

ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH INFORMACÍ

NÁRODNÍ KNIHOVNA



1001076718

356508

06/01/2009

NC 11119

ROSTLINNÁ VÝROBA

Plant Production

ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD

1

VOLUME 46
PRAHA
LEDEN 2000
ISSN 0370-663X

Mezinárodní vědecký časopis vydávaný z pověření Ministerstva zemědělství České republiky a pod gestí České akademie zemědělských věd

An international journal published under the authorization by the Ministry of Agriculture and under the direction of the Czech Academy of Agricultural Sciences

Redakční rada – Editorial Board

Předseda – Chairman

Prof. Ing. Václav Vaněk, CSc. (Česká zemědělská univerzita v Praze, ČR)

Členové – Members

- Prof. Dr. Márta Birkás (Agrártudományi Egyetem, Gödöllő, Hungária)
 Ing. Helena Donátová, CSc. (Česká zemědělská univerzita v Praze, ČR)
 Prof. Ing. Václav Fric, DrSc. (Česká zemědělská univerzita v Praze, ČR)
 Doc. Ing. Václav Hosnedl, CSc. (Česká zemědělská univerzita v Praze, ČR)
 Prof. Dr. Günter Kahnt (Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, Stuttgart, BRD)
 Prof. Ing. Josef Kozák, DrSc. (Česká zemědělská univerzita v Praze, ČR)
 Ing. Timotej Miština, CSc. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Piešťany, SR)
 Doc. Ing. Jan Moudrý, CSc. (Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, ČR)
 Prof. RNDr. Lubomír Nátr, DrSc. (Přírodovědecká fakulta, Karlova univerzita v Praze, ČR)
 Dr. Peter Newbould (The Macaulay Land Use Research Institute, Aberdeen, Scotland, UK)
 Ing. Jaromír Procházka, CSc. (Výzkumný ústav pícninářský, Troubsko u Brna, ČR)
 Prof. Ing. Stanislav Procházka, DrSc. (Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, ČR)
 Doc. Ing. Vlastimil Rasocha, CSc. (Výzkumný ústav bramborářský, Havlíčkův Brod, ČR)
 Prof. Dr. Heinrich W. Scherer (Agrikulturchemisches Institut der Rheinischen Friedrich Wilhelms-Universität, Bonn, BRD)
 Doc. Ing. Ladislav Slavík, DrSc. (Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, ČR)
 Doc. Ing. Josef Šimon, CSc. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně, ČR)
 Doc. Ing. Pavel Tlustoš, CSc. (Česká zemědělská univerzita v Praze, ČR)
 Ing. Marie Váňová, CSc. (Zemědělský výzkumný ústav, Kroměříž, ČR)
 Prof. Ing. Karel Voříšek, CSc. (Česká zemědělská univerzita v Praze, ČR)
 Doc. Ing. František Vrkoč, DrSc. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně, ČR)
 Prof. Dr. hab. Kazimiera Zawislak (Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Polska)
 Prof. Ing. Josef Zimolka, CSc. (Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, ČR)

Vedoucí redaktorka – Editor-in-Chief

RNDr. Eva Stříbrná

Cíl a odborná náplň: Časopis publikuje původní vědecké práce, výsledky výzkumu, studie a analýzy z oblasti rostlinné výroby, především pěstování rostlin, tvorby výnosů plodin, kvality jejich produktů, semenářství, fyziologie rostlin, agrochemie, pedologie, mikrobiologie, meliorací a agroekologie. Časopis je citován v bibliografickém časopise Current Contents – Agriculture, Biology and Environmental Sciences. Abstrakty z časopisu jsou zahrnuty v těchto databázích: Agricola, Agris, CAB Abstracts, Czech Agricultural Bibliography, Toxline Plus.

Periodicita: Časopis vychází měsíčně (12krát ročně), ročník 46 vychází v roce 2000.

Přijímání rukopisů: Rukopisy ve dvou vyhotoveních je třeba zaslat na adresu redakce: RNDr. Eva Stříbrná, vedoucí redaktořka, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Slezská 7, 120 56 Praha 2, Česká republika. tel.: 02/24 25 79 39, fax: 02/24 25 39 38, e-mail: editor@uzpi.cz. Den doručení rukopisu do redakce je publikován jako datum přijetí k publikaci.

Informace o předplatném: Objednávky na předplatné jsou přijímány pouze na celý rok (leden–prosinec) a měly by být zaslány na adresu: Ústav zemědělských a potravinářských informací, vydavatelské oddělení, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Cena předplatného pro rok 2000 je 816 Kč.

Aktuální informace najdete na URL adrese: <http://www.uzpi.cz>

Aims and scope: Original scientific papers, results of research, review studies and analyses from the crop production sector, particularly care of crops, crop yield formation, quality of plant products, seed production, plant physiology, agrochemistry, soil science, microbiology and agri-ecology are published in this periodical.

The journal is cited in the bibliographical journal Current Contents – Agriculture, Biology and Environmental Sciences. Abstracts from the journal are comprised in the databases: Agricola, Agris, CAB Abstracts, Czech Agricultural Bibliography, Toxline Plus.

Periodicity: The journal is published monthly (12 issues per year), Volume 46 appearing in 2000.

Acceptance of manuscripts: Two copies of manuscript should be addressed to: RNDr. Eva Stříbrná, editor-in-chief, Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2, Czech Republic, tel.: 02/24 25 79 39, fax: 02/24 25 39 38, e-mail: editor@uzpi.cz. The day the manuscript reaches the editor for the first time is given upon publication as the date of reception.

Subscription information: Subscription orders can be entered only by calendar year (January–December) and should be sent to: Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Subscription price for 2000 is 195 USD (Europe), 214 USD (overseas).

Actual information are available at URL address: <http://www.uzpi.cz>

VLIV PŘÍDAVKU BENTONITU K ČISTÍRENSKÝM KALŮM A PODMÍNEK JEJICH INKUBACE NA SORPCI KADMIA V PŮDÁCH

THE EFFECT OF BENTONITE ADDITION INTO SEWAGE SLUDGE AND CONDITIONS OF ITS INCUBATION ON THE CADMIUM SORPTION IN SOILS

J. Balík, P. Tlustoš, J. Száková, S. Kaewrahn, A. Hanč

Czech University of Agriculture in Prague, Czech Republic

ABSTRACT: The objective of our investigation was to determine the dynamics of Cd sorption in soils treated with incubated mixture of sewage sludge with bentonite under aerobic and anaerobic conditions. There was sewage sludge from three different wastewater plants tested. Untreated sludge and sludge treated with bentonite, in the rate of 30% of dry weight of sludge, have been preincubated under aerobic and anaerobic conditions for eight months (Tab. II). Over preincubation a part of dry matter of sewage sludge was transformed and total content of Cd in sludge was increased. Differently conditioned sewage sludge was analysed by sequential fractionation and the portion of Cd in individual fractions was determined. Portion of water soluble and exchangeable Cd was strongly affected by different amount of air available during incubation than by bentonite application. Sewage sludge treatments with bentonite showed an increase of water soluble and exchangeable portion of Cd compared to untreated sludge. Preincubated analysed sewage sludge was used in new incubation experiments with three different soils (Chernozems, Luvisols, Fluvisols) described in Tab. I. The applied rate of dry weight of preincubated sludge was 1.665 g. The amount of sludge was thoroughly mixed with 30 g of soil (0 to 2 mm fraction) and incubated for 240 days. Five samples (0, 14, 30, 60, and 240 days of incubation) were taken for determination of Cd availability by three different solutions ($1 \text{ mol.l}^{-1} \text{ NH}_4\text{NO}_3$, $0.025 \text{ mol.l}^{-1} \text{ NH}_4\text{EDTA}$ with pH 4.6, and $2 \text{ mol.l}^{-1} \text{ HNO}_3$). Due to the variation in total Cd content in sludge and different rate of applied Cd, total element content applied was different, therefore results are displayed in relative values showing the ratio of available Cd released by different extractants divided by total content of Cd in soil plus sludge. The ammonium nitrate solution released only very small portion of Cd above all from Chernozems and Luvisols. Available Cd portion did not reach detection limit in many treatments. This agent did not show any differences between treatments with and without bentonite (Fig. 1). The extraction of incubated samples by EDTA showed differences between investigated treatments (Fig. 2). Sewage sludge preincubation under aerobic and anaerobic conditions caused deeper changes in sludge composition. Lower Cd availability in sludges preincubated under anaerobic conditions was determined by EDTA in soil samples with addition of untreated and treated with bentonite sludge compared to the same treatments under aerobic incubation. The effect of different environment over the incubation was not confirmed in case of untreated and treated soil extraction by nitric acid (Fig. 3). The highest portion of extractable Cd was found at Luvisols and the lowest at Fluvisols (Fig. 5). Cd availability was slightly affected by source of sludge (Fig. 6). The availability of Cd was more affected by different air availability during incubation than by bentonite application before preincubation of sewage sludge.

Keywords: sewage sludge; cadmium; bentonite; aerobic and anaerobic conditions; extraction agents

ABSTRAKT: V inkubačních pokusech byly sledovány změny v sorpci Cd v půdě po aplikaci tří různě ošetřených čistírenských kalů, které byly předem inkubovány po dobu osmi měsíců při teplotě 20 °C. Testovány byly kaly neošetřené a kaly s přídatkem bentonitu v dávce 30 % z množství sušiny kalu za aerobních a anaerobních podmínek. Na podíl vodorozpustné a výměnné frakce v kalech měly podstatně větší vliv podmínky aerace než přídatek bentonitu. V další fázi experimentů byly s takto ošetřenými kaly založeny nové inkubační pokusy se třemi různými zeminami (černozem, hnědozem a fluvizem). Dávka čerstvého kalu činila 1,665 g sušiny na 30 g jemnozeme. Tyto pokusy trvaly 240 dnů a v pěti termínech bylo sledováno extrahovatelné množství Cd třemi odlišnými vyluhovacími ($1 \text{ mol.l}^{-1} \text{ NH}_4\text{NO}_3$, $0,025 \text{ mol.l}^{-1} \text{ NH}_4\text{EDTA}$, $2 \text{ mol.l}^{-1} \text{ HNO}_3$). Rozbory nepotvrdily předpoklad o vhodnosti přídatku bentonitu k čistírenským kalům za účelem snížení mobility Cd. Na velikost sorpce měla výraznější vliv aerace předem inkubovaných kalů než použití bentonitu.

Klíčová slova: čistírenské kaly; kadmium; bentonit; aerobní a anaerobní podmínky; extrakční činidla

ÚVOD

Zvýšený obsah rizikových prvků patří k negativním vlastnostem čistírenských kalů. S cílem eliminovat mobilitu Cd, a tím také jeho využití rostlinami, byly zkoušeny různé způsoby ošetření čistírenských kalů, nejčastěji kompostování (Gerzabek et al., 1992) nebo přidavek vápenatých hmot (Balík et al., 1999). Další možnost představuje použití různých sorbentů. Jak uvádějí Sims, Boswell (1978), přidavek bentonitu (2,5, 5 a 10 %) snížil množství extrahovatelného Cd, Zn a Ni (roztokem DTPA) v zemínách po aplikaci čistírenských kalů. V nádobových vegetačních pokusech s bentonitem, realizovaných na našem pracovišti, jsme zaznamenali na neutrální půdě až 40% snížení obsahu Cd v rostlinách ovsa (Tlustoš et al., 1996). Obdobně také Richter, Hlušek (1991) zjistili snížení obsahu Cd v nati brambor po aplikaci bentonitu do půdy. Mobilita rizikových prvků je dále významně ovlivněna oxidačně-redukčními procesy v půdách a v substrátech (McBride, 1989).

Záměrem našich experimentů bylo stanovit změny, ke kterým dochází v půdě z hlediska sorpce Cd po aplikaci kalů předem ošetřených bentonitem a inkubovaných za odlišných podmínek aerace.

MATERIÁL A METODY

Inkubační pokus proběhl se třemi různými zemínami a třemi různými čistírenskými kaly. Byly použity zeminy (tab. I): černoze (Praha-Suchdol), hnědozem (Červený Újezd) a fluvizem (Přerov nad Labem). Byly sle-

dovány kaly, které byly předem inkubovány po dobu osmi měsíců při teplotě 20 °C. Testovány byly kaly neošetřené a kaly s přidavkem bentonitu v dávce 30 % z množství sušiny kalu za aerobních a anaerobních podmínek (tab. II). Každá varianta byla třikrát opakována. Čerstvý kal byl promísen s odváženým množstvím bentonitu a vsypán do 5l plastových nádob, každá nádoba byla připravena individuálně. V případě aerobní inkubace byly nádoby opatřeny na dně a na boku otvory pro zvýšení aerace. Kal byl jen volně vsypán do nádob a v pravidelných 14denních intervalech bylo doplněno 60 % ztrát hmoty deionizovanou vodou za důkladné aerace. Při anaerobní inkubaci byl kal do nádoby napěchován a následně uzavřen fólií.

Po osmi měsících preinkubace kalů byly realizovány inkubační pokusy se zemínami. Čerstvý kal v dávce 1,665 g sušiny byl dodán do 250ml polyetylenových

I. Agrochemická charakteristika půd – Agrochemical characteristics of soils

Zemina ¹	C _{ox} (%)	pH/KCl	KVK (mval.kg ⁻¹)	Cd (mg.kg ⁻¹)
Hnědozem ²	1,54	7,0	145	0,136 ± 0,035
Černoze ³	2,29	7,2	180	0,260 ± 0,039
Fluvizem ⁴	0,96	5,6	75	0,484 ± 0,040

Referenční materiál⁵: RM Silty Clay Loam (Analytika Co., Ltd.)
 Certifikováno⁶: 0,32 ± 0,04 mg Cd.kg⁻¹
 Nalezeno⁷: 0,28 ± 0,02 mg Cd.kg⁻¹

¹soil, ²Luvisol, ³Chernozem, ⁴Fluvisol, ⁵reference material, ⁶certified, ⁷found

II. Obsah Cd a podíl vodorozpustné a výměnné frakce při různých způsobech ošetření kalů po osmiměsíční preinkubaci – Cd content and portion of water-soluble and exchangeable fractions at different methods of sewage sludge treatments after eight-month preincubation

Kal ¹	Varianta ²	% sušiny ³	mg Cd.kg ⁻¹ sušiny	Podíl frakcí ⁴ (%)	
				vodorozpustné ⁵ Cd	výměnné ⁶ Cd
1	A	48,8	5,05	2,5	17,8
	AN	27,1	5,16	0,5	0,5
	A + bentonit ⁷	47,3	4,00	2,5	21,3
	AN + bentonit	31,3	4,39	0,1	0,6
2	A	32,2	7,44	2,7	12,5
	AN	20,3	6,71	0,9	0,1
	A + bentonit	45,9	5,26	2,9	18,2
	AN + bentonit	22,9	5,53	0,5	0,3
3	A	31,3	1,92	1,7	19,6
	AN	11,6	1,99	1,8	1,0
	A + bentonit	25,3	1,51	1,0	16,2
	AN + bentonit	17,5	1,63	1,5	1,0

A = aerobní inkubace – aerobic incubation

AN = anaerobní inkubace – anaerobic incubation

Referenční materiál⁸: RM 12-03-12 Sludge

Certifikováno⁹: 1,97 ± 0,21 mg Cd.kg⁻¹

Nalezeno¹⁰: 2,17 ± 0,22 mg Cd.kg⁻¹

¹sludge, ²treatment, ³of dry matter, ⁴portion of fractions, ⁵water-soluble, ⁶exchangeable, ⁷bentonite, ⁸reference material, ⁹certified, ¹⁰found

lahví. Pro splnění podmínky dosažení maximální vzájemné homogenity kalu a zeminy byl zvolen tento postup:

- k navážce 1,665 g sušiny kalu bylo přidáno v závislosti na zemině takové množství deionizované vody, aby bylo dosaženo po přidání zeminy její nasycení na 50 % retenční vodní kapacity sypaného vzorku,
- kal s vodou byl 30 min intenzivně třepán,
- po 1 h stání bylo přidáno 30 g jemnozeme,
- zeminy s kaly byly inkubovány v uzavřených lahvích po dobu 240 dnů při teplotě 20 °C, v průběhu inkubace nebyly vzorky míseny,
- analýzy na obsah Cd byly provedeny v pěti termínech: počáteční stav (3 h po založení), 14, 30, 60 a 240 dnů.

Při extrakci půdních vzorků bylo postupováno podle publikované metodiky (Tlustoš, 1999):

- 1 mol.l⁻¹ roztok NH₄NO₃ v poměru 1 : 5 (w/v), 120 min třepání, poté se 50 ml extraktantu centrifugovalo 10 min při 3000 otáčkách za 1 min (centrifuga Hettich Universal 30 RP) a supernatant byl uložen při 6 °C do doby měření,
- 0,025 mol.l⁻¹ roztok NH₄EDTA (pH 4,6) v poměru 1 : 5 (w/v), 90 min třepání, poté se 50 ml extraktantu centrifugovalo 10 min při 3000 otáčkách za 1 min (centrifuga Hettich Universal 30 RP) a supernatant byl uložen při 6 °C do doby měření,
- 2 mol.l⁻¹ roztok HNO₃ v poměru 1 : 5 (w/v), po 16 h stání byla suspenze 6 h intenzivně protřepávána, poté byl vzorek 10 min centrifugován při 3000 otáčkách za 1 min (centrifuga Hettich Universal 30 RP) a uložen při laboratorní teplotě do doby měření,
- u každého extraktantu proběhla vždy dvě paralelní stanovení,
- k analýze bylo použito vždy veškeré množství zeminy + kalu (31,665 g), extrakce probíhala přímo v polyetylenových lahvích tak, aby byly maximálně odstraněny nepřesnosti v důsledku nehomogenity materiálu.

Celkový obsah Cd v půdách byl stanoven separátně v mineralizátech získaných předchozím dvoustupňovým rozkladem s využitím přístroje APION (Míhlová et al., 1993) v suché fázi a následným rozkladem pevného zbytku v prostředí koncentrovaných HF + HNO₃. Pevný zbytek po rozkladu 0,5 g vzorku v APIONU byl ve druhém stupni rozložen směsí koncentrovaných kyselin HF + HNO₃ v poměru 1 : 2 na teflonové horké desce v teflonových kádinkách při teplotě 150 °C. Odparek byl rozpuštěn ve zředěné lučavce královské a uložen při laboratorní teplotě až do doby měření (Mader et al., 1998).

Vzorek kalu byl rozložen na suché cestě (Mader et al., 1998) s následným rozpuštěním popela ve zředěné lučavce královské.

Obsah Cd ve vzorcích byl stanoven metodou plamenové bezplamenové atomové absorpční spektrometrie ve Stopové laboratoři katedry chemie a v laboratoři katedry agrochemie a výživy rostlin AF ČZU v Praze na přístrojích Varian SpectrAA 40 a Varian SpectrAA 300.

Pro kontrolu kvality analytického postupu byly použity certifikované referenční materiály: RM Silty Clay Loam (půda) a RM 12-03-12 Sludge (kaly).

K frakcionaci Cd v samotných kalech bylo odebráno 0,5 g kalu, který byl navážen do centrifugačních zkumavek a postupně extrahován jednotlivými roztoky (Tlustoš, 1999).

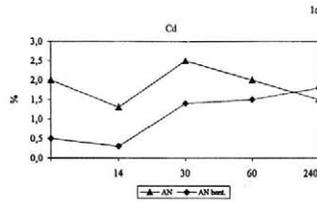
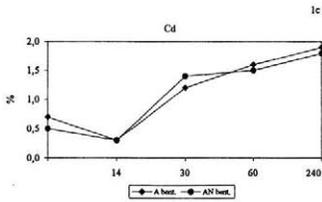
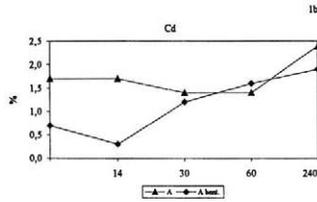
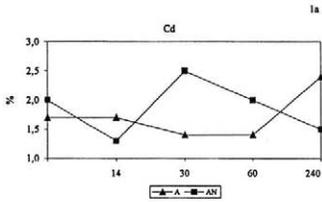
VÝSLEDKY A DISKUSE

Pokusy proběhly se třemi různými čistírenskými kaly, které byly předem inkubovány po dobu osmi měsíců za aerobních i anaerobních podmínek, a to s přidavkem a bez přidavku bentonitu. Byla věnována značná pozornost otázce dosažení vysoké homogenity inkubovaných čistírenských kalů a zejména důkladnému promísení kalů s bentonitem. Takto preinkubované kaly byly následně využity v inkubačních pokusech se třemi různými zeminami, které se lišily obsahem Cd a dále sorpčními vlastnostmi (tab. I).

Kvalita kalů po osmiměsíční preinkubaci je uvedena v tab. II. Z údajů je zřejmé, že při aerobní inkubaci došlo ke zvýšení podílu sušiny, který činil u kalu 1 u aerobního způsobu 48,8 % a u anaerobního způsobu 27,1 %. U kalu 2 byly stanoveny hodnoty 32,2 % a 20,3 % sušiny, u kalu 3 31,32 % a 11,57 % sušiny. Příčinou zvýšeného obsahu sušiny za aerobních podmínek byla skutečnost, že část organické hmoty byla postupně oxidována, a tím se zvýšil podíl anorganické frakce. Poklesu obsahu vody nebylo zabráněno ani pravidelným vlhčením ve 14denních intervalech, neboť při vyšším obsahu vody u variant aerobně ošetřených se výrazněji měnila struktura kalů, docházelo k rozplavení agregátů a k tvorbě anaerobních podmínek.

Vzhledem k tomu, že při skladování se část sušiny kalu transformovala, došlo v průběhu preinkubace kalu ke zvýšení koncentrace Cd v kalech. Proto stanovené obsahy Cd u variant kal + bentonit jsou vyšší, než by odpovídalo 30% zastoupení bentonitu v této směsi, jak tomu bylo na počátku pokusů. V těchto pokusech byl použit bentonit s nízkým obsahem Cd (0,12 mg.kg⁻¹), a proto dodané množství Cd bentonitem do celého systému kal + bentonit bylo zanedbatelné (řádově desetiny procenta z Cd_{tot} kal + bentonit). V průběhu osmiměsíční preinkubace se chovaly jednotlivé kaly rozdílně a obsahy Cd jsou uvedeny tak, jak jsme je stanovili před založením inkubačních pokusů se zeminami. Nelze však vyloučit určité odchylky, vzniklé heterogenitou používaného materiálu.

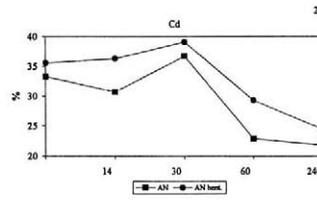
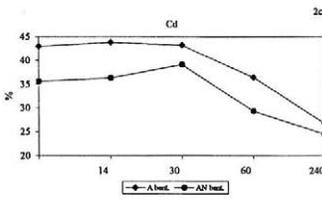
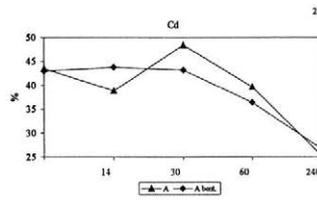
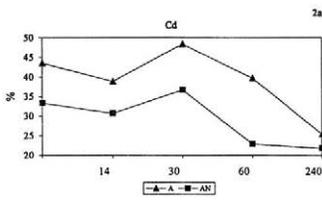
Před založením inkubačních pokusů se zeminami byla provedena frakcionace Cd, byl stanoven podíl vodorozpustného a výměnného Cd v kalech. Na podíl sledovaných frakcí měly podstatně větší vliv podmínky aerace než přidavek bentonitu. U kalu 1 byl v aerobních podmínkách obsah vodorozpustné frakce Cd 2,5 % a výměnné 17,8 %, v anaerobních podmínkách činil obsah vodorozpustné frakce 0,5 % a výměnné 0,5 %. U kombinace kal 1 + bentonit při aerobním způsobu bylo vo-



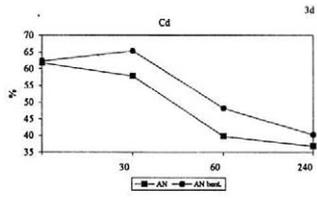
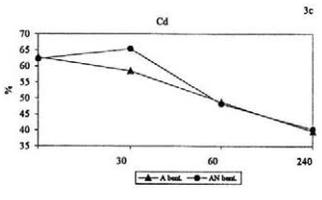
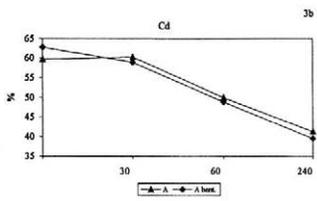
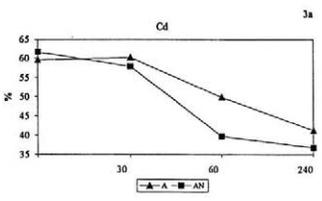
1. Podíl extrahovatelného Cd roztokem NH_4NO_3 (průměr ze tří zemín a tří kalů) v závislosti na způsobu ošetření kalu (v % v Cd_{tot}) – Portion of extractable Cd by NH_4NO_3 solution (average for three soils and three sludges) in dependence on the method of sludge treatment (in % from Cd_{tot})

Vysvětlivky k obr. 1 až 3 – Explanations to Figs. 1 to 3:

100 % aerob. $\text{Cd}_{\text{tot}} = 0,531 \text{ mg.kg}^{-1}$
 100 % anaerob. $\text{Cd}_{\text{tot}} = 0,521 \text{ mg.kg}^{-1}$
 100 % aerob. + bent. $\text{Cd}_{\text{tot}} = 0,467 \text{ mg.kg}^{-1}$
 100 % anaerob. + bent. $\text{Cd}_{\text{tot}} = 0,480 \text{ mg.kg}^{-1}$
 osa x: doba inkubace (dny) – x axis: incubation period (days)



2. Podíl extrahovatelného Cd roztokem EDTA (průměr ze tří zemín a tří kalů) v závislosti na způsobu ošetření kalu (v % z Cd_{tot}) – Portion of extractable Cd by EDTA solution (average for three soils and three sludges) in dependence on the method of sludge treatment (in % from Cd_{tot})



3. Podíl extrahovatelného Cd roztokem HNO_3 (průměr ze tří zemín a tří kalů) v závislosti na způsobu ošetření kalu (v % z Cd_{tot}) – Portion of extractable Cd by HNO_3 solution (average for three soils and three sludges) in dependence on the method of sludge treatment (in % from Cd_{tot})

dorozpuštného Cd 2,5 % a výměnného 21,3 %, ale za anaerobního způsobu pouze 0,1 % vodorozpuštného a 0,6 % výměnného Cd. K obdobným změnám došlo také u kalu 2 a kalu 3 a jejich kombinací s bentonitem. Při aerobním způsobu se zvýšil především podíl výměnné frakce, která činila u kalů použitých v našich poku-

sech 12 až 21 %. Je zajímavé, že u variant s přidavkem bentonitu se nezvýšil podíl výměnné frakce a také u vodorozpuštné frakce nelze stanovit rozdíly proti kontrole.

Dosažené výsledky po 240 dnech inkubace takto ošetřených kalů s různými zemínami jsou znázorněny na obr. 1 až 3. Na obr. 1 jsou uvedeny výsledky získané

extrakcí roztokem NN_4NO_3 , na obr. 2 roztokem EDTA a na obr. 3 roztokem HNO_3 . Důvody k výběru těchto tří extrakčních činidel uvádějí podrobněji Balík et al. (1999) a při našem rozhodování jsme vycházeli především z prací, které publikovali Kozák et al. (1990), Zeien, Brümmer (1991), Zeien (1995) a Liebe et al. (1997).

Vzhledem k tomu, že u jednotlivých variant byla do půdy dodána rozdílná množství Cd, především u variant s bentonitem, zvolili jsme princip relativního vyjádření změn v procentech k celkovému obsahu Cd v zemině + kalu. Dávkování kalu bylo na principu dodaného množství sušiny a podle německých kritérií by to odpovídalo stoleté dávce. Hodnoty celkového obsahu Cd v jednotlivých zeminách po aplikaci kalů (Cd_{tot}) byly vypočteny z Cd_{tot} zeminy + Cd_{tot} kalu a nebyly analyticky zjišťovány. S ohledem na přehlednost a názornost jsou uváděny u každého extrakčního činidla dílčí grafy (a až d), ve kterých jsou demonstrovány pouze dvě porovnávané varianty. Jednotlivé body v grafech jsou průměrné hodnoty z 18 dílčích stanovení (dvě opakování x tři zeminy x tři kaly), čímž byla značně omezena variabilita výsledků, způsobená především heterogenitou výchozího materiálu. Extrakce v termínu 14 dnů byla u 2 mol.l^{-1} HNO_3 vynechána.

Roztokem NH_4NO_3 byl uvolněn velmi malý podíl Cd, zejména na černozemi a hnědozemi, a nalezené hodnoty se velmi často nacházely pod hodnotami meze detekce stanovení ($0,0006 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$). Pouze na fluvizemi byly vyšší, v průměru zde byla extrahována 4 % z Cd_{tot} . S ohledem na malá množství uvolněného Cd (a z toho vyplývající značnou analytickou chybu) je třeba zvážit, zda je 1 mol.l^{-1} roztok NH_4NO_3 vhodným extrakčním činidlem pro stanovení mobilních forem Cd v půdě. Údaje na obr. 1a jsou značně rozdílné podle termínu odběru a nelze stanovit výraznější rozdíly mezi kaly ošetřenými za přístupu a bez přístupu vzduchu. U variant kal + bentonit v aerobních podmínkách lze uvažovat o mírné tendenci ke snížení podílu extrahovatelného Cd na počátku půdních testů, ale při odběru po 30 dnech se obě varianty již velmi přibližují, což také odpovídá vstupním hodnotám analýz samotných kalů (obr. 1b). Poměrná shoda dosažených výsledků u variant bez přídavku bentonitu a s ním je podpořena také skutečností, že u variant kalů s bentonitem bylo navýšení kationtové výměnné kapacity půdy přibližně na úrovni desetin procenta, což lze při hodnocení téměř zanedbat. Kromě toho konkurují Cd při výměnné sorpci především ionty Ca a Mg, které také tvoří rozhodující podíl v půdním roztoku. Na změnách mobility Cd u variant zemina + kal se nutně projevil změny dosažené vlastním ošetřením kalů a ne změny vyvolané působením bentonitu na sorpční vlastnosti zeminy. Z obr. 1c je zřejmé, že varianty s bentonitem se téměř neliší bez ohledu na anaerobní či aerobní podmínky.

Na obr. 2 jsou prezentovány podíly extrahované roztokem EDTA. Preinkubace kalů za odlišných podmínek přístupu vzduchu se projevila v hlubší změně kvality kalu, než bylo stanoveno v extraktantu NH_4NO_3 . Redukční podmínky zřejmě vedly k částečnému rozkladu

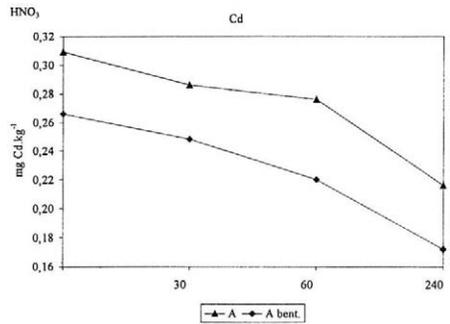
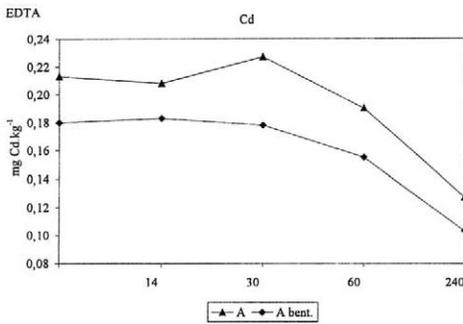
organických vazeb se sírou, k její redukci a k tvorbě pevných vazeb Cd ve formě sulfidů (Bingham et al., 1976), které však nejsou extrahovatelné roztokem EDTA. Na základě práce, kterou publikovali Ure et al. (1993), lze předpokládat, že při našem postupu extrakce jde především o Cd ve frakci vodorozpuštěné, výměnné + organicky vázané. Jak uvádí Beckett (1989), může toto vyluhovadlo uvolnit také část Cd vázaného na karbonátech a na oxidech, což lze v těchto pokusech očekávat především na černozemi a méně na hnědozemi. Přitom snížená extrahovatelnost Cd po preinkubaci za omezeného přístupu vzduchu se projevila jak u samotných kalů (obr. 2a), tak i u kalů s přídavkem bentonitu (obr. 2c).

Jak je patrné z obr. 2b, extrahovatelný podíl Cd v aerobních podmínkách se výrazněji neliší u variant kal a kal + bentonit. Toto zjištění je v dobrém souladu s údaji z tab. II, s podobným podílem vodorozpuštěné a výměnné frakce u těchto variant.

Z hodnot uvedených na obr. 2d je zřejmé, že po přídavku bentonitu ke kalu za anaerobních podmínek se zvýšila extrahovatelnost Cd ve srovnání se samotným kalem. Příčinu tohoto rozdílu lze spatřit v rozdílných oxidačně-redukčních podmínkách v průběhu preinkubace kalů. U varianty s bentonitem byl zřejmě vyšší obsah vzduchu v substrátu. Tuto domněnku potvrzuje také vyšší obsah sušiny u variant s bentonitem. Přestože nebyl přímo měřen redox potenciál v preinkubovaných kálech, lze předpokládat vyšší tvorbu sulfidů u varianty se samotnými kaly. Pevnost těchto vazeb nebyla zřejmě narušena ani následnou inkubační taktou ošetřených kalů se zeminami po dobu 240 dnů, a proto jsme také zjistili nižší hodnoty při extrakci roztokem EDTA.

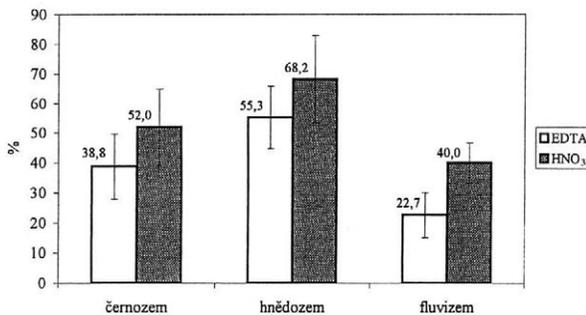
Výsledky extrakce roztokem HNO_3 jsou znázorněny na obr. 3. Oproti vyluhovadlu EDTA jsou zde rozdíly mezi jednotlivými variantami podstatně nižší, což také odpovídá nižší selektivitě HNO_3 . Jak předpokládali Emerich et al. (1982), je HNO_3 schopna uvolnit prvky sorbované všemi hlavními způsoby včetně těch, které jsou vázány do sulfidů. Proto je těžko vysvětlitelný rozdíl stanovený mezi samotným kalem a variantou kal + bentonit v anaerobních podmínkách (obr. 3d). Logicky se zde nabízí pochybnost, zda je veškeré množství Cd ze sulfidických vazeb vytěsněno při extrakci HNO_3 , nebo zda je vázáno ve vnitřních prostorech jílových minerálů.

Na obr. 4 je uvedeno extrahovatelné množství Cd v absolutních hodnotách u variant s přídavkem a bez přídavku bentonitu v aerobních podmínkách. U variant s bentonitem bylo v průměru dodáno cca o 20 % méně Cd, čemuž rámcově odpovídají i stanovené rozdíly v zeminách. V průměru všech pěti odběrů a všech zemina + kalů byl na neošetřené variantě stanoven obsah Cd ve výluhu EDTA $0,193 \text{ mg.kg}^{-1}$ zeminy a u ošetřené varianty s bentonitem $0,160 \text{ mg.kg}^{-1}$. U HNO_3 bylo na kontrolní variantě $0,272 \text{ mg.kg}^{-1}$ a u variant s bentonitem $0,226 \text{ mg.kg}^{-1}$. Byla zaznamenána postupná tendence ke snížení extrahovatelnosti Cd v průběhu inkubačních pokusů. Příčinou může být okludování Cd na oxidech, případně jeho difuze do jílových minerálů a dále



4. Vliv ošetření kalu bentonitem na extrahovatelné množství Cd (průměr ze tří zemín a tří kalů) – The effect of sludge treatment with bentonite on extractable Cd amount (average for three soils and three sludges)

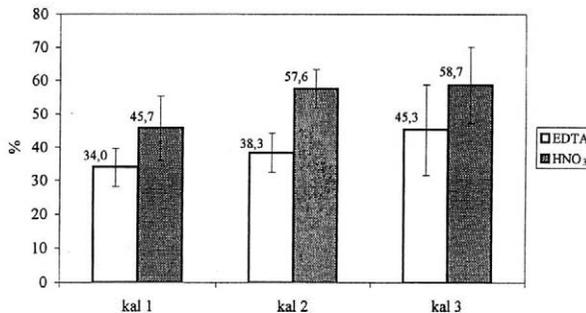
osa x: doba inkubace (dny) – x axis: incubation period (days)



5. Podíl extrahovatelného Cd ($Cd_{tot} = 100\%$) v závislosti na extrakčním činidle a použité zemině (aerobní inkubace, průměr všech odběrových termínů) – Portion of extractable Cd ($Cd_{tot} = 100\%$) in dependence on extraction agent and soil used (aerobic incubation, average for all sampled dates)

$Cd_{tot} = 0,467 \text{ mg.kg}^{-1}$
 $Cd_{tot} = 0,350 \text{ mg.kg}^{-1}$
 $Cd_{tot} = 0,679 \text{ mg.kg}^{-1}$

černozem – Chernozem
 hnědozem – Luvisol
 fluvizem – Luvisol



6. Podíl extrahovatelného Cd ($Cd_{tot} = 100\%$) v závislosti na použitém kalu a extrakčním činidle (aerobní inkubace, průměr tří zemín) – Portion of extractable Cd ($Cd_{tot} = 100\%$) in dependence on the sludge used and extraction agent (aerobic incubation, average for three soils)

$Cd_{tot} = 0,544 \text{ mg.kg}^{-1}$
 $Cd_{tot} = 0,669 \text{ mg.kg}^{-1}$
 $Cd_{tot} = 0,379 \text{ mg.kg}^{-1}$

kal – sludge

vazba Cd v chelátech v adsorpčních komplexech s vyšší molekulovou hmotností.

Rozdíly v extrahovatelnosti Cd v závislosti na použité zemině jsou dokumentovány na obr. 5, kde jsou uvedeny průměrné hodnoty z aerobní inkubace všech odběrových termínů a kombinací s bentonitem i bez něho. Nejvyšších hodnot u obou extraktantů bylo dosaženo na hnědozemi. Roztokem EDTA bylo extrahováno 55,3 % z celkového množství Cd v hnědozemi + kalu. Na černozemi jsme stanovili 38,8 % a na fluvizemi pouze 22,7 %. Nízká extrahovatelnost Cd na fluvizemi byla stanovena také u HNO₃ (40,0 %). Na hnědozemi

bylo roztokem HNO₃ mobilizováno 68,2 % a na černozemi 52,0 %. Dosažené údaje jsou ovlivněny především pevností sorpce Cd v půdě a jeho podílem v Cd_{tot} směsi zemina + kal. U černozemě činil podíl Cd půdy v průměru všech variant 53 %, u hnědozemě pouze 37 % a nejvyšší byl u fluvizemě 67 %.

Souhrnné porovnání extrahovatelnosti jednotlivých kalů v inkubačních pokusech se zeminami je znázorněno na obr. 6. Jde rovněž o vyjádření podílu ze sumy zemina + kal, nikoliv o hodnoty pro samotný kal. Nejvyšší míra mobility Cd (výluh EDTA a HNO₃) byla zaznamenána u kalu 3. S ohledem na nejnižší množství

Cd v tomto kalu byl předpoklad pro jeho pevnější sorpci v zemině, což však tyto výsledky nepotvrzují.

Pro hlubší poznání transformací Cd čistírenských kalů v půdě je třeba provést detailní frakcionaci Cd v kalech, v zemině před založením pokusů a následně ve směsi zemina + kal. Rozbory sice naznačují, že přídavek stabilního inertního materiálu vede ke zředění obsahu rizikových prvků v kalech, ale nepotvrzují předpoklad o vhodnosti přídavku bentonitu k čistírenským kalům za účelem snížení mobility Cd. Zároveň ukazují na potřebu sledování změn v pevnosti sorpce Cd v průběhu vlastního skládkování.

Tato publikace vznikla na základě finančních prostředků GA ČR, projektu 526/97/0845.

LITERATURA

- Balík J., Tlustoš P., Száková J., Blahník R., Kaewrahn S. (1999): Sorpce kadmia v půdě po použití vyvápňených čistírenských kalů. *Rostl. Výr.*, 45 (11): 511–518.
- Beckett P. H. R. T. (1989): The use of extractants in studies on trace metals in soils, sewage sludges and sludges-treated soils. *Adv. Soil Sci.*, 9: 143–176.
- Bingham F. T., Page A. L., Mahler R. H., Ganje T. J. (1976): Cadmium availability to rice in sludge-amended soil under flood and nonflood cultures. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 40: 715–719.
- Emmerich W. E., Lund L. J., Page A. L., Chang A. C. (1982): Solid phase forms of heavy metals in sewage sludge-treated soils. *J. Envir. Qual.*, 11: 174–178.
- Gerzabek M. H., Mohamad S. A., Danneberg O. H., Schaffer K. (1992): Schwermetalle in den Huminstoffen eines Müll und Müllklärschlammkompostes. *Bodenkultur*, 43: 21–27.
- Kozák J., Jehlička J., Křišťoufková S., Haladová H., Vachoušek V. (1990): Retence těžkých kovů půdami. [Závěrečná zpráva.] Praha, VŠZ.
- Liebe F., Welp G., Brümmer G. W. (1997): Mobilität anorganischer Schadstoffe in Böden Nordrhein-Westfalens. *Minist. Umw. Raumordng u. Landwirtsch. L. Nordrhein-Westfalen, Essen.*
- Mader P., Száková J., Miholová D. (1998): Classical dry ashing of biological and agricultural materials. Part II. Losses of analyses due to their retention in an insoluble residue. *Analysis*, 26: 121–129.
- McBride M. B. (1989): Reaction controlling heavy metal solubility in soils. *Adv. Soil Sci.*, 10: 1–56.
- Miholová D., Mader P., Száková J., Slámová A., Svatoš Z. (1993): Czechoslovak biological certified reference materials and their use in the analytical quality assurance system in a trace element laboratory. *Fresenius J. Anal. Chem.*, 345: 256–260.
- Richter R., Hlušek J. (1991): Využití půdních zlepšovačů ke snížení obsahu některých cizorodých prvků u brambor. *Agrochémia*, 31 (11): 248–251.
- Sims T., Boswell F. C. (1978): Effect of bentonite on plant availability of sludge-borne heavy metals in soil. *J. Envir. Qual.*, 7: 501–505.
- Tlustoš P. (1999): Mobilita arzenu, kadmia a zinku v půdách a možnosti omezení jejich příjmu rostlinami. [Habilitační práce.] Praha, ČZU.
- Tlustoš P., Balík J., Száková J., Pavlíková D. (1996): The effect of remediation treatments on plant uptake of cadmium, zinc and arsenic. In: 4th Congr. ESA, Veldhoven-Wageningen: 714–715.
- Ure A., Quevauviller P., Muntau H., Griepink B. (1993): Improvements in the determination of extractable contents of trace metals in soil and sediment prior to certification. *BCR Inform. DG XIII, Brussels.*
- Zeien H. (1995): Chemische Extraktionen zur Bestimmung der Bindungsformen von Schwermetallen in Böden. [Doktorská dizertace.] Bonn.
- Zeien H., Brümmer G. W. (1991): Ermittlung der Mobilität und Bindungsformen von Schwermetallen in Böden mittels sequentieller Extraktionen. *Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Gessell.*, 66: 439–442.

Došlo 16. 9. 1999

Kontaktní adresa:

Doc. Ing. Jiří Balík, DrSc., Česká zemědělská univerzita v Praze, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika, tel.: +420 2 24 38 27 32, fax: +420 2 20 92 03 12, e-mail: balik@af.czu.cz

Z VĚDECKÉHO ŽIVOTA

Prof. Ing. Jiří Petr, DrSc., čestným doktorem agronomie Švédské zemědělské univerzity v Uppsale

Z rozhodnutí akademických orgánů fakulty zemědělské, plánování krajiny a zahradnictví byla 2. října 1999 na Švédské zemědělské univerzitě v Uppsale udělena hodnost Doktor honoris causa prof. Ing. Jiřímu Petrovi, DrSc. Významná evropská zemědělská univerzita propůjčila čestný doktorát agronomie profesoru České zemědělské univerzity v Praze za jeho celoživotní vědeckou práci v oborech biologie obilnin, teorie tvorby výnosu zrnin, jakosti obilovin a ekologického zemědělství.

Prof. Petr patří v zahraničí k nejcitovanějším českým autorům z oblasti speciální produkce rostlinná. Řada jeho knih, které se spoluautory připravil, byla přeložena do cizích jazyků. K nejvýznamnějším náleží kniha *Tvorba výnosu hlavních polních plodin*, která vyšla v ruském (Moskva), německém (Berlín), maďarském (Budapešť) a anglickém (Elsevier, Amsterdam) překladu. Kniha *Počasi a výnosy* vyšla v ruském a anglickém vydání a další publikace *Intenzivní obilnářství* v překladu do ruštiny. Oceněna byla rovněž společná česko-švédská publikace autorů J. Petr, J. Dlouhý a kol.: *Ekologické zemědělství*, vydaná v roce 1992 nakladatelstvím Brázda.

Za bohatou knižní publikační činností se skrývá intenzivní vědecká práce, kterou představuje 72 původních vědeckých prací, 206 referátů přednesených na vědeckých konferencích, 35 závěrečných zpráv výzkumných úkolů a velmi široká oblast odborné práce (258 odborných článků, 20 metodik pro zemědělskou praxi, dva patenty a spoluautorství v 54 publikacích určených zejména pro studenty).

Udělením čestného doktorátu agronomie byla též oceněna jeho aktivita ve funkci rektora při transformaci pražské zemědělské univerzity na univerzitu evropského typu, s obnovou všech akademických svobod a s podstatnou změnou charakteru výuky. Zvláště byl ohodnocen rozvoj mezinárodní spolupráce s evropskými a americkými zemědělskými univerzitami s využitím jejich zkušeností, např. při evaluaci VŠZ prestižní Wageningenskou zemědělskou univerzitou v letech 1992 až 1993.

Na katedře rostlinné výroby pracuje prof. Petr nepřetržitě od absolvování vysokoškolského studia. V současnosti, při zkráceném pracovním úvazku, přednáší studentům disciplínu, které po roce 1990 pomáhal uvádět v život (alternativní zemědělství) a zabezpečuje výuku speciálního agronomického předmětu na VŠCHT. Soustředěnou prací s doktorandy se intenzivně podílí na výchově mladé vědecké generace. Své pedagogické a vědecké zkušenosti a erudici využívá i v dalších činnostech, jako je např. předsednictví v redakční radě vědeckého časopisu ČZU Scientia Agriculturae Bohemica a v odborném časopisu Úroda, dále předsedá komisi GA ČR Rostlinná produkce a šlechtění a genetika a sám je řešitelem řady vědeckých projektů.

Slavnostní promoce na Švédské zemědělské univerzitě v Uppsale měla tradiční průběh, čestní doktoři obdrželi diplom, doktorský klobouk a zlatý doktorský prsten.

Mezinárodní ocenění práce českého vysokoškolského učitele a vědce je především uznáním aktivní životní činnosti jmenovaného, je ale též oceněním práce univerzity a zejména výzvou mladším pracovníkům.

Doc. Ing. Václav Hosnedl, CSc.

THE ACCUMULATION OF POTENTIALLY TOXIC ELEMENTS IN SPINACH BIOMASS GROWN ON NINE SOILS TREATED WITH SEWAGE SLUDGE

HROMADĚNÍ RIZIKOVÝCH PRVKŮ VE ŠPENÁTU PĚSTOVANÉM NA DEVĚTI ZEMINÁCH S PŘÍDAVKEM ČISTÍRENSKÉHO KALU

P. Tlustoš, J. Balík, D. Pavlíková, J. Száková, S. Kaewrahn

Czech University of Agriculture in Prague, Czech Republic

ABSTRACT: The effect of sewage application on nine arable soils with different properties was investigated in pot experiment with spinach. Uptake of eight elements (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb and Zn) by plants and their availability released by 0.01 mol.l^{-1} CaCl_2 after the harvest were investigated. The application of sludge significantly increased biomass yield of spinach in the majority of soils used. The observed elements showed different accumulation potential and extractability. There are three elements As, Pb and Cr showing the lowest changes in the availability and accumulation by spinach at sludge treatments. Cu and Ni were easily extractable from treated soils and in case of Cu were more accumulated in plants. Highest accumulation potential was found for Cd, Zn and Hg. Cd content in plants was not changed substantially but the portion of total Cd uptake from sludge was the highest among all elements. Hg and Zn showed high accumulation in spinach at treated soils. High content of Zn in plants was confirmed by higher availability of soil Zn at treatments with sludge. Availability of soil Hg was extremely low below detection limit in all treatments.

Keywords: sewage sludge; potentially toxic elements; availability in soil; accumulation by plants

ABSTRAKT: Vliv přidavku čistírenského kalu na kumulaci osmi rizikových prvků v nadzemní hmotě špenátu byl sledován v nádobovém vegetačním pokusu na devíti odlišných zeminách. Zeminy hlavních půdních představitelů (tab. I) byly odebrány z ornice (0 až 20 cm). Po homogenizaci a prosátí bylo 5 kg zeminy obohaceno NPK v případě kontrolních variant a NPK a čerstvým upraveným čistírenským kalem (tab. II) v dávce 20 t suché hmoty kalu na 1 ha na ošetřených variantách. Takto připravené nádoby byly osety špenátem (odrůda Monores) a pravidelně zavlažovány deionizovanou vodou na hodnotu 60 % MVK. Každá varianta byla založena ve třech opakováních. Špenát byl sklizen ve fázi plně vyvinutých listů a po zjištění výnosu čerstvé a suché hmoty nadzemní biomasy byl analyzován. Zemina odebraná z každé nádoby při sklizni špenátu byla na vzduchu usušena a poté vyluhována $0,01 \text{ mol.l}^{-1}$ CaCl_2 ke zjištění sorpčních schopností jednotlivých prvků na sledovaném souboru zemin. V celém souboru bylo sledováno osm prvků (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb a Zn). K jejich stanovení bylo použito plamenové a bezplamenové atomové absorpční spektrometrie s pravidelnou kontrolou kvality analýz s využitím referenčních materiálů. Získané výsledky ukázaly, že přidavek kalů vedl na většinu půd k růstu výnosu biomasy (obr. 1). Rozdílná hmotnost biomasy špenátu na neošetřené a ošetřené variantě měla vliv i na intenzitu hromadění jednotlivých prvků ve špenátu. Podle akumulací schopnosti lze rozdělit sledované prvky minimálně do tří skupin (obr. 2 až 5). Do první skupiny se řadí As, Pb a Cr. Jejich společným rysem je velmi slabý vzájemný vztah mezi celkovým obsahem v půdě, jeho přístupným podílem a příjmem těchto prvků špenátem. Přidavek kalů jen v několika málo případech ovlivnil jejich vyšší přístupnost rostlinám, stejně jako rostoucí kumulaci sledovaných prvků v rostlinách. Do další skupiny patří Cu a Ni. Oba prvky byly snadněji přístupné rostlinám, což se projevilo v mírně vyšším trendu uvolňovat sledované prvky z ošetřených variant v porovnání s kontrolními. Snadnější uvolňování bylo potvrzeno i vyšší kumulací v rostlinách, zejména v případě Cu. Poslední skupinu tvoří prvky Cd, Zn a Hg, které zpravidla prokázaly nejvyšší schopnost akumulace v rostlinách po aplikaci kalů. Jejich chování nebylo shodné. V případě Cd, i když nebyl zjištěn jeho významný nárůst ve špenátu na variantách s kalem, došlo k odběru vysokého podílu Cd z dodaného kalu rostlinami špenátu. U Hg a Zn byl akumulací potenciál vysoký. U obou prvků byl zjištěn, i přes vysoký zředovací efekt, vyšší obsah sledovaného prvku ve špenátu ve variantách ošetřených kaly v porovnání s kontrolními variantami. U Zn byl tento trend potvrzen i jeho převládajícím vyšším obsahem v půdním výluhu variant s kalem. Vyšší akumulaci Hg v rostlinách nebylo možné potvrdit pro nízkou extrahovatelnost použitým vyluhovadlem. Z těchto důvodů i pro svoji toxicitu se Hg ukazuje jako nejvíce problémový prvek při běžných dávkách čistírenského kalu. Při hodnocení půd byla posuzována rychlejší odezva na přidavek kalů zejména na kambizemích a fluvizemích s omezenými sorpčními schopnostmi a nízkou hodnotou pH. Celkový obsah prvku v půdě nebyl jednoznačným kritériem hromadění prvků v listech špenátu.

Klíčová slova: čistírenské kaly; rizikové prvky; přístupnost v půdě; obsahy v rostlinách

INTRODUCTION

Sewage sludge is valuable organic manure and soil conditioner and has been successfully used as the material conditioning soil fertility for several decades in many European countries. Primary constituents as or-

The main objective of our investigation was focused on the accumulation of eight potentially toxic elements into the plant above ground biomass planted and on the changes of their availability in nine soils with substantially different soil properties treated with processed fresh sewage sludge.

I. Main parameters of soils used in the experiment

Soil ID	Location	Soil type	pH _{KCl}	P _{Mehlich II} (mg.kg ⁻¹)	K _{Mehlich II} (mg.kg ⁻¹)	Mg _{Mehlich II} (mg.kg ⁻¹)	C _{ox} (%)	CEC (mval.kg ⁻¹)
CU	Červený Újezd	Luvisols	6.2	134	249	144	1.5	158
Su	Suchdol	Chernozems	7.0	119	251	240	2.3	255
Pr	Přerov nad Labem	Fluvisols	5.1	298	201	73	1.0	89
Lu	Lukavec	Cambisols	6.1	98	254	126	1.8	128
Hu	Humpolec	Cambisols	4.5	84	342	187	2.0	159
Hn	Hněvčevs	Luvisols	5.7	80	373	190	1.8	179
Pi	Píšťany	Fluvisols	6.5	103	379	274	1.7	208
Li	Lípa	Cambisols	5.3	75	178	83	1.5	125
Se	Sedlec	Chernozems	6.8	50	223	256	2.1	244

FAO classification, 1994

ganic solids, nitrogen and phosphorus are agronomically beneficial to the crop growth, but municipal sludges always contain potentially hazardous trace elements (Kim et al., 1988; McGrath et al., 1993). Metals and trace elements may persist in the soil indefinitely and may be absorbed by growing plants in wide range of quantities to effect the health of plants and/or consumers (Chang et al., 1997).

To assess the risk of element uptake by plants, the element binding capacity of the upper 30 cm or ploughed layer is considered. Four attributes: pH, organic matter content, soil texture and the content of sesquioxides, are commonly used for evaluation of element adsorption in soils (Towers, Paterson, 1997). The assessment has to cover specific physicochemical properties of individual elements, too (Gerritse, Driel, 1984). Simplified relationship of element binding in soil among main soil properties and chosen elements published Blume (1994) and showed low binding capacity for Cd, Zn and Ni and high for Hg, Pb, Cr and Cu. Among mentioned factors soil pH plays the most important role for all elements. Organic matter and sesquioxides can adsorb metals more strongly than clay particles.

Total accumulation of elements in plant biomass depends not only on the soil properties but also on the crop grown (Keefer et al., 1986; Tiller, 1989) and on the distribution in growing plant (Kim et al., 1988).

There is a wide range of elements belonging to potentially toxic ones in the soil. Among them eight heavy metal elements (Cd, Cr, Cu, Mo, Hg, Ni, Pb and Zn) and two metalloids (As and Se) have been often investigated to get cumulative loading limits (Chang et al., 1997; Schmidt, 1997) or to introduce maximum concentration of some dangerous elements (CEC, 1986).

MATERIAL AND METHODS

The accumulation of eight elements (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni and Zn) was investigated in pot experiment. Nine soils taken from surface layer (0 to 20 cm) of arable land was chosen to cover the dominant agricultural areas of the Czech Republic. Soils used in the experiment introduced four main soil types with a wide range of agrochemical properties described in Tab. I. Total content of investigated elements for each soil is displayed in Figs. 2 to 5. Among all soils only Píšťany showed elevated content of metals (Cd, Cr, Hg and Zn) higher than Czech limit values and with the restriction for waste application. Other soils did not substantially exceeded average content of investigated elements in Czech soils.

Fresh homogenous sewage sludge with 26% of dry matter and the total content of potentially toxic elements described in Tab. II were used in the experiment.

II. Content of potentially toxic elements (mg.kg⁻¹ dry matter) in the applied sewage sludge

Element	<i>x</i>	<i>s</i>
As	5.04	0.18
Cd	3.57	0
Cu	256.2	25.8
Pb	181.9	7.3
Zn	1580	32
Cr	92.11	2.37
Ni	47.52	5.01
Hg	5.3	0.21

The content of elements was only in case of Pb and Hg higher than mean values from more than 300 sludge samples analysed in 1997 in the Czech Republic (Sáňka et al., 1998).

Soils taken in the field were passed through a 5 mm sieve predried and 5 kg of each soil (based on dry weight) was thoroughly mixed with 0.5 g N, 0.16 g P and 0.4 g K applied in ammonium nitrate and potassium hydrogen phosphate at control treatments and with the same amount of N, P, K nutrients plus processed fresh sewage sludge in equivalent to 20 Mg.ha⁻¹ at observed treatments. Mixture was filled into plastic pots, sown by spinach (*Spinacia oleracea* L.) var. Monores and planted with regular moisture control (60% of MWHC) up to full leaves development. After harvest an above ground biomass was gently washed with deionised water, checked for fresh and dry biomass, ground and analysed.

Plant material was decomposed by modified dry ashing procedure in the mixture of oxidizing gases by APION equipment (Miholová et al., 1993). Total soil content was determined after two step decomposition, using APION in the first step and wet digestion by the mixture of HF + HNO₃ in the second step (Mader et al.,

1990). Available portion of elements was determined in the extract of 0.01 mol.l⁻¹ solution of CaCl₂ in the ratio of 1 : 10 (w/v) (Novozamsky et al., 1993). Content of all elements was determined by atomic absorption spectrometry. Mercury by AMA 254 equipment and the rest of elements by flame and flameless technique on VARIAN SpectraAA-40 equipment in Trace Laboratories of Chemistry and Agrochemistry Departments of Czech University of Agriculture in Prague. Quality of plant analyses was controlled by reference materials SRM 1515 Apple leaves in the case of Hg with certified value 0.044 ± 0.004 mg Hg.kg⁻¹ and obtained 0.049 ± 0.000 mg Hg.kg⁻¹. RM 12-02-03 Lucerne for the rest of elements. Total content of elements in soil was controlled by RM 7003 Silty Clay Loam. Results of analyses of both materials are shown in Tab. III.

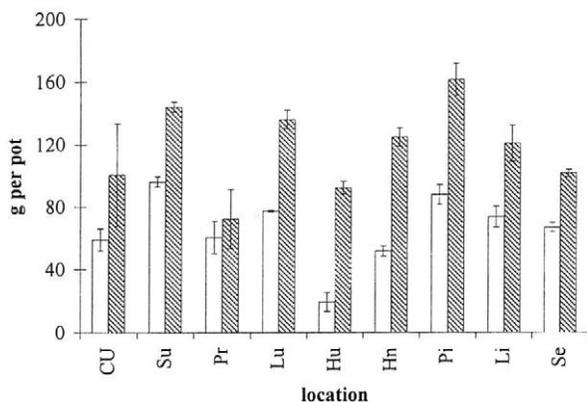
RESULTS AND DISCUSSION

Application of sewage sludge has affected nutrient status and properties of all soils tested. Spinach grown on all treated soils gave higher yield than at untreated ones (Fig. 1). More detail comparison of yields showed

III. Quality control of soil and plant analyses

Element	RM 7003 Silty Clay Loam		RM 12-02-03 Lucerne	
	certified	obtained	certified	obtained
As	16.7 ± 3.1	19.0 ± 4.0	0.263 ± 0.007	0.283 ± 0.047
Cd	0.32 ± 0.04	0.34 ± 0.13	0.136 ± 0.003	0.119 ± 0.043
Cu	29.1 ± 0.8	35.8 ± 9.3	11.6 ± 0.4	10.1 ± 0.2
Pb	33.5 ± 2.4	32.2 ± 1.4	1.84 ± 0.08	2.16 ± 0.27
Zn	81.0 ± 7.6	78.2 ± 4.8	33.2 ± 0.5	34.0 ± 0.1
Cr	79.8 ± 6.7	79.2 ± 6.6	0.9*	0.6 ± 0.1
Ni	31.3 ± 1.5	31.1 ± 5.7	2.54 ± 0.08	3.14 ± 0.64
Hg	0.096 ± 0.014	0.114 ± 0.01	see text	

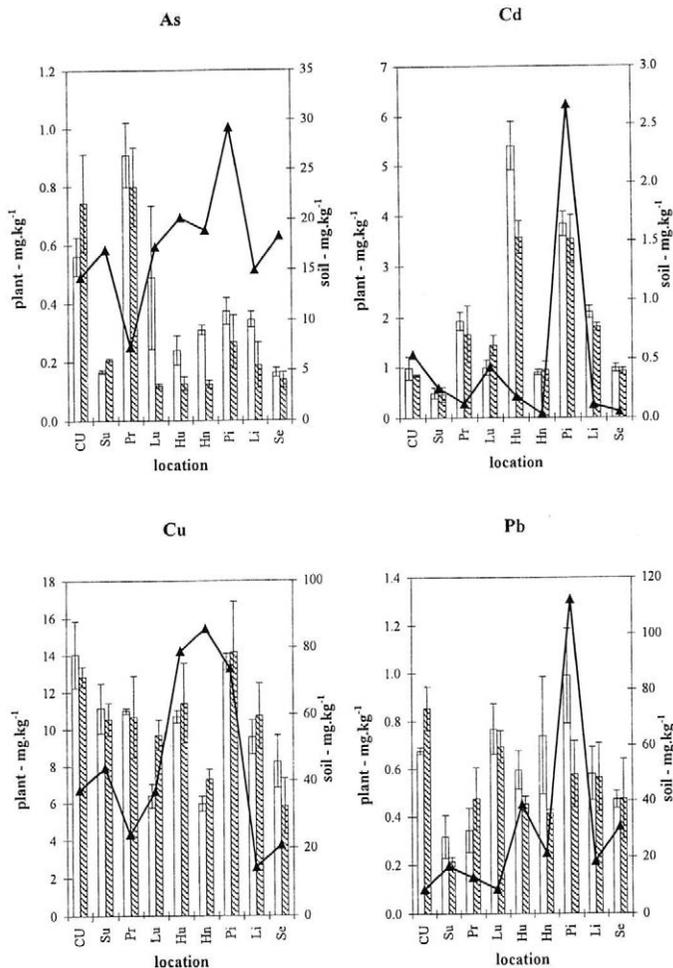
* information value only



1. The yield of fresh matter of spinach leaves planted at nine soils treated with sewage sludge

Explanations to Figs. 1 to 5:

- untreated soil
- ▨ treated soil
- ▲ total soil content



2. The accumulation of As, Cd, Cu and Pb in spinach leaves planted at nine soils treated with sewage sludge

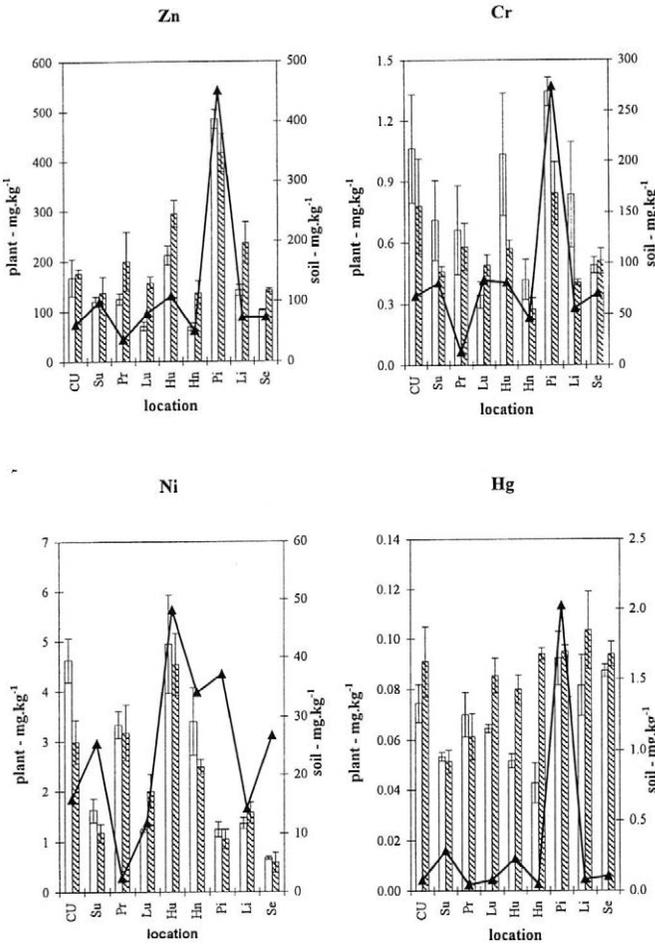
the highest yield increase at Humpolec soil due to limitation of negative effect of high acidity on the spinach development at sludge treatment. Spinach yield at other soils observed showed also significant yield increase at sludge treatments compared to control ones. Better yield response usually corresponded with the improvement of limiting soil parameters except loamy sandy soil of low sorption capacity (Přerov), introducing only insignificant yield effect of sludge application. Positive mean yield effect of sludge application also found on four growing crops (Balík et al., 1998a). Direct yield effect of sludge application was lower than subsequent one. Positive effect of elevated rates of sewage sludge application on the grain and stover yield of maize presented Rappaport et al. (1988) and at lower rates of sludge for lettuce John, Laerhoven (1976).

The application of sewage sludge has not made clear pattern of element accumulation in spinach leaves. Figs. 2 and 3 introduce the content of eight elements in spinach biomass compared to soil differences in fertility, total element content and sludge application. The

accumulation of As in spinach biomass did not correspond with total element content. Soils with highest As content (Pišťany, Humpolec, Sedlec and Hněvčeves) showed lower than average concentration of As in spinach leaves, but the Přerov soil with the lowest total content of As delivered spinach with highest As concentration. Weak correlation between total As concentration in soil and in spinach leaves and roots was also confirmed by Tlustoš et al. (1998). Sludge application caused insignificant As increase in biomass at two soils only (Luvissols and Chernozems) and other treated soils introduced spinach with lower As content than untreated one. The highest difference in As content on treated and untreated soils were found at Lukavec and Hněvčeves soils and showed specific sorption properties. On other soils the As fall partly corresponded with dilution effect of higher yield.

Similar trend was found for Cr (Fig. 2). There was also almost no relationship between total Cr concentration in soil and its accumulation in plants. Addition of sludge caused only slight increase of Cr accumulation

3. The accumulation of Zn, Cr, Ni and Hg in spinach leaves planted at nine soils treated with sewage sludge



in spinach leaves at two soils (Lukavec and Sedlec) with the highest uptake of Cr determined from applied sludge at the level of 0.16%. Other seven soils showed lower Cr accumulation in leaves at sludge treatments, four of them significant.

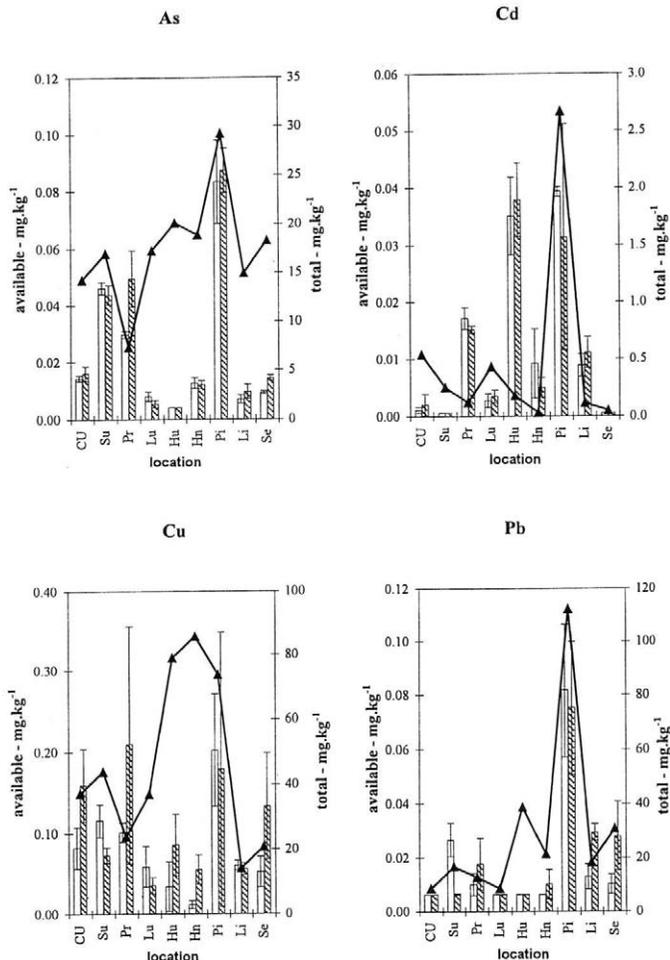
Also Pb content in spinach has not correlated with total element content in soil (Fig. 2). Sewage sludge application increased Pb concentration insignificantly in spinach at three different soils (Újezd, Přerov and Sedlec). Pb uptake from sewage sludge was even lower with the maximum of 0.07%.

Slightly better correlation between total element content in soil and its accumulation in spinach showed Ni with the exception of Přerov soil. Application of sludge did not change Ni content in biomass substantially. Only at two Luvisols (Újezd and Hněvčeves) was found a significant drop of Ni concentration at treated soil. Opposite effect was observed with Cambisols from Lukavec.

Next four elements Cd, Cu, Zn and Hg showed higher mobility and their spinach uptake was higher at treated soils. Accumulation of Cd in plants showed better rela-

tionship with total soil Cd content (Fig. 2). Three most acid soils (Přerov, Humpolec and Lípa) with low total Cd content introduced high potential for Cd accumulation and confirmed priority of soil pH in uptake of Cd by plants (Eriksson, 1989). Also Cd bounds in sewage sludge were weaker compared to above-mentioned elements and the Cd content in spinach of treated soil was similar to control treatments except at Humpolec soil with high growth reduction at treatment without sludge. Comparison with other investigated elements showed a few times higher offtake of Cd from applied sludge with the maximum more than 10% at acid soils.

Cu accumulation in spinach did not depend on total soil content, too. In spite of high concentration of organic matter in applied sewage sludge and strong binding capacity of Cu on organic matter (McBride, 1989), the content of Cu in spinach at treated soils was insignificantly higher at four soils and significantly at Cambisols from Lukavec. Due to high content of Cu in sewage sludge was highest Cu uptake from sludge ten times lower than in the case of Cd with the maximum 1.27%.



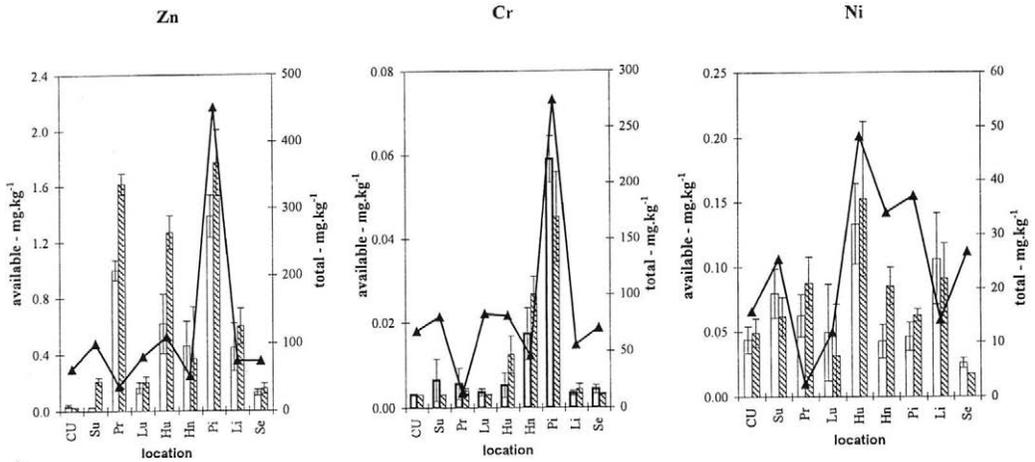
4. The availability of As, Cd, Cu and Pb in soils treated with sewage sludge and its relationship to total soil element content

Last two investigated elements Zn and Hg showed different relationship between plant and soil (Fig. 3). Content of Zn in plants correlated much tightly with its total content in soil than Hg. The addition of sewage sludge has increased the content of both elements in spinach grown on majority of treated soils. In the case of Zn was higher plant content found on eight soils, only at Pištany soil, with the content of Zn exceeding Czech limit value, was plant Zn content lower at treatment with sludge. Significantly higher accumulation of Zn in spinach was determined at five soil without any respect to investigated soil parameters. Easy uptake of Zn from sludge was clearly confirmed at Humpolec soil with highest yield difference between untreated and sludge treatments. Uptake of Zn from applied sludge was second highest after Cd with the maximum 5.6%.

While Zn is known as one of micronutrients and its suitable level in soil and in plant tissue can be evaluated again, Hg plays in soil – plant relationship negative role and can cause toxicity for plants and easily for consumers. Application of sludge caused almost uniform effect and

increased the concentration of Hg in spinach at eight treated soils. Significantly higher content was found at Lukavec, Humpolec and Hněvčeves treated soils. Dangerous accumulation of Hg in plants is necessary to stress up by very low uptake from applied sludge with the maximum of 0.54%. High accumulation activity of spinach for Hg and low offtake from sludge can cause long-term serious difficulties arising with high amount of sludge application.

The different binding effect of individual elements should cause a change of their content in plants and also their availability in soil. Figs. 4 and 5 show the effect of soil parameters on the extractability of investigated elements their relationship with total soil content and the effect of sludge addition on the available portion of elements. Extracts made by 0.01 mol.l⁻¹ CaCl₂ released only very low portion of total element content which corresponded with results of Novozamsky et al. (1993), Tlustoš et al. (1994) and Balík et al. (1998b) and in the case of Hg was not released any detectable amount among the range of soils.



5. The availability of Zn, Cr and Ni in soils treated with sewage sludge and its relationship to total soil element content

Content of extractable As did not correlate with the As uptake by plants. Low sorption capacity at Fluvisols showed highest extractability of As and supported highest uptake of As by spinach at Přerov soil. At Cambisols and Luvisols the As availability was very low. Sludge application made only small changes in available As concentration with the exception of Přerov sandy soil. The lack of binding spots at sandy soils probably caused significantly higher available portion of As in treated soil.

Extractability of Cr was low at majority of soils with the exception of Pišťany. On this soil the total Cr content exceeded maximum permissible value. The addition of Cr by sludge did not increase concentration of available Cr probably due to sufficient binding capacity of both materials. There was no significant effect of sludge application on the extractability of Cr found in the whole group of investigated soils.

The same pattern of low extractability except Pišťany soil was found also for Pb (Fig. 4). Only soil with high content of Pb led to sufficient release of element, but with no response to plants. The sludge application did not make almost any effect on the fluctuation of Pb availability and confirmed high binding capacity of that element in soils and in sludge, too.

Availability of Cu also was not in relationship with total element content in soil (Fig. 4). Low portion of available Cu was almost found at Cambisols and the highest at Přerov soil with low clay and organic matter content. Also content of Cu in biomass was not in good relationship with available Cu content in soil. The application of sludge increased the availability of Cu in the average of soils, but clear pattern of soil behaviour was not found.

Ni was the first element with higher correlation between available amount (Fig. 5) and the biomass content. Greater availability was found at acid lighter soils

(Humpolec, Lípa and Přerov) above all. Addition of sludge into these soils and into Luvisols from Hněvčevs caused insignificant increase of Ni availability. The rest of soils bound applied Ni tightly.

Higher correlation between soil available content and plant accumulation showed Cd than Ni. The portion of extractable Cd showed good correlation with total Cd content in nonacid soils. High extractability of soil Cd was confirmed at all three most acid soils. There was no any significant change found after addition of sewage sludge into the soil. Cambisols showed lower sorption capacity and slight increase of available Cd, but in both Fluvisols was a high portion of extractable Cd at control treatments insignificantly decreased by sludge application.

High relationship between total and available amount of element was found in the case of Zn, too. The effect of pH on the availability of Zn was lower, but clearly visible in case of Přerov and Humpolec soils (Fig. 5). The available part of element was in good correlation with Zn uptake by spinach and showed this extract agent very powerful for estimation of element uptake by plants. The application of sludge substantially change the Zn availability in soils. Except two Luvisols the sludge addition led to increase of available amount of Zn in soils, at Chernozems Suchdol and at two Fluvisols the effect was significant. Investigation showed only limited sorption capacity of soil as well as sludge to bound Zn and regulate its uptake by plants.

Overall evaluation of sewage sludge application showed high differences in elements behaviour and soil properties. High binding was found in case of As, Cr and Pb and their content in spinach biomass was usually lower than in control treatments almost due to dilution effect of higher yield. The sludge application has not changed very tight binding of mentioned elements and their significantly higher available amount was found in only few cases. Next two elements, Ni and Cu, were

accumulated in spinach at higher amount at treated soils. Cu was slightly more absorbed by biomass than Ni, with higher mutual correlation of Ni. The changes of their availability showed very similar pattern. Last three elements Cd, Zn and Hg showed highest accumulation potential in spinach leaves at treated soils. Among them Cd was at least accumulated at treated soils, but the availability has grown on Cambisols. Higher accumulation potential showed Hg but its very low availability will cause difficulties to estimate limit value for safe application of sewage sludge. The highest accumulation potential showed Zn caused probably its high content in sludge. The amount of Zn in available form in sludge and released during sludge mineralization was not bound into the soil and then could be taken up by plants. Higher availability of Zn at treated soils was also confirmed by extraction of CaCl₂.

Acknowledgements

Authors thank for financial support of this work provided by project of National Agency of Agricultural Research No. EP 7130/97

REFERENCES

Balík J., Tlustoš P., Száková J., Blahník R. (1998a): Vliv aplikace čistírenských kalů na akumulaci rtuti v rostlinách. *Rostl. Výr.*, 44: 267–274.

Balík J., Tlustoš P., Száková J., Pavlíková D., Balíková M., Blahník R. (1998b): Změny obsahu kadmia v rostlinách po aplikaci čistírenských kalů. *Rostl. Výr.*, 44: 449–456.

Blume H. P. (1994): Bindung, Abbau und Mobilität von organischen und anorganischen Schadstoffen in Böden. *Ber. Landwirtschaft.*, 208: 128–137.

CEC (1986): Council of European Communities. Directive on the protection of the environment and in particular of the soils of the United Kingdom. *Inst. Hydrol. Rep. No. 126.*

Chang A. C., Hae-nam Hyun, Page A. L. (1997): Cadmium uptake for swiss chard grown on composted sewage sludge treated field plots: plateau or time bomb? *J. Envir. Qual.*, 26: 11–19.

Eriksson J. E. (1989): The effects of clay, organic matter and time on adsorption and plant uptake of cadmium added to the soils. *Wat. Air Soil Pollut.*, 48: 317–335.

Gerritse R. G., Driel W. van (1984): The relationship between adsorption of trace metals, organic matter, and pH in temperate soils. *J. Envir. Qual.*, 13: 197–204.

John M. K., Laerhoven C. J. van (1976): Effects of sewage sludge composition, application rate, and lime regime on plant availability of heavy metals. *J. Envir. Qual.*, 5: 246–251.

Keefer R. F., Singh R. N., Horvath D. J. (1986): Chemical composition of vegetables grown on an agricultural soil amended with sewage sludge. *J. Envir. Qual.*, 15: 146–152.

Kim S. J., Chang A. C., Page A. L., Warneke J. E. (1988): Relative concentrations of cadmium and zinc in tissue of selected food plants grown on sludge-treated soils. *J. Envir. Qual.*, 17: 568–573.

Mader P., Száková J., Svatoš Z., Mihalová D. (1990): Možnosti použití suchého rozkladu pro stanovení toxických prvků v průmyslovém kompostu. In: Sbor. Konf. Těžké kovy v životním prostředí, České Budějovice, ČSVTS.

McBride M. B. (1989): Chemisorption and precipitation of Mn²⁺ at CaCO₃ surface. *Soil Sci.*, 10: 1–56.

McGrath S. P., Sidoli C. M. D., Baker A. J. M., Reeves R. D. (1993): The potential for the use of metal-accumulating plants for the *in situ* decontamination of metal polluted soils. *Integrated soil and sediment research.* In: Eijackers H. J. P., Hamers T. (eds.): A basic for proper protection. *Kluwer Acad.*: 673–676.

Mihalová D., Mader P., Száková J., Slámová A., Svatoš Z. (1993): Czechoslovak biological certified reference materials and their use in the analytical quality assurance system in a trace element laboratory. *Fresenius J. Anal. Chem.*, 345: 256–260.

Novozamsky J., Lexmond T. M., Houba V. J. G. (1993): A single extraction procedure of soil for evaluation of uptake of some heavy metals by plants. *Int. J. Envir. Anal. Chem.*, 51: 47–58.

Rappaport B. D., Martens D. C., Reneau R. B., Simpson T. W. Jr. (1988): Metal availability in sludge-amended soil with elevated metal levels. *J. Envir. Qual.*, 17: 42–47.

Sáňka M., Němec P., Havlíková Š. (1998): Kontrola a monitoring cizorodých látek v zemědělské půdě a vstupu do půdy. [Závěrečná zpráva.] Brno, ÚKZÚZ.

Schmidt J. P. (1997): Understanding phytotoxicity thresholds for trace elements in land-applied sewage sludge. *J. Envir. Qual.*, 26: 4–10.

Tiller K. G. (1989): Heavy metals in soils and their environmental significance. *Adv. Soil Sci.*, 9: 113–142.

Tlustoš P., Dijk D. van, Száková J., Pavlíková D. (1994): Uvolňování Cd a Zn vybranými vyluhovadly. *Rostl. Výr.*, 40: 1107–1121.

Tlustoš P., Pavlíková D., Balík J., Száková J., Hanč A., Balíková M. (1998): Příjem a distribuce arzenu a kadmia rostlinami. *Rostl. Výr.*, 44: 463–469.

Towers W., Paterson E. (1997): Sewage sludge application to land – a preliminary assessment of the sensitivity of Scottish soils to heavy metal inputs. *Soil Us. Mgmt.*, 13: 149–155.

Received on September 16, 1999

Corresponding author:

Doc. Ing. Pavel Tlustoš, CSc., Česká zemědělská univerzita v Praze, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika, tel.: +420 2 24 38 27 33, fax: +420 2 20 92 03 12, e-mail: tlostos@af.czu.cz

NITRATE CONCENTRATION IN TUBERS OF EARLY POTATOES

KONCENTRACE NITRÁTŮ V HLÍZÁCH RANÝCH BRAMBOR

J. Hlušek¹, J. Zrůst², M. Jůzl¹

¹Mendel University of Agriculture and Forestry in Brno, Czech Republic

²Potato Research Institute, Havlíčkův Brod, Czech Republic

ABSTRACT: In 1995 to 1997 field experiments were carried out with four varieties of very early potatoes (Impala, Ukama, Krystala and Koruna) on two localities with different climate (Žabčice 184 and Valečov 460 m altitudes) and two N doses (60 and 120 kg N.ha⁻¹) to study the content of nitrates in the tubers. The highest content of nitrates was found in the Dutch variety Impala (296.2 mg NO₃⁻.kg⁻¹ of fresh matter), the lowest in the other Dutch variety Ukama (184.1 mg NO₃⁻.kg⁻¹ of fresh matter). The Czech varieties Krystala and Koruna were very balanced (251.8 and 252.4 mg NO₃⁻.kg⁻¹, respectively) and considerably differed from the two Dutch varieties. The N dose was also found to be a very important factor. After the application of 60 kg N.ha⁻¹ the average concentration of N was 207.4 mg NO₃⁻.kg⁻¹ of fresh matter on both localities, after the application of 120 kg N.ha⁻¹ the concentration of nitrates increased to 284.7 mg NO₃⁻.kg⁻¹. The nitrate concentrations in Valečov were significantly lower than in Žabčice (212.4 and 279.6 mg NO₃⁻.kg⁻¹ of fresh matter, respectively). Potatoes are also influenced by the specific conditions of the respective year. The later the potatoes are harvested, the lower are the nitrate concentrations in tubers.

Keywords: early potatoes; nitrate concentration in tubers; varieties; N doses; locality; years

ABSTRAKT: V polních pokusech, vedených na dvou lokalitách s odlišným klimatem (Žabčice 184 m a Valečov 460 m n. m.), při dvou dávkách dusíku (60 a 120 kg N.ha⁻¹) byl během let 1995 až 1997 sledován obsah nitrátů v hlízách čtyř velmi raných odrůd brambor (Impala, Ukama, Krystala a Koruna). Nejvyšším obsahem nitrátů se vyznačovala holandská odrůda Impala (296,2 mg NO₃⁻.kg⁻¹ čerstvé hmoty), nejnižší koncentrace byla naměřena rovněž u holandské odrůdy Ukama (184,1 mg NO₃⁻.kg⁻¹ čerstvé hmoty). České odrůdy Krystala a Koruna byly velmi vyrovnané (251,8 a 252,4 mg NO₃⁻.kg⁻¹) a významně se lišily od obou holandských odrůd. Dávka dusíku se projevila rovněž jako velmi důležitý faktor. Při hnojení 60 kg N.ha⁻¹ hlízy obsahovaly v průměru obou stanovišť 207,4 mg NO₃⁻.kg⁻¹ čerstvé hmoty, po hnojení 120 kg N.ha⁻¹ se hladina nitrátů zvýšila na 284,7 mg NO₃⁻.kg⁻¹. Ve Valečově byly naměřeny průkazně nižší koncentrace nitrátů než v Žabčicích (212,4 a 279,6 mg NO₃⁻.kg⁻¹ čerstvé hmoty). Při pěstování brambor je třeba počítat rovněž s vlivem ročníku. Ukázalo se také, že čím později se brambory sklízejí, tím nižší koncentraci nitrátů hlízy obsahují.

Klíčová slova: rané brambory; koncentrace nitrátů v hlízách; odrůdy; dávky N; lokality; roky

INTRODUCTION

Nitrates are a natural part of the environment. They occur in soil, in water and in food of plant and animal origin. They are a natural component of plant matter. The interest of the professional public in nitrates in agricultural production is permanent and is based on the fact that increased concentrations of nitrates are desirable due to their potential conversion into nitrites, or nitrosans. A-nitroso compounds belong to the most potent and most versatile chemical carcinogenic substances known today (Prugar, 1998).

In terms of the nitrate concentration, potatoes are listed in the lower half of the spectrum of plant products, but as much as 25% of the daily intake of nitrates in human food come from potatoes, a frequently consumed

and very popular foodstuff (Beránek, Vala, 1997). According to results of research carried out in Canada, Quebec (Marin et al., 1998), 14.4 to 9.2% of the daily intake of nitrates came from potatoes, while studies from Great Britain said that it was 27%.

Nitrate accumulation in potato tubers reflects the disproportion between the intake and the capacity of the plant to utilise nitrates in organic nitrogenous substances. This undesirable phenomenon is the result of the action of several factors. Frydecka-Mazurczyk, Zgorska (1996) stressed the importance of the variety, N dose and climatic conditions. In the experiments of Sikora (1995) the nitrate level was affected mostly by the variety and the specific conditions of the respective year. Rymar-Scerbina (1993) studied the effect of storage of tubers and found that the nitrate level decreased by 46%

within five months. Miedzobrodska et al. (1992) found different levels of nitrate in tubers of the same variety grown under the same conditions.

Fertilisation, particularly nitrogenous, is often considered to be an important agent of the increased concentration of nitrates in potato tubers. Although the farmer can effect this factor considerably, even reduced nitrogen doses may not result in below-limit values. On the other hand Neubauer, Pienz (1993) indicated that target applications of nitrogen significantly increased yields and reduced the nitrate level. But it is important to select a suitable variety. The earlier the variety, the higher the nitrate level.

The objective of the present study was to evaluate the nitrate concentration in tubers of four very early potato varieties grown for three years on different localities with two different levels of nitrogen fertilisation.

MATERIAL AND METHODS

The nitrate level in tubers was studied in accurate field experiments established on two localities in 1995 to 1997. One at the School Farm of Mendel University of Agriculture and Forestry Brno (Žabčice), on heavy soil, in an altitude of 184 m. The other at the experimental station Valečov which belongs to the Research

Institute for Potato Growing in Havlíčkův Brod, with lighter to medium soil in an altitude of 460 m.

The soil in Žabčice had a good level of P, satisfactory level of K and high reserves of Ca and Mg. In Valečov the soil P level was high, the levels of K and Mg satisfactory. The Ca reserve was low. The soil reactions in Žabčice and Valečov were, respectively, neutral and acid.

The method of vertically divided plots, with four repetitions and uniform spacing 750 x 250 mm, i.e. 53 300 plants.ha⁻¹, was used for the experiments. In Žabčice the potatoes were planted on 5 April 1995, 18 April 1996 and 23 April 1997 and in Valečov on 6 May 1995, 30 April 1996 and 23 April 1997, and were fertilised with two basic doses of N (60 and 120 kg.ha⁻¹). P and K were applied in uniform doses of 50 kg.ha⁻¹ and 130 kg.ha⁻¹, respectively.

Four very early potato varieties (the Dutch Impala and Ukama and the Czech Krystala and Koruna) were used. The date of tuber sampling for chemical analyses is given in Tab. I.

Chemical analyses of the tuber samples were based on agrochemical principles (thorough rinsing and peeling). For the nitrate determination proper a mixed sample after extraction with hot 1% Al₂(SO₄)₃ on a Šenkýř-Petr ion selective electrode was used. Results of analyses were statistically worked by analysis of variance and tested by Tukey test.

I. Sampling of tubers for chemical analyses

Year	Žabčice			Valečov		
	I.	II.	III.	I.	II.	III.
1995	14. 6.	29. 6.	13. 7.	27. 6.	11. 7.	24. 7.
1996	14. 6.	27. 6.	17. 7.	1. 7.	16. 7.	30. 7.
1997	19. 6.	3. 7.	17. 7.	23. 6.	8. 7.	22. 7.

II. Average concentration of nitrates in potato tubers (mg NO₃.kg⁻¹) Žabčice 1995

Variant of experiment	Sampling		
	I.	II.	III.
Impala N 60	186.9	204.3	373.5
Impala N 120	326.1	237.7	275.4
Ukama N 60	143.5	95.2	149.3
Ukama N 120	388.5	130.5	230.4
Krystala N 60	96.0	91.4	111.6
Krystala N 120	194.2	192.8	243.5
Koruna N 60	259.4	147.9	268.1
Koruna N 120	195.7	195.7	204.3

Level of significance: varieties 0.0000, N dose 0.0000, locality 0.0000, year 0.0000, sampling 0.0072
 < 0.01 = highly significant differences
 > 0.01, < 0.05 = significant differences
 > 0.05 = insignificant differences

RESULTS AND DISCUSSION

The results of chemical analyses show Tabs. II to VII. The nitrate content in tubers is a relevant qualitative indicator. The results of three-year experiments indicated that nitrate accumulation in potatoes is an important varietal property (Fig. 1). This fact was mentioned by Reda et al. (1993) who found 98.4 and 199.4 mg NO₃.kg⁻¹ of fresh matter in the Bruza and Fauna varieties, respectively. Their own results proved different nitrate concentrations in tubers of very early varieties. The highest concentration (over three years) was found

III. Average concentration of nitrates in potato tubers (mg NO₃.kg⁻¹) Valečov 1995

Variant of experiment	Sampling		
	I.	II.	III.
Impala N 60	63.3	124.7	147.9
Impala N 120	204.3	242.0	246.4
Ukama N 60	82.8	68.8	68.0
Ukama N 120	175.4	155.1	79.7
Krystala N 60	58.0	124.7	100.6
Krystala N 120	162.4	187.0	172.5
Koruna N 60	84.4	76.6	137.7
Koruna N 120	79.7	236.2	146.4

IV. Average concentration of nitrates in potato tubers ($\text{mg NO}_3\text{.kg}^{-1}$)
Žabčice 1996

Variant of experiment	Sampling		
	I.	II.	III.
Impala N 60	144.9	519.2	400.0
Impala N 120	429.0	503.4	389.9
Ukama N 60	208.7	208.7	121.7
Ukama N 120	333.4	85.16	150.7
Krystala N 60	340.6	366.7	288.4
Krystala N 120	413.1	391.3	375.4
Koruna N 60	205.8	298.6	175.4
Koruna N 120	458.0	320.3	389.9

V. Average concentration of nitrates in potato tubers ($\text{mg NO}_3\text{.kg}^{-1}$)
Valečov 1996

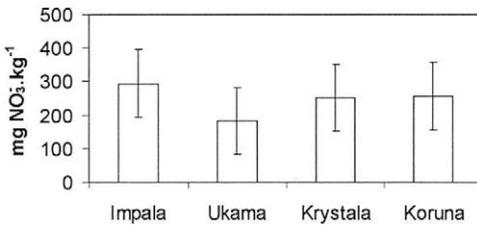
Variant of experiment	Sampling		
	I.	II.	III.
Impala N 60	243.5	130.4	149.3
Impala N 120	308.7	256.5	295.7
Ukama N 60	178.3	71.9	79.7
Ukama N 120	146.4	197.1	105.8
Krystala N 60	147.8	124.7	136.2
Krystala N 120	431.9	295.7	236.2
Koruna N 60	226.1	160.9	84.4
Koruna N 120	397.1	217.4	240.6

VI. Average concentration of nitrates in potato tubers ($\text{mg NO}_3\text{.kg}^{-1}$)
Žabčice 1997

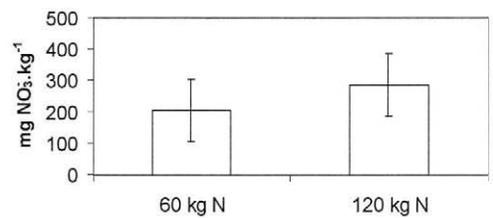
Variant of experiment	Sampling		
	I.	II.	III.
Impala N 60	340.6	321.8	320.3
Impala N 120	408.7	320.1	382.6
Ukama N 60	308.7	252.2	158.0
Ukama N 120	327.6	227.5	279.8
Krystala N 60	308.7	305.8	308.7
Krystala N 120	321.8	355.1	291.3
Koruna N 60	408.7	287.0	378.3
Koruna N 120	343.5	382.6	389.9

VII. Average concentration of nitrates in potato tubers ($\text{mg NO}_3\text{.kg}^{-1}$)
Valečov 1997

Variant of experiment	Sampling		
	I.	II.	III.
Impala N 60	387.0	351.3	211.6
Impala N 120	485.5	392.8	278.3
Ukama N 60	191.3	156.5	200.0
Ukama N 120	358.0	295.7	220.3
Krystala N 60	291.3	230.4	288.4
Krystala N 120	401.5	373.9	317.4
Koruna N 60	223.2	258.0	192.8
Koruna N 120	373.9	372.5	360.9



1. Influence of variety



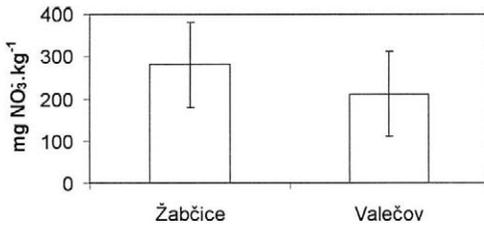
2. Influence of N doses

in the Dutch variety Impala (i.e. $296.2 \text{ mg NO}_3\text{.kg}^{-1}$ of fresh matter) and the lowest in the Dutch Ukama ($184.1 \text{ mg NO}_3\text{.kg}^{-1}$ of fresh matter). The difference between these two varieties is statistically highly significant. The Czech varieties Krystala and Koruna are very balanced, the three-year average being, respectively, 251.8 and $252.4 \text{ mg NO}_3\text{.kg}^{-1}$ of fresh matter. It was also proved statistically that the Czech varieties accumulated significantly less nitrates than Impala and more than Ukama. Putz (1991) discovered that the level of nitrates in early potato varieties was 120 to $150 \text{ mg NO}_3\text{.kg}^{-1}$ of fresh matter.

In literature stress is often put on the fact that increased concentrations of nitrates are due to N fertilisation. Neubauer, Pienz (1993) consider the control of N

fertilisation, the value of N_{min} in the soil and the application of nitrification inhibitors to be important nitrate-reducing measures. Their results indicated that the effect of increased N doses on nitrate concentrations in tubers of very early varieties was significant (Fig. 2). The three-year average concentration of N after applying 60 kg N.ha^{-1} was $207.4 \text{ mg NO}_3\text{.kg}^{-1}$, after applying 120 kg N.ha^{-1} it increased to $284.7 \text{ mg NO}_3\text{.kg}^{-1}$ of fresh matter, i.e. a 37% increase. This difference was statistically highly significant. With increased doses of N this situation could become even worse (Prošba-Białczyk, 1996).

In our experiments we grew four varieties of very early potatoes on two localities differing in altitude, sums of precipitation, soil type and temperature. The

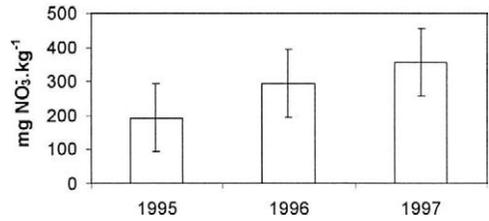


3. Influence of locality

climate and conditions of the locality decisively affected the nitrate accumulation in tubers (Fig. 3). Localities with higher sums of precipitation, more permeable soils in higher altitudes appear to be more suitable for growing potatoes of good quality and lower nitrate concentrations. This is the case of Valečov where the three-year average content of nitrates in tubers reached $212.4 \text{ mg NO}_3\cdot\text{kg}^{-1}$ of fresh matter. In the warmer region with heavy soils and lower precipitation (Žabčice) the average nitrate concentration in tubers for the same period was $279.6 \text{ mg NO}_3\cdot\text{kg}^{-1}$ of fresh matter. This difference (31.6%) is statistically highly significant. Miedzobrodská et al. (1992) observed that the difference in nitrate contents in tubers in the two localities was statistically significant, what was particularly due to the effect of different temperatures. The conclusions of Sikora's (1997) experiments were the same.

The field experiments in Žabčice and Valečov were carried out in 1995 to 1997. Significance between the individual years was proved both in our experiments and in experiments of authors from abroad. Grassert et al. (1990) came to the conclusion that the effect of specific conditions of the respective year is relevant especially under higher average temperatures and lower precipitation when the nitrate concentration in tubers increases. The differences among the experimental years (Fig. 4) were statistically highly significant. From 1995 the nitrate concentration increased, this increase being statistically highly significant and supported by the average values measured on both localities in the respective years, i.e. 169.9, 257.8 and $310.9 \text{ mg NO}_3\cdot\text{kg}^{-1}$ of fresh matter, the differences being caused by changes in meteorological conditions, particularly by low precipitation during vegetation.

Evaluations of the effect of the time of sampling on nitrate concentration showed that it was the highest at the beginning of production and that during the vegetation period it decreased. Jůzl (1993) found similar results in Prior and Impala and explained them as the result of increasing yields. The actual average values measured on both localities are as follows: 1st sampling 266.0, 2nd sampling 239.8 and 3rd sampling $232.3 \text{ mg NO}_3\cdot\text{kg}^{-1}$ of fresh matter. The difference between the 1st and 3rd sampling was statistically significant giving a reduction of $33.6 \text{ mg NO}_3\cdot\text{kg}^{-1}$ of fresh matter (i.e. 13%).



4. Influence of years

CONCLUSION

Three-year results of studies of four very early potato varieties (Impala, Ukama, Krystala and Koruna) grown on two localities showed that all the factors affecting the nitrate concentration in tubers (variety, N dose, locality, influence of the conditions of the respective year, climate and date of sampling) were statistically highly significant. The highest accumulation of nitrates was observed in Impala, the lowest in Ukama. A higher single dose of ($120 \text{ kg N}\cdot\text{kg}^{-1}$) considerably increased the nitrate content. An important factor is the locality, the character of the climate being one of the most decisive factors affecting the nitrate level in tubers. Higher altitudes with light to medium soils a higher precipitation provided more suitable conditions. The influence of the specific conditions of the respective year was also significant and in terms of the vegetation period early potatoes should be harvested in the stage of physiological maturity when the nitrate content in the tubers is the lowest. If the quality of very early potatoes containing below-limit amounts of nitrates is to be high, the selection of the variety, locality, determination of the appropriate N dose and date of harvest are very important.

REFERENCES

- Beránek K., Vala V. (1997): Nitrates in potatoes 1991–1996. *Bull. ÚKZÚZ*, 4: 3–4.
- Frydecka-Mazurczyk A., Zgorska K. (1996): Factors affecting the content of nitrates in potato tubers. *Biul. Inst. Ziemn.*, (47): 111–125.
- Grassert V., Vogel J., Neubauer W., Bartel W. (1990): Aspect of nitrate content in ware potatoes based on long-term experiment. *Kartoffelbau*, 47 (10): 398–400.
- Jůzl M. (1993): Nitrogen nutrition in relation to the yield and nitrate content in tubers of very early potatoes. *Rostl. Výr.*, 39 (11): 987–993.
- Marin J., Zee J. A., Levallois P., Desrosiers T., Ayotte P., Poirier G., Pratte L. (1998): Consumption of potatoes and their contribution to dietary nitrate and nitrite intakes. *Sci. Aliment.*, 18 (2): 163–173.
- Miedzobrodská A., Cieslik E., Sikora E., Leszczynska T. (1992): The effect of environment conditions on the level of nitrates and nitrites in various varieties of potato. *Pol. J. Fed Nutr. Sci.*, 1 (4): 45–56.

- Neubauer W., Pienz G. (1993): The nitrate content of potatoes. Results of field trials on environmentally responsible farming practices. *Agrobiol. Res.*, 46 (2): 120–125.
- Prosba-Bialczyk U. (1996): The effects of nitrogen rates and planting dates on nitrate content in potato tubers. *Biul. Inst. Ziemn.*, (46): 73–81.
- Prugar J. (1998): The present situation in the issue of nitrates in the Czech Republic and abroad. In: Sbor. mezin. Konf. Nové poznatky z testování kvality zeleniny, Lednice na Moravě: 55–57.
- Putz B. (1991): Nitrate in potatoes. *Agrobiol. Res.*, 44 (1): 30–36.
- Reda S., Lojkowska E., Jastrzebska Z. (1993): The influence of nitrogen fertilizer application on nitrate content in potato tubers. *Biul. Inst. Ziemn.*, (42): 29–37.
- Rymar-Scerbina U. A. (1993): Hygienic evaluation of vegetables with high nitrate content after long-term storage. *Erhnärung*, 17 (1): 30–32.
- Sikora E. (1995): Investigation on the correlation between the starch content and nitrate level in potato tubers. *Zesz. Nauk. Akad. Roln. im. H. Kollataja Krakov, Technol. Żywn.*, (7): 95–101.
- Sikora E. (1997): Nitrite, nitrate, lead and cadmium content of some potato varieties. *Bromatol. Chem. Toksykol.*, 30 (1): 55–61.

Received on May 19, 1999

Corresponding author:

Doc. Ing. Jaroslav Hlušek, CSc., Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, tel.: +420 5 45 13 30 98, fax: +420 5 45 13 30 96, e-mail: hlusek@mendelu.cz

INZERCE

Redakce časopisu nabízí tuzemským i zahraničním firmám možnost inzerce na stránkách časopisu ROSTLINNÁ VÝROBA. Prostřednictvím inzerátů uveřejňovaných v našem časopise budou o vašich výrobcích informováni pracovníci z výzkumu a provozu u nás i v zahraničí.

Bližší informace získáte na adrese:

Redakce časopisu ROSTLINNÁ VÝROBA
RNDr. E. Stříbrná
Ústav zemědělských a potravinářských informací
Slezská 7
120 56 P r a h a 2

ADVERTISEMENT

The Editors of the journal offer to the Czech as well as foreign firms the possibility of advertising on pages of the ROSTLINNÁ VÝROBA (Plant Production) journal. Through your adverts published in our journal, the specialists both from the field of research and production will be informed about your products.

For more detailed information, please contact:

ROSTLINNÁ VÝROBA
RNDr. E. Stříbrná
Ústav zemědělských a potravinářských informací
Slezská 7
120 56 P r a h a 2

INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS AND WAY OF CULTIVATION ON THE REDUCING SUGAR CONTENT IN POTATO TUBERS

VLIV PODMÍNEK PROSTŘEDÍ A ZPŮSOBU PĚSTOVÁNÍ NA OBSAH REDUKUJÍCÍCH CUKRŮ V HLÍZÁCH BRAMBOR

K. Hamouz¹, B. Vokál², J. Lachman¹, J. Čepl²

¹*Czech University of Agriculture in Prague, Czech Republic*

²*Potato Research Institute, Havlíčkův Brod, Czech Republic*

ABSTRACT: In 1995 till 1997 field trials was investigated effect of soil-climatic conditions of regions with different altitude, variety, year of cultivation and ecological way of cultivation on reducing sugar (RS) content in fresh tuber matter. From three years results there was determined tendency to lower RS content in potatoes from drier and warmer low situated regions (0.44%) in comparison with more humid and cooler traditional potato growing regions with higher altitudes in Czech Republic (0.56%). Significant effect on RS content had variety. From four investigated varieties significantly differed Ornella (0.26%) and Agria (0.37%) varieties with lower RS content from Santé (0.61%) and Rosella (0.72%) varieties. The greatest effect on RS content had the year of cultivation. There were found significant differences in RS content among individual investigated years, in which average value varied from 0.22% (1997) to 0.81% (1996). In ecological way of cultivation there was demonstrated a definite decrease of RS content in comparison with conventional way of growing, that has varied from 8% (1996) to 59% (1997). Difference was significant only in the 1997 year.

Keywords: potatoes; reducing sugars; conditions of environment; ecological way of growing; variety; year of cultivation

ABSTRAKT: Byl sledován obsah redukujících cukrů (RC) v hlízách brambor vypěstovaných v rozdílných půdně-klimatických podmínkách tradičních bramborářských oblastí ČR (vyšších poloh) a nižších poloh, kde došlo v 90. letech ke značnému nárůstu ploch konzumních brambor. Dále byl sledován vliv ekologického způsobu pěstování, vliv ročníku a odrůdové rozdíly. Přesné polní pokusy se čtyřmi odrůdami (obr. 2) proběhly v letech 1995 až 1997 na šesti stanovištích každé oblasti, které blíže charakterizovali Hamouz et al. (1999). Hlízy byly po sklizni a po průměrném čtyřtýdenním hojivém období skladovány při teplotě 5 °C po dobu 12 (v roce 1996 14) týdnů až do rozborů. Na obsah RC (glukózy a fruktózy) byly hlízy analyzovány metodou podle Luff-Schoorla (Davidek et al., 1977). Byl zjištěn trend k vyššímu obsahu RC u brambor z vyšších poloh (obr. 1). Souvisí to s horší vyzrálostí hlíz v době sklizně (Putz, 1995), která se v našich pokusech častěji projevila u brambor z vyšších poloh jako důsledek vyšší nadmořské výšky s nižší teplotou v době vegetace (tab. I) a prodloužením vegetační doby. Horší vyzrállost hlíz z vyšších poloh potvrzuje i jejich menší odolnost k mechanickému poškození (tab. III). Významný vliv na obsah RC měla odrůda. Ze čtyř použitých odrůd nejméně kumulovaly RC odrůdy Ornella a Agria, u odrůd Santé a Rosella byl v porovnání s nimi zaznamenán průkazně vyšší obsah RC (obr. 2). Poněkud vyšší hodnoty obsahu RC v hlízách z našeho pokusu, než bývají v průměru u stejných odrůd udávány, souvisí s jejich střednědobým skladováním při teplotě 5 °C (Poppr et al., 1995). Nejvýraznější vliv na obsah RC ze sledovaných faktorů měl ročník (tab. II). Jednotlivé roky se mezi sebou průkazně lišily obsahem RC (obr. 3). Výrazně nejvyšší obsah RC byl zjištěn v roce 1996, kdy byla zaznamenána nejnižší průměrná teplota za vegetační období ze tří pokusných let. Nízké teploty a zejména velmi chladný měsíc září s průměrnou teplotou o 2,7 °C pod úrovní dlouhodobého průměru při mírně nadprůměrných srážkách (tab. I) negativně ovlivnily vyzrállost hlíz při sklizni. V tomto roce byla zjištěna nejnižší odolnost hlíz k mechanickému poškození ze všech pokusných let (tab. III). Naopak nízký obsah RC v roce 1997 přičítáme velmi teplému a suchému závěru vegetace (tab. I). U brambor z ekologického pěstování byl zjištěn v tříletém průměru výsledků trend k nižšímu obsahu RC v hlízách oproti bramborám vypěstovaným konvenční technologií (obr. 4).

Klíčová slova: brambory; redukující cukry; podmínky prostředí; ekologické pěstování; odrůda; ročník

INTRODUCTION

During the heat processing of potatoes (frying, baking, drying) are proceeding two types of reactions that

cause undesirable so called non enzymic browning, i.e. caramelisation and Maillard reaction (Kadam et al., 1991a). Specific sugar degradation (caramelisation) in which is in higher degree degrading also sucrose is

according energetical demand during frying at higher temperatures (220 °C) exerted in lesser amount. More important for colour changes is Maillard reaction between reducing sugars (RS) and amino acids. At usual temperatures of frying (165 to 170 °C) proceeds browning of sugars only in the presence of amino acids. More distinctive browning is at temperatures about 100 °C in the process of drying of potato pulp and during of long-term storage processing performance of potato products at usual temperature (Burton, 1989). In potatoes are α -amino compounds only rarely a limiting factor and therefore intensity of colour changes depends especially on the RS content (Kadam et al., 1991a). High correlation ($r = -0.8965$) between potato chip colour and RS content have found Poppr et al. (1995). Rodriguez-Saona, Wroldstadt (1997) have found that RS concentration can not completely explain or predict colour quality of chips when it was present in low concentrations (ca < 0.06%). Multiple correlation analysis of their results have showed negative association of fructose ($r = -0.7$) and glucose ($r = -0.7$) with potato chip colour.

From practical point of view are reactions of non-enzymic browning important especially for fried products. Prevention of colour changes depends especially on choose of suitable raw material for processing. Supported maximal RS content in potatoes for chips production could not be higher than 0.2% and in contrary for obtaining of desired colour could not be lower than 0.1%. In the case of potato crisps the maximal supported RS content is higher – bellow 0.8% (Kadam et al., 1991b). Against these facts Burton et al. (1992) consider for maximally acceptable level for chips 0.25 to 0.3% RS and for crisps ca 0.5% in fresh tuber matter.

RS content (especially glucose and fructose) is influenced with many factors and is very closely connected with saccharide metabolism (Manrique-Klinge, 1998). Putz, Lindhauer (1994) have found that the amount of RS in potatoes is highly influenced with selection of variety, stage of maturity, and storage. Also Jakuczun et al. (1995) confirm that the RS content is in a great deal significantly affected by the year of evaluation, storage temperature and genotype. Putz (1995) has obtained results showing that the content of RS decreased with maturity. Burton et al. (1992) describe that high RS content could be found immediately after harvest and curing period. In many cases it however increased during storage period. These authors arbitrarily divided factors affecting RS content into major effects (cultivar, maturity, storage temperature, reconditioning) and minor effects (soil composition, fertilisation, environment, water supply). Poppr et al. (1995) have found at the end of a storage period a negligible increase RS content at storage temperature 8 to 10 °C but the lower storage temperature (2 to 3 °C) was associated with a greater accumulation of RS. Zgórska, Frydecka-Mazurczyk (1982) have found that in the even warm years of cultivation RS content decreased. In contrary sufficient water supply and low temperatures during vegetation and high nitrogen fertilising amounts sugar content increased.

From literature it is known that RS content is affected by storage, variety, factors determined with weather, conditions of given locality, and the way of cultivation. Results obtained for a concrete influence of given factors are not always explicit. The aim of this work was to compare RS content in potatoes cultivated in different soil and climatic conditions of traditional potato growing regions and lower situated regions of CR where in 90th years was a significant increase of areas where ware potatoes are cultivated. The other aim was to determine effect of ecological way of cultivation and to investigate varietal differences and effect of a given year of cultivation.

MATERIAL AND METHODS

In 1995 to 1997 field trials on twelve localities in CR were cultivated Agria, Ornella, Santé and Rosella potato varieties according unique farming techniques. Six localities were situated in lower, warmer and drier regions with fertile predominantly loam soils (prevail Orthic Luvisol and black Luvic Chernozem) and in this contribution they are indicated with common term lower regions. Other six localities were situated in higher, cooler and more humid regions with less fertile predominantly sandy loam soils (prevails Cambisol) and they represent traditional potato growing regions in CR. In our contribution we have indicated them as higher regions. On two localities there was besides conventional way of potato cultivation included into the trials the other variant – growing in accordance with ecological way of cultivation without using of chemical protection and industrial fertilisers. Further details and characteristics of trial localities have described Hamouz et al. (1999). Rainfalls and temperature values in investigated vegetation periods and in the most important period for tuber maturity is given in Tab. I. Tubers of mentioned varieties of all localities were after harvest and an average four week curing period stored for 12 weeks period (in the year 1996 for 14 weeks) at 5 °C and investigated runningly. There were used unpeeled potato tubers of medium size for preparation of samples. For RS content tubers were analysed according to the Luff-Schools' method (Davídek et al., 1977). For statistical evaluation was used programme Microsoft Excel.

RESULTS AND DISCUSSION

Effect of region

From all investigated factors the region has shown to have the lowest effect on RS content what was documented with calculated *F*-values in Tab. II. Potatoes cultivated in lower regions contained in all investigated years lesser RS amounts in comparison with potatoes originated from higher situated regions, but difference in RS content in potatoes from both regions was not

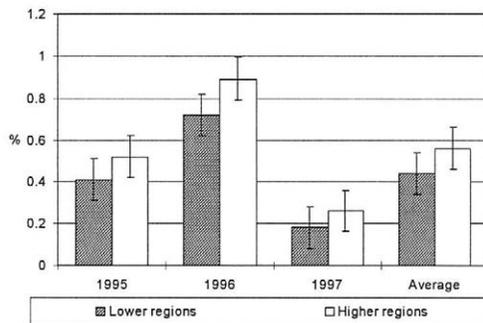
I. Characteristics of weather in vegetation period in the years of cultivation

Year	Region	Average temperature (°C)			Sum of precipitation (mm)		
		August	September	April-September	August	September	April-September
1995	LR	18.92	13.57	15.63	90.6	82.4	439.9
	HR	16.15	11.80	13.42	100.2	113.0	527.7
	\bar{x}	17.53	12.68	14.53	95.4	97.7	483.8
1996	LR	18.23	11.10	14.57	73.3	53.1	463.5
	HR	16.12	9.02	12.40	97.1	69.0	490.9
	\bar{x}	17.18	10.06	13.48	85.2	61.1	477.2
1997	LR	19.90	13.98	15.02	46.9	29.3	391.8
	HR	18.02	12.70	13.12	33.6	25.6	487.9
	\bar{x}	18.96	13.34	14.07	40.2	27.3	439.8
Long-term average	LR	18.03	14.28	15.15	71.5	45.4	360.1
	HR	15.83	11.23	12.73	83.2	52.2	424.7
	\bar{x}	16.93	12.76	13.94	77.3	48.8	392.4

LR – lower regions (average of six localities)
 HR – higher regions (average of six localities)
 \bar{x} – average of 12 localities

II. Calculated *F*-values for three years results of reducing sugar content

Regions	10.42	Varieties	37.12	Years	104.11
---------	-------	-----------	-------	-------	--------



1. Reducing sugar content in % of fresh tuber matter affected by environmental conditions of region (average of four varieties from six localities of every region)

statistically significant (Fig. 1). Our trials have shown that in cooler and more humid conditions of higher regions was found tendency to higher RS in potato tubers. It is generally known that higher altitude and low temperature cause prolonged vegetation period in potatoes and therefore in higher regions of CR we meet often worse tuber maturity in harvest period in comparison with the same cultivars cultivated in lower situated regions. This fact was found in our trials in which we recorded in lower regions significantly higher temperature averages and lower rainfall sums during vegetation period in comparison with higher situated regions. This was found also in August and September when potatoes

III. Percentage of undamaged tubers (pendulum index) on pendulum MIDAS 88 PP (average of four varieties from six localities of every region)

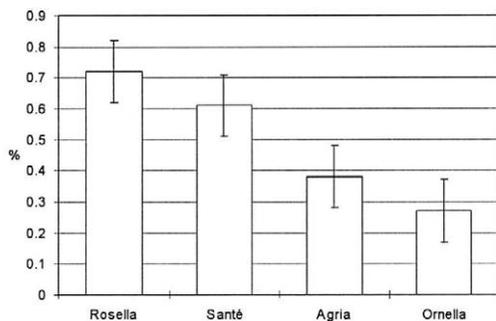
Region	Years			
	1995	1996	1997	average
Higher	81.65	47.73	59.33	62.90
Lower	90.75	62.65	69.20	74.20

matured. Exceptions formed only moderately higher rainfall sums in lower situated regions during the end of vegetation in 1997 year that was in both regions extraordinary dry (Tab. I). Lower average tuber maturity from higher regions demonstrates also their lesser resistance against mechanical damage. This is documented with results obtained with tests on Electronic Pendulum MIDAS 88PP that were performed after harvest (Tab. III). With lower tuber maturity coheres higher RS content as it was reported by e.g. Putz, Lindhauer (1994), Burton et al. (1992), Putz (1995) and Poppr et al. (1995).

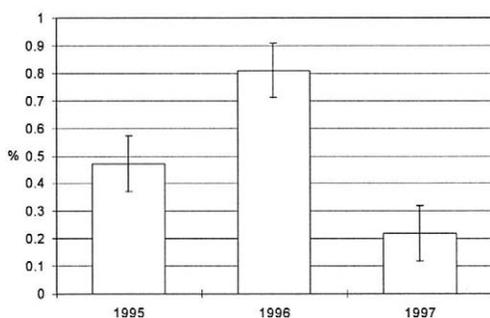
Effect of variety

Significant effect on RS content had variety (Fig. 2). From four used varieties in average of three years the lowest accumulation has shown Ornella and further Agria variety. In Agria variety difference in RS content in comparison with Ornella variety was not significant. RS content in Santé and Rosella varieties was significantly lower in comparison with values determined in Ornella variety and differences in both varieties were in comparison with results obtained for Ornella and Agria varieties significant.

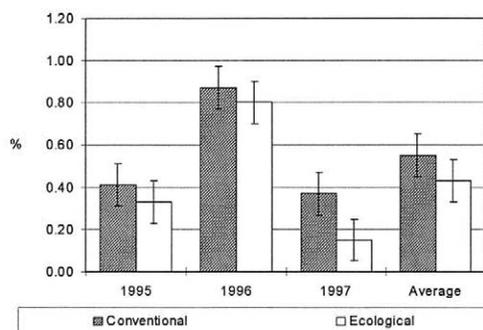
Ornella and Agria varieties belong in CR to well-established varieties for processing of qualitative fried



2. Reducing sugar content in % of fresh tuber matter affected by variety (average of three years from 12 localities)



3. Reducing sugar content in % of fresh tuber matter affected by year of cultivation (average of four varieties from 12 localities)



4. Reducing sugar content in % of fresh tuber matter affected by way of cultivation (average of four varieties from two localities)

chips. In spite of this fact they in our experiments did not satisfied to the demand for maximally acceptable RS level for obtaining of attended color. That level is shown in range from 0.2 to 0.3% (Kadam et al., 1991b; Burton et al., 1992) of fresh tuber mass. It could be explicated with medium-term long period storage of our samples at temperature 5 °C what is in accordance with results described in literature (Poppr et al., 1995). This storage has apparently caused certain RS content increase in all varieties. Our experiments confirmed significant effect of the variety on RS content what was referred by many authors (Putz, Lindhauer, 1994; Jakuczun et al., 1995; Poppr et al., 1995). Variety has shown greater effect on RS content than region (Tab. II).

Effect of year of cultivation

From investigated factors had the most significant effect on RS content year of cultivation (Tab. II). Individual years have significantly differed among themselves (Fig. 3). Significantly highest RS content was recorded in 1996 year, when it was reached 172% of the value of 1995 year and 368% of the value of 1997 year. This result could be correlated with worse tuber maturity from our experiments in 1996 year when from three years trials was recorded the lowest average tem-

perature during vegetation period and before all very cool month September with average temperature 2.7 °C below the level of long-term average (Tab. I). Rainfalls in the final period of vegetation of this year were moderately above long-term average. Such weather type according Zgórska, Frydecka-Mazurczyk (1982) increases sugar content in tubers. In 1996 year we concurrently found the lowest tuber resistance against mechanical damage in comparison with all other years (Tab. III). In contrary low RS content in the 1997 year could be attributed to very warm and dry end of vegetation, when average month temperature in August exceeded long-term average by 2.03 °C and in September by 0.58 °C. Rainfalls have reached in August only 52.1% and in September 56.4% of long-term average values (Tab. I). Significant effect of the year of cultivation on RS content that has appeared in our experiments was in correspondence with results obtained by Jakuczun et al. (1995) and Poppr et al. (1995). Lesser meaning to this factor has been attached by Burton et al. (1992).

Effect of ecological way of growing

In potatoes cultivated in ecological way was determined in three years average of results and in 1995 and 1996 years tendency to lower RS content. In the 1997 year was difference in RS content between these two technologies actually significant (Fig. 4). Obtained results could be in connection with absence of nitrogen fertilizing in ecological variant because it is generally known that application of nitrogen fertilizers could share on protraction of vegetation period and delaying of physiological maturity of potatoes. Zgórska, Frydecka-Mazurczyk (1982) have determined that high levels of nitrogen increased sugar content in tubers.

Acknowledgement

This contribution has raised on the basis of the results obtained in investigation of the project of the Ministry of Agriculture CR No. IE 0950975119 and authors thank to the Ministry of Agriculture CR for financial support that has enabled this work.

REFERENCES

- Burton W. G. (1989): The Potato. Harlow UK, Longman Group: 405–416.
- Burton W. G., Es A. van, Hartmans K. J. (1992): The physics and physiology of storage. In: Harris P. M.: The potato crop. The Scientific Basis for Improvement, London, Chapman and Hall: 608–709.
- Davídek J. a kol. (1977): Laboratorní příručka analýzy potravin. Praha, SNTL.
- Hamouz K., Lachman J., Vokál B., Pivec V. (1999): Influence of environmental conditions and way of cultivation on the polyphenol and ascorbic acid content in potato tubers. Rostl. Výr., 45 (7): 299–303.
- Jakuczun H., Zgórska K., Zimnoch-Guzowska E. (1995): An investigation of the level of reducing sugars in diploid potatoes before and after cold storage. Potato Res., 38 (3): 331–338.
- Kadam S. S., Dhumal S. S., Jambhale N. D. (1991a): Structure, nutritional composition, and quality. In: Salunkhe D. K., Kadam S. S., Jadhav S. J. (eds.): Potato: Production, processing and products. Boca Raton USA, CRC Press: 9–37.
- Kadam S. S., Wankier B. N., Adsule R. N. (1991b): Processing. In: Salunkhe D. K., Kadam S. S., Jadhav S. J. (eds.): Potato: Production, processing and products. Boca Raton USA, CRC Press: 111–155.
- Manrique-Klinge K. (1998): Investigation of the inheritance and response to cultural conditions of reducing sugars and solid content in potato (*Solanum tuberosum* L.). [Dissertation.] Abstr. Int. B, 59: 466.
- Poppr J., Voldřich M., Žáčková J., Vacek J., Kvasnička F., Votavová L., Kadlec P. (1995): Influence of storage temperature on technological properties of potatoes. Proc. Int. Congr. Refrig., 19 (1): 255–259.
- Putz B. (1995): Importance of the physiology of the potato tuber, as expressed by maturity, for reducing sugar at harvest and in storage. Veroeff. Arb.-Gem. Kartof.-Forsch., 16: 18–25.
- Putz B., Lindhauer M. G. (1994): Reducing sugars in potatoes as an important factor for processing. Agribiol. Res., 47 (3/4): 335–344.
- Rodriguez-Saona L. E., Wrolstad R. E. (1997): Influence of potato composition on chip color quality. Amer. Potato J., 74: 87–106.
- Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. (1982): Wplyw warunków wegetacji i temperatury przechowywania na zmiany cech jakości 26 odmian ziemniaka. Biul. Inst. Ziemn., 28: 135–148.

Received on September 16, 1999

Corresponding author:

Ing. Karel Hamouz, CSc., Česká zemědělská univerzita v Praze, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika, tel.: +420 2 24 38 25 48, fax: +420 2 24 38 25 35, e-mail: safrankova@af.czu.cz

INSTITUTE OF AGRICULTURAL AND FOOD INFORMATION
Slezská 7, 120 56 Praha 2, Czech Republic
Fax: (00422) 24 25 39 38

In this institute scientific journals dealing with the problems of agriculture and related sciences are published on behalf of the Czech Academy of Agricultural Sciences. The periodicals are published in the Czech or Slovak languages with long summaries in English or in English language with summaries in Czech or Slovak.

Subscription to these journals should be sent to the above-mentioned address.

Periodical	Number of issues per year
Rostlinná výroba (Plant Production)	12
Czech Journal of Animal Science (Živočišná výroba)	12
Veterinární medicína (Veterinary Medicine – Czech)	12
Zemědělská ekonomika (Agricultural Economics)	12
Journal of Forest Science	12
Research in Agricultural Engineering	4
Plant Protection Science (Ochrana rostlin)	4
Czech Journal of Genetics and Plant Breeding (Genetika a šlechtění)	4
Zahradnictví (Horticultural Science)	4
Czech Journal of Food Sciences (Potravinařské vědy)	6

VLIV DUSÍKATÝCH HNOJIV NA ZÁSObU LABILNÍCH FOREM SÍRY A DUSÍKU V PŮDĚ

THE EFFECT OF NITROGEN FERTILIZERS ON POOL OF LABILE FORMS OF SULPHUR AND NITROGEN IN SOIL

J. Matula, M. Sychová, A. Drmotová

Research Institute of Crop Production, Praha-Ruzyně, Czech Republic

ABSTRACT: In incubation experiments with 45 soils from top soils of significant localities of winter rapeseed growing in the Czech Republic the possibility of influencing the pool of labile sulphur (H_2O -extractable) forms was tested by mineralizable processes in interaction with fertilization by ammonium nitrate, urea and ammonium sulfate. Information on tested set of soils and scheme of incubation experiments is given in Tabs. I to III. Before and after incubation of soils (three and six weeks) concentration of total sulphur in water extracts was determined on spectrometer ICP-OES Trace SCAN (Thermo Jarrell Ash), concentration of sulfates and mineral nitrogen forms (NO_3^- , NH_4^+) in H_2O extracts of soil (1 : 5) was determined on analyzer San Plus System (SKALAR). Results of incubation tests were expressed in the product of pure incubation of sulphur and nitrogen, i.e. after reduction of the found concentration of elements before incubation and nitrogen doses, or sulphur with applied fertilizer. The correlation relationships found among basic characteristics of tested soils and pure incubation product are presented in Tabs. IV and V. The positive correlation was found between the content of total carbon, nitrogen and sulphur in soil and CEC values for nitrification but there was no correlation to production of labile sulphur. No correlation was found between soil pH and nitrification. However, the trend of negative correlation of soil pH with pure production of labile sulphur was recorded, particularly in the variant of SA incubation (Tab. V and Fig. 1). After six-week incubation the trend of significant correlation between starting content of the total labile sulphur in soil determined by KVK-UF diagnostic test and water (1 : 5) and pure product of labile sulphur in soil determined spectrometrically ICP (Tab. VI and Fig. 2) was found. In the variants without nitrogen fertilization (control) after six-week incubation a significant pure production of sulfates was found only in half of investigated soil ranging from 0.4 to 3.4 mg $S-SO_4^{2-}/kg$. In the second half of soils immobilization of sulfates was rather manifested. The possibility of low sulphur mobilization from soil pools (organic soil matter) and prevailing immobilizing tendency and disharmony with nitrification processes should be connected with character of organic soil matter which was marked by balanced ratio C/N (in the value 9.5 with low variability 10.9%) and much variable ratio C/S (70.6%) (Tab. II). Behaviour of different soils in reaction to incubation and addition of N-fertilizers was markedly individual. The different results are presented on example of six soils (Figs. 3 to 8). Marked similarity in reaction to incubation and N-fertilization was finding within analogous soils from identical locality. Despite great individuality in reaction of different soils on addition of N-fertilizers, the general character of depression of pure incubation product (labile sulphur forms and nitrification) to the transition to negative values – immobilization of sulfates, that is in all soils, was found. In the variants (SA) with ammonium sulfate immobilization of sulfates in all cases ranging from 1 to 30 mg S/kg of soil, i.e. 2 to 53% from applied dose of sulphur in ammonium sulfate was finding. Results of incubation experiments indicate from practical aspect that in the soils of Czech Republic no one can expect more significant contribution to nutrition of sulphur-demanding crops from mobilization of pools of total sulphur in soil. On the contrary, immobilization of labile sulphur which was strengthened by application of N-fertilizers was found.

Keywords: sulphur; nitrogen; soil; incubation test

ABSTRAKT: V inkubačních pokusech byla ověřována možnost mobilizace H_2O -extrahovatelné síry ve 45 půdách v interakci s hnojením dusičnanem amonným, močovinou a síranem amonným. Před inkubací zemin a po ní byla v H_2O -extraktech stanovena koncentrace síry na spektrometru ICP-OES a SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ na analyzátoru Skalar. Byla zjištěna korelace mezi obsahem celkového uhlíku, dusíku, síry v půdě a nitrifikací, ale nebyl nalezen žádný vztah k produkci H_2O -extrahovatelné síry. Po šestitýdenní inkubaci zemin bez hnojení dusíkem byla zjištěna produkce síranů pouze u poloviny půd v rozpětí 0,4 až 3,4 mg $S-SO_4^{2-}/kg$. Přes značnou individuálnost v reakci půd na dusíkaté hnojení byl zjištěn obecný trend deprese nitrifikace a produkce labilních forem síry až imobilizace síranů. Po aplikaci $(NH_4)_2SO_4$ docházelo k imobilizaci síranů u všech půd v rozpětí hodnot 1 až 30 mg S/kg půdy, tj. 2 až 53 % z aplikované dávky síry v síranu amonném. Z praktického pohledu výsledky inkubačních experimentů indikují, že v půdách ČR nelze počítat k výživě plodin náročných na síru s významnějším příspěvkem z mobilizace zásob celkové síry v půdě, zvláště při současné aplikaci dusíkatých hnojiv.

Klíčová slova: síra; dusík; půda; inkubační testy

ÚVOD

Síra je důležitá hlavní živina. Nároky jednotlivých zemědělských plodin jsou značně rozdílné a pohybují se v rozpětí 10 až 90 kg S/ha. Ve srovnání s nárokem zemědělských plodin na fosfor potřebují brukvovité plodiny třikrát více síry než fosforu. U leguminóz je nárok vyrovnaný a obilniny vyžadují o třetinu méně síry než fosforu (Jones et al., 1991). Výživě a hnojení zemědělských plodin sírou se až donedávna nevěnovala patřičná pozornost, neboť se předpokládal dostatečný přívod síry do půdy v tzv. balastní složce běžných hnojiv a pesticidů, či z imisí, hlavně po spalování fosilních paliv v tepelných elektrárnách.

Ve většině půd je převážná část celkového obsahu síry součástí organické půdní hmoty. Tabatabai (1982) uvádí hodnotu převyšující 95 % pro půdy humidních a semihumidních regionů. Síra v půdách se tak v mnoha rysech podobá dusíku. Podle našich posledních šetření se obsah celkové síry v našich půdách nejčastěji pohybuje v rozmezí 85 až 250 mg S/kg. V jarním období stanovujeme po zimě v našich půdách obsah aktuálně dostupné síry pro rostliny ve formě síranů nejčastěji v rozmezí hodnot 4 až 13 mg S/kg zeminy ornice (Matula, 1999), což je pro náročných plodin zřejmě ne zcela dostatečný obsah. Je otázkou, do jaké míry může mineralizace organické hmoty v našich půdách přispět k výživě porostů sírou, a to zvláště v období intenzivního růstu náročných plodin. Informace o výskytu deficitu síry u náročných plodin v Evropě pocházejí převážně ze severních oblastí Evropy (McGrath et al., 1994; Schung, Haneklaus, 1994; Simán, 1994; Withers et al., 1995).

Cílem našeho výzkumu bylo zjistit, do jaké míry mohou mineralizační pochody přispět k doplňování zásoby labilních (H_2O -extrahovatelných) forem síry v našich půdách při současném stavu hospodaření na půdě. Jelikož jaro je stěžejním obdobím hnojení zemědělských plodin (řepky, pšenice) dusíkem, zajímali nás i případné interakce s dusíkem, resp. jakým směrem může dusíkaté hnojení ovlivnit i přeměny síry v našich půdách

z hlediska zabezpečení výživy porostů sírou. O chování a změnách labilních forem síry v našich půdách neexistují prakticky žádné informace. K úvodnímu výzkumu jsme zvolili metodu inkubačních testů za řízeného teplotního a vláhového režimu na pestrém souboru půd z teritoria ČR.

MATERIÁL A METODY

Půdní vzorky k inkubačním pokusům byly odebírány z ornice zemědělsky obhospodařovaných pozemků v 11 lokalitách, převážně z významných oblastí pěstování ozimé řepky, v průběhu března až první poloviny dubna 1998. Seznam lokalit a počet odebraných půdních vzorků z jednotlivých pozemků je uveden v tab. I.

Po základní úpravě půdních vzorků (vyschnutí na vzduchu, homogenizace, prosetí přes 2mm síto) byly zeminy analyzovány na obsah živin (S, K, Mg, Ca, P,

I. Původ a počet půdních vzorků pokusného souboru – Origin and number of soil samples of experimental set

Lokalita ¹ (n = 11)	Počet vzorků ²
Dolany u Náchoda	7
Horní Police	4
Koloveč	4
Kravaře v Čechách	4
Nový Jičín	4
Pustějov	4
Ruzyně	3
Senožaty (Pelhřimov)	3
Slapy u Tábora	4
Suchdol (Kutná Hora)	4
Švábenice na Hané	4
Σ	45

¹locality, ²number of samples

II. Charakteristika použitého souboru půd (n = 45) – Characteristics of the used set of soils (n = 45)

Charakteristika ¹	Popisná statistika ²					
	\bar{x}	medián	min	max	směrodatná odchylka ³	variabilita ⁴ (%)
C _{LECO} (g/kg)	13,8	12,4	8,6	38,4	5,0797	36,8
C _{ox} (g/kg)	13,5	12,1	9,8	36,2	4,3640	32,8
N _{LECO} (g/kg)	1,44	1,31	0,91	3,4	0,4340	30,1
S _{LECO} (g/kg)	153	135	34	563	84,0664	54,9
S _{H₂O} -SO ₄ ²⁻	8,6	6,3	1,3	48,34	7,2311	84,1
C/N	9,54	9,42	7,5	12,4	1,0409	10,9
C/S	108,98	88,52	53	506	76,9096	70,6
N/S	11,105	9,449	6,04	42,65	6,3000	56
KVK (mmol+/kg)	142	127	76	250	46,2410	32,6
pH/KCl	5,95	6	4,2	7,2	0,8223	13,8

¹characteristics, ²descriptive statistics, ³standard deviation, ⁴variability

III. Schéma inkubačních testů – Scheme of incubation tests

Varianta ¹	Označení ²	Popis ³	Doba inkubace ⁴ (týdny ²)
1 A	K	kontrola bez N-hnojení ⁶	3
1 B	K	kontrola bez N-hnojení	6
2 A	M	50 ppm N v močovíně ⁷	3
2 B	M	50 ppm N v močovíně	6
3 A	DA	50 ppm N v dusičnanu amonném ⁸	3
3 B	DA	50 ppm N v dusičnanu amonném	6
4 A	SA	50 ppm N v síranu amonném ⁹	3
4 B	SA	50 ppm N v síranu amonném	6

¹variant, ²marking, ³description, ⁴incubation period, ⁵weeks, ⁶control without N-fertilization, ⁷in urea, ⁸in ammonium nitrate, ⁹in ammonium sulfate

Mn a B) ve vodném extraktu (20 g zeminy + 100 ml H₂O; po 1h třepání na rotační třepače a následně centrifugaci) a v extraktu KVK-UF, včetně stanovení hodnoty kationtové výměnné kapacity (Matula, Pírk, 1988). Dále byl v půdách stanoven obsah celkové síry, dusíku a uhlíku na analyzátoru LECO CNS-2000 a obsah organického uhlíku oxidačním postupem (Sims, Haby, 1971). Charakteristiky použitého souboru půd jsou uvedeny v tab. II.

S kolekcí zemín byly zakládány inkubační testy v délce trvání tři a šest týdnů podle schématu uvedeného v tab. III. Teplotní režim inkubace byl: 16 h 20 °C; 8 h 15 °C. Každá varianta byla založena v trojnásobném opakování. Vlhkost půdního vzorku byla udržována kolem polní vodní kapacity, která byla stanovena výpočtem pro každou zeminu na základě experimentálně zjištěného vztahu polní vodní kapacity k hodnotě sorpční kapacity půdy (KVK):

$$ml \text{ H}_2\text{O}/20 \text{ g zeminy} = \text{KVK} (\text{mmol}/\text{kg})^{0,543} \cdot 0,288$$

Po termínech inkubace (tři a šest týdnů) byly zeminy variant extrahovány vodou (1 : 5). V extraktech byla stanovena koncentrace celkové síry na spektrometru

ICP-OES Trace SCAN (Thermo Jarrell Ash), koncentrace síranů a minerálních forem dusíku (NO₃⁻, NH₄⁺) na analyzátoru San Plus Systém (SKALAR). Detekce síry na spektrometru ICP v sobě navíc oproti stanovení na auto-analyzátoru Skalar zahrnovala i případný obsah H₂O-extrahovatelných organických substancí.

Výsledky inkubačních testů byly vyjádřeny v produktu čisté inkubace síry a dusíku, tj. po odpočtu zjištěné koncentrace prvků před inkubací a dávky dusíku, popřípadě síry s aplikovaným hnojivem. Ke zpracování experimentálních výsledků bylo použito statistického programu GrafPad PRISM, CA, USA, version 2.0 a Microsoft Excel 97.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Zjištěné korelační vztahy mezi základními charakteristikami testovaných půd (obsah celkového C, N a S, sorpční kapacita a pH půdy) a čistým inkubačním produktem (nitrifikace, produkce celkové labilní síry [stanovené ICP] a sírany) jsou uvedeny v tab. IV a V.

Byl zjištěn kladný těsný vztah mezi obsahem celkového uhlíku, dusíku a síry v půdě k nitrifikaci, ale žádný vztah k produkci labilní síry. Obsah uhlíku stanovený oxidačním postupem (Sims, Haby, 1971) vykazoval tendenci těsnější korelace s nitrifikací než celkový uhlík stanovený analyzátozem LECO.

Dále byla shledána významná korelace mezi kationtovou výměnnou sorpční kapacitou půdy a nitrifikací. Toto zjištění se zdá být logické v souvislosti s obecně známým kladným vztahem mezi obsahem jílových minerálů a obsahem organické půdní hmoty, které jsou podstatou sorpční schopnosti půd.

Dostí překvapující byl neprůkazný korelační vztah mezi půdní kyselostí a nitrifikací, přestože náš soubor půd vykazoval značné rozpětí hodnot pH (0,2 M KCl) od 4,2 až do 7,2. Byl však registrován záporný trend korelačního vztahu mezi pH půdy a čistou produkcí labilní síry (tab. V), zejména ve variantě inkubačního pokusu (SA) s přidávkou dusíku ve formě síranu amonného. Korelační bodové pole a trendy vztahu mezi pH půdy a čistou produkcí labilní síry u varianty se síranem amonným jsou uvedeny na obr. 1. Příčina jevu by mohla souviset s oxyslujícím

IV. Vztahy mezi základními charakteristikami testovaných půd a čistým produktem nitrifikace (korelační koeficienty, $n = 45$) – Relationships between basic characteristics of tested soils and pure nitrification product (correlation coefficients, $n = 45$)

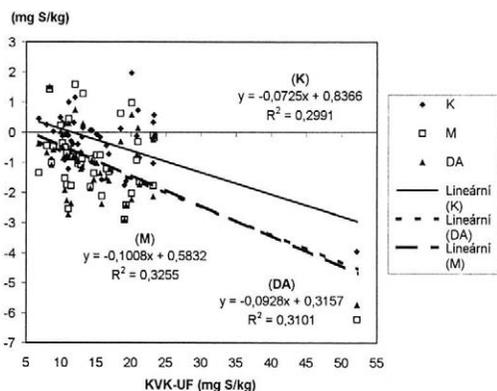
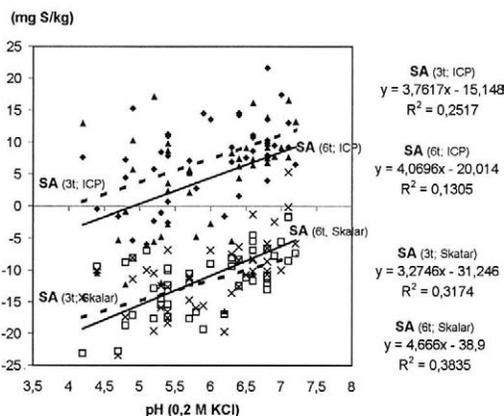
Doba inkubace ¹ (týdny ²)	Varianta ³	C _{LECO}	C _{ox} (Sims, Haby, 1971)	N _{LECO}	S _{LECO}	KVK	pH/KCl
3	K	0,7416	0,7532	0,7984	0,7134	0,5620	0,0305
	M	0,6645	0,7752	0,7549	0,6835	0,4708	0,1311
	DA	0,6916	0,7606	0,7748	0,6514	0,5167	0,1846
	SA	0,6189	0,7191	0,6979	0,5637	0,4853	0,3460
6	K	0,7223	0,7049	0,7619	0,6871	0,5793	-0,0388
	M	0,7154	0,7658	0,7628	0,7334	0,5136	-0,0698
	DA	0,7782	0,8042	0,8020	0,7449	0,5753	0,0133
	SA	0,7439	0,8332	0,7949	0,7641	0,5365	0,0984

¹incubation period, ²weeks, ³variant

V. Vