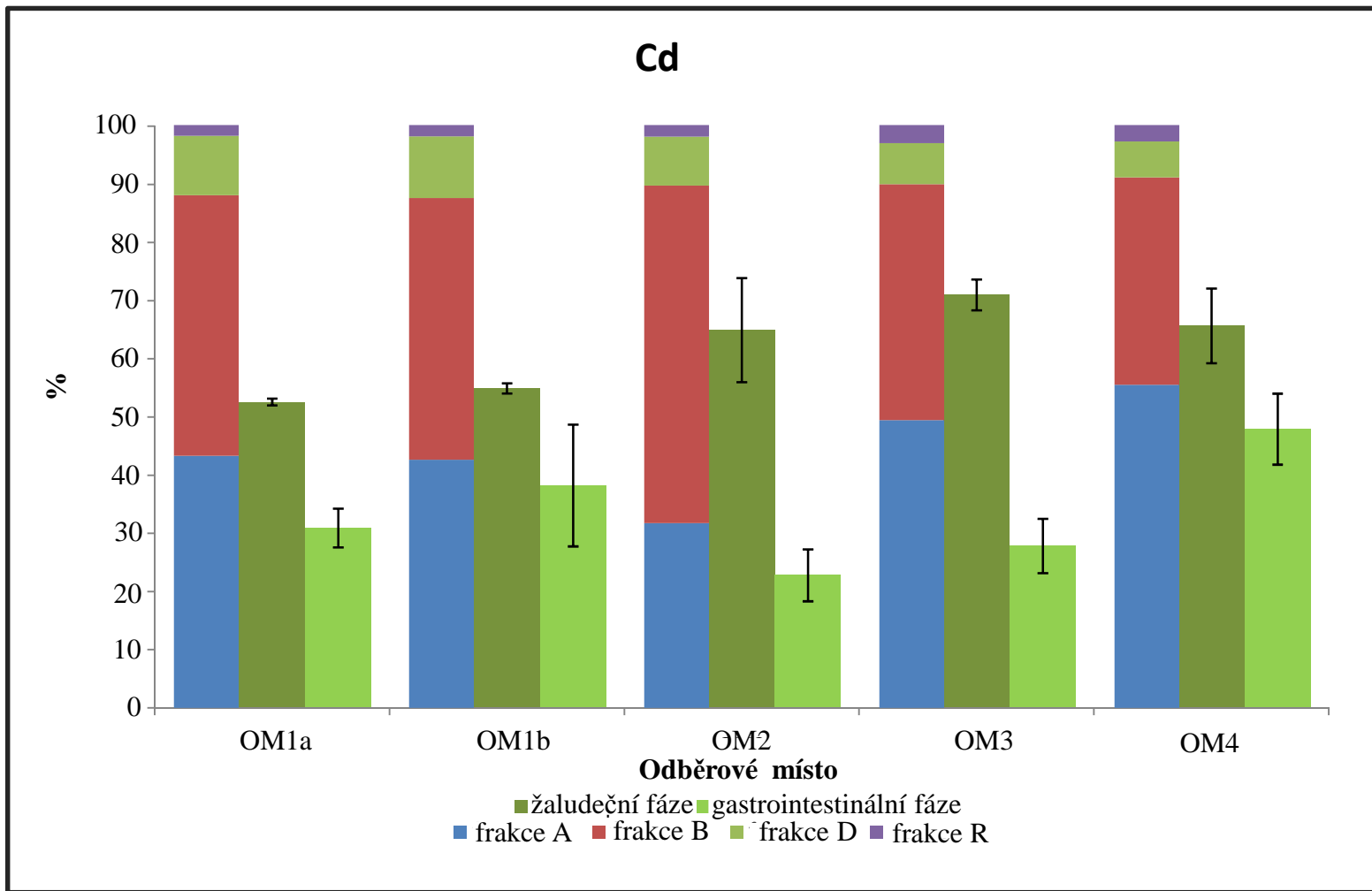
Výsledky

Kadmium, olovo, zinek



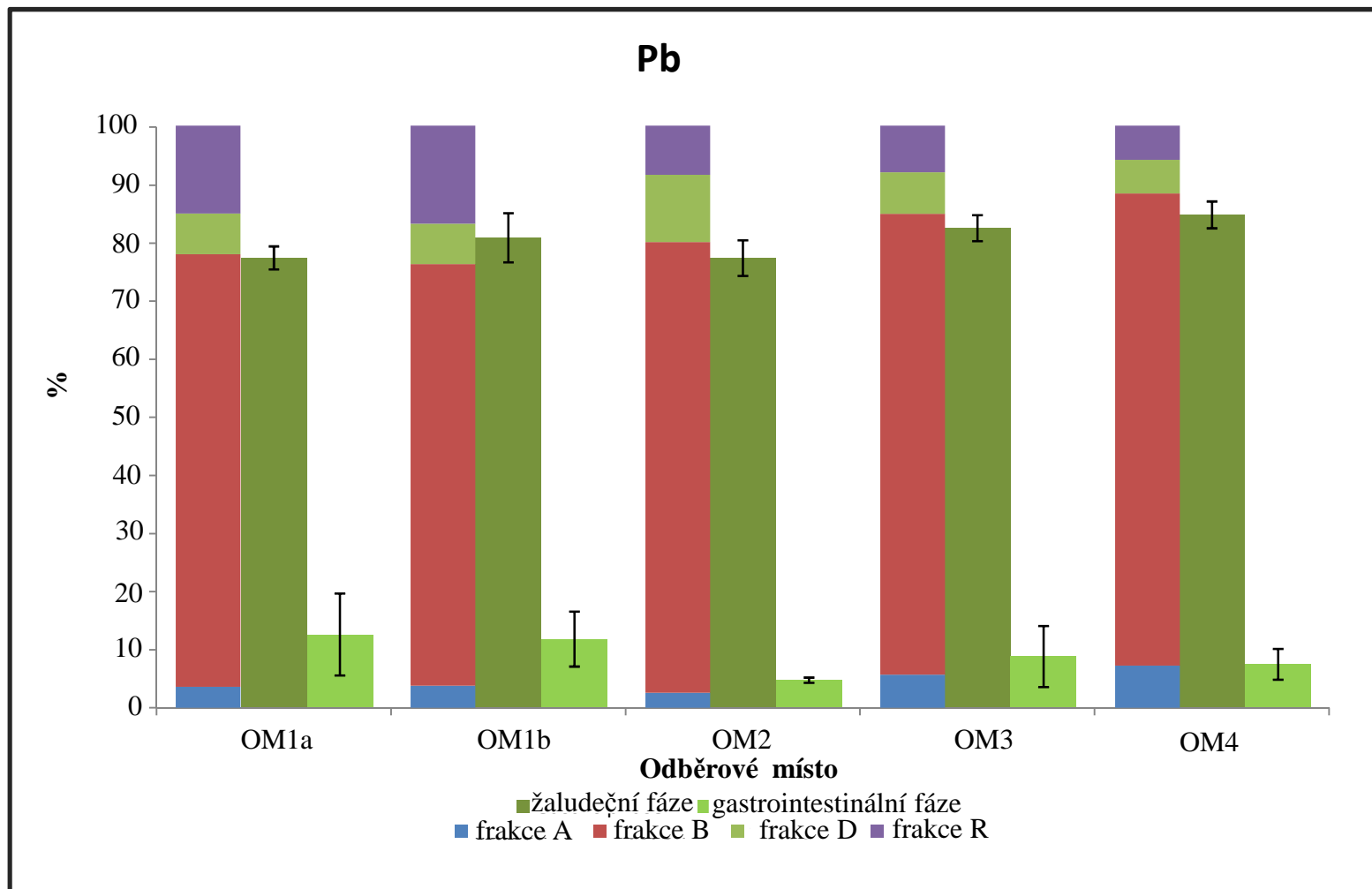
Výsledky

Kadmium



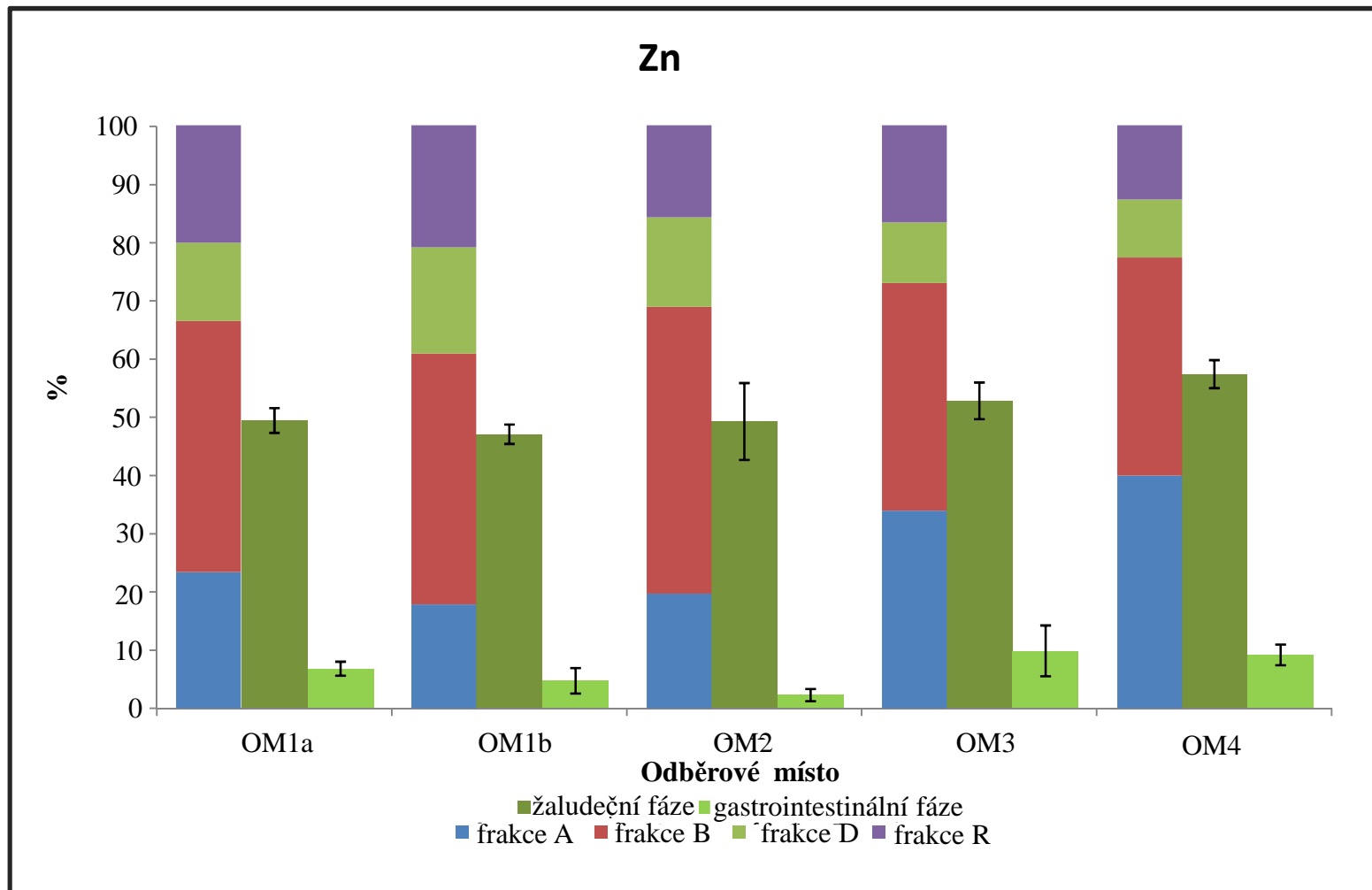
Výsledky

Olovo



Výsledky

Zinek



Výsledky

Vzorek	Jíl (g.kg ⁻¹)	Jemné částice (g.kg ⁻¹)	Písek (g.kg ⁻¹)	Organický podíl (g.kg ⁻¹)	pH	Uhličitany (g.kg ⁻¹)	Dostupný P (g.kg ⁻¹)
OM1a	191	547	262	27,9	7,39	2,1	0,151
OM1b	254	442	304	28,5	7,61	1,4	0,139
OM2	290	511	199	54,1	7,43	22,2	0,087
OM3	168	614	218	28	7,26	<1	0,086
OM4	158	588	254	27,3	7,53	4,2	0,16

*(Publikováno: Pelfrêne A., Kleckerová A., Pourrut B., Nsanganwimana F., Douay F., Waterlot Ch. **Effect of miscanthus cultivation on metal fractionation and bioaccessibility in smelter-impacted soils: comparison between greenhouse and field experiments** – odeslaný manuskript)*

Závěr

- Cd bylo nalezeno ve více dostupných frakcích, Pb bylo většinou přítomno jako adsorbované nebo navázané na oxidy Fe/Mn a významný příspěvek k pseudototální koncentraci má Zn, který byl nalezen ve významném množství jako nedostupný ve zbytkové frakci týkající se krystalické minerální struktury.
- Po vyhodnocení sekvenčních extrakcí byl vyhodnocen faktor mobility, podle nějž byly prvky seřazeny podle klesající mobility: Cd > Zn > Pb.
- Také byl proveden UBM test biodosažitelnosti, kde byly zjištěny významné rozdíly mezi biodosažitelnými hodnotami v žaludeční a gastrointestinální fázi. Tyto výsledky byly spojeny s několika parametry, zejména s různými chemickými formami, ve kterých jsou prvky vázány na půdní složky. Pro posouzení rizik může být vhodnější při použití tohoto testu využít výsledky z žaludeční frakce.
- Z kontaminovaných odběrových míst byla odebrána série vzorků rostlin *Miscanthus giganteus*, u kterých byl zjištěn obsah kadmia, olova a zinku v kořenech, listech, stonku a oddenku. Bylo prokázáno, že tyto rostliny je vhodné využít pro fytoremediace ploch kontaminovaných především kadmíem a vhodné je pro tyto účely využít kořeny těchto rostlin.

Praktická část 3

Studium vzájemného působení kadmnatých a zinečnatých iontů u rostlin kukuřice.

- Zpracování literární rešerše a návrh metodik.
- Založení hydroponického experimentu pro studium vlivu těžkých kovů na růst kukuřice.
- Elektrochemické stanovení obsahu kadmia (II) a zinku (II) v různých částech kukuřice pomocí DPASV.
- Spektrofotometrické stanovení aktivity antioxidantních enzymů a celkových proteinů.
- Chromatografické stanovení thiolových sloučenin pomocí HPLC-ED.
- Analýza reálných vzorků.
- Matematické a statistické zpracování dat.

Experimentální část

Plán experimentu

Cílem experimentu bylo sledovat vzájemné působení kadmnatých a zinečnatých iontů v rostlinách kukuřice.

koncentrace Zn ²⁺	koncentrace Cd ²⁺
0 μmol.l ⁻¹	0 μmol.l ⁻¹
100 μmol.l ⁻¹	0 μmol.l ⁻¹
0 μmol.l ⁻¹	100 μmol.l ⁻¹
10 μmol.l ⁻¹	100 μmol.l ⁻¹
50 μmol.l ⁻¹	100 μmol.l ⁻¹
70 μmol.l ⁻¹	100 μmol.l ⁻¹
100 μmol.l ⁻¹	100 μmol.l ⁻¹

Závěr

- Celková inhibice růstu rostlin kukuřice, vystavených účinkům zinečnatých a kadmennatých iontů, byla pravděpodobně důsledkem aktivace obranných reakcí, především díky syntéze látek na ochranu rostlin, místo biosyntézy látek nezbytných pro růst.
- Nejvyšší antioxidační kapacita a aktivita enzymů byla zjištěna u varianty 100 $\mu\text{mol/l}$ Cd + 100 $\mu\text{mol/l}$ Zn, což poukazuje na ochranu rostliny proti stresu.
- Nebylo prokázáno, že by zvyšování obsahu Zn v živném roztoku snížilo vstup Cd do rostlin.

• (Publikováno: Kleckerová A., Šobrová P., Kryštofová O., Sochor J., Zítka O., Babula P., Adam V., Dočekalová H., Kizek R. **Cadmium(II) and zinc(II) ions effects on maize plants revealed by spectroscopy and electrochemistry**. *International Journal of Electrochemical Science*. 2011. sv. 6, č. 12, s. 6011-6031. ISSN 1452-398. IF:3,729)

Publikační činnost, odborné stáže

Autorka nebo spoluautorka šesti původních vědeckých prací v ISI indexovaných časopisech s celkovým počtem 90 citací a indexem H = 3, autorka nebo spoluautorka 17 konferenčních příspěvků

• Články v impaktovaných zahraničních časopisech

Kleckerová A., Dočekalová H. Dandelion Plants as a Biomonitor of Urban Area Contamination by Heavy Metals. 2014. *International Journal of Environmental Research*. Volume 8, Number 1, Winter 2014, Page 157-164, ISSN 1735-6865, IF:1,818)

Kleckerová A., Šobrová P., Kryštofová O., Sochor J., Zítka O., Babula P., Adam V., Dočekalová H., Kizek R. Cadmium(II) and zinc(II) ions effects on maize plants revealed by spectroscopy and electrochemistry. *International Journal of Electrochemical Science*. 2011. sv. 6, č. 12, s. 6011-6031. ISSN 1452-398. IF:3,729)

Pelfrêne A., Kleckerová A., Pourrut B., Nsanganwimana F., Douay F., Waterlot Ch. Effect of miscanthus cultivation on metal fractionation and bioaccessibility in smelter-impacted soils: comparison between greenhouse and field experiments – připravený manuskript)

Pelcová P., Dočekalová H., Kleckerová A. Development of the diffusive gradient in thin film technique for the measurement of labile mercury species in waters. *Analytica Chimica Acta*. 2014. In press

• Vybrané články a abstrakty ve sbornících

Kleckerová, A., Šebková, M., Dočekalová, H. Soil and plant pollution by heavy metals in urban area In ISEAC-37. Antwerp, Belgium: Universiteit Antwerpen, 2012, s. 159.

Kleckerová, A., Hedbávný, J., Dočekalová, H. Dandelion (*Taraxacum officinale*) as bioindicator for urban metal pollution In ESAS 2012 - XXth SCSC – European symposium on atomic spectrometry 2012 and XXth Slovak-Czech spectroscopic conference. Tatranská Lomnica, Slovensko. 2012, s. 67. ISBN 978-80-223-3292-7

Publikační činnost, odborné stáže

Praktické stáže zahraniční a tuzemské:

- **Zahraníční stáž na ISA Groupe Lille – Catholic University, Lille, France;**

Vedoucí: Dr. Aurélie Pelfrene, Dr. Bertrand Pourrut, prof. Francise Douay;

Typ stáže: Erasmus pracovní stáž – po 3 měsíce 1/2013 – 4/2013;

Typ stáže: pracovní stáž – 8/2013 – 9/2013

Typ stáže: pracovní stáž – 1/2014 – 2/2014

Téma: Výzkum biodostupnosti těžkých kovů a biodosažitelnosti pro lidský organismus v kontaminovaných zemědělských půdách (severní Francie)

- **Stáž na Ústavu analytické chemie Akademii věd České republiky na oddělení stopové prvkové analýzy**
– 2x dva týdny (2011, 2012)

Téma: Optimalizace přípravy gelů pro jejich využití v analýze biodostupnosti těžkých kovů z městských půd pomocí techniky DGT

Poděkování

Projekt Interní grantové agentury Agronomické fakulty Mendelovy univerzity v Brně **IGA TP 7/2011** s názvem Molekulárně - biologické a biochemické markery environmentálních adaptací rostlin.



Projekt Grantové agentury České republiky **P 503/10/2002** s názvem Gelové techniky pro charakterizaci přírodních systémů.



Pracovišti **LGCgE** (Laboratoire Génie Civil et geo-Environnement Lille Nord de France) na ISA Groupe Lille ve Francii.



Mezinárodní program Erasmus a evropské projekty **CZ.1.07/2.3.00/20.0005** Excellence doktorského studia na AF MENDELU pro navazující evropskou vědecko-výzkumnou kariéru a **CZ.1.07/2.2.00/28.0305** Implementace vědy a výzkumu do výuky.



*Implementace
vědy a výzkumu do výuky*



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Poděkování

- **Ústav chemie a biochemie AF MENDELU**



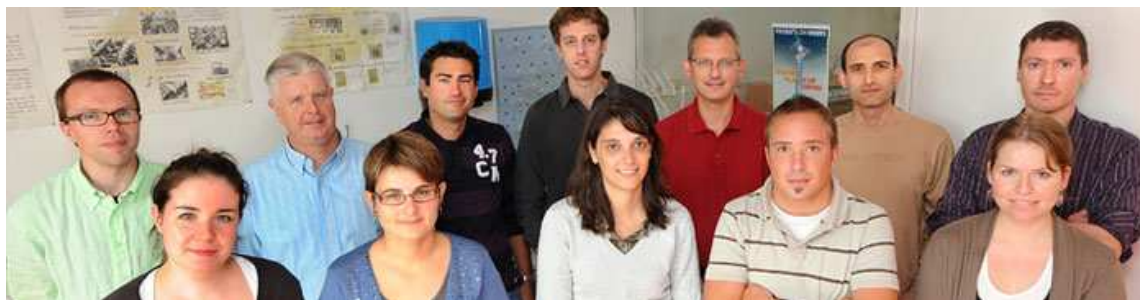
prof. RNDr. Hana Dočekalová, CSc; doc. Mgr. Pavlína Pelcová, PhD.

- **Ústav analytické chemie Akademie věd ČR, v. v. i. (ÚIACH)**



doc. RNDr. Bohumil Dočekal, CSc.; Ing. Michaela Dufka, Ph.D.

- **ISA Groupe Lille Francie - LGCgE
(Laboratoire Génie Civil et geo-Environnement)**



Dr. Aurélie Pelfrene, Dr. Bertrand Pourrut, prof. Francise Douay; ...



Děkuji za pozornost ...



Odpovědi na otázky oponenta

- **Chrom – přesné označení formy:** Cr (III) – esenciální, Cr (VI) - toxický
- **Kvantifikovat termín „zatížení“ – vysoké, střední, nízké**
 - Vycházeli jsme ze studie Státního zdravotního ústavu z roku 2008, stejné lokality i stejný popis „úrovně zatížení“.
 - také dle publikace Mikuška et al.: 2011 Seasonal variation in chemical composition of submicron urban aerosol in Brno. NANOCON, 647-651
- **Extrakce – 22°C**
- **Modifikátory pro ETA-AAS:** Pd/Mg(NO₃)₂
- **Statistika v tabulce 11 opravena**

Odběrové místo	Opuštěná	Vídeňská	Podstránská	Musorgského	Šrámkova
pH	7.10	7.27	7.43	7.23	7.09
* C _{ox} [%]	1.5	1.2	1.7	1.5	2.1

* C_{ox} [%] - Procento z obsahu organické hmoty v homogenizovaném vzorku

Odpoředi na otázky oponenta

CRM	7001	7001	7003	7003	IAEA-V-10	IAEA-V-10
Prvek	Certifikováno Průměr ± RDS	Nalezeno Průměr ± RDS	Certifikováno Průměr ± RDS	Nalezeno Průměr ± RDS	Certifikováno 95% C.I.	Nalezeno Průměr ± RDS
Cd	0.18 ± 0.02**	0.16 ± 0.03**	0.23 ± 0.01**	0.21 ± 0.02**	0.02 – 0.05	0.03 ± 0.01
Hg	0.087 ± 0.006*	0.090 ± 0.010*	0.096 ± 0.014*	0.100 ± 0.018*	0.009 – 0.016	0.013 ± 0.003
Pb	20.7 ± 0.6**	22.2 ± 1.0**	19.3 ± 0.4**	18.9 ± 0.70**	0.8 – 1.9	0.14 ± 0.06

* ' Totální obsah prvku

** Obsah prvku po extrakce 2 mol/l HNO₃

CRM 7001 – lehké půdy (μg/g DW)

CRM 7003 – prachový jíl (μg/g DW)

IAEA-V-10 – seno (mg/g DW)

Odpoř�edi na otázky oponenta

- Byly použity metody validované v naších laboratořích.
- Detekční limity ContrAA 700 (kvyeta)
 - Cd: 0,03 $\mu\text{g/l}$
 - Pb: 0,18 $\mu\text{g/l}$
- Detekční limity AAS ZEE nit 60 (kvyeta)
 - Cd: 0,05 $\mu\text{g/l}$
 - Pb: 0,46 $\mu\text{g/l}$
- Detekční limity AAS AA-6800Schimadzu (plamen)
 - Cd: 0,0021 mg/l
 - Pb: 0,0410 mg/l
 - Zn: 0,0015 mg/l
- Detekční limit AMA 254
 - Hg: 0,0004 $\mu\text{g/l}$

Odpoř�edi na otázky oponenta

- **Praktická část 3 – popis stanovení Cd a Pb pomocí DPASV**
 - bude doplněno do finální verze
- **Jednotky:** budou opraveny a použity dle platného seznamu SI jednotek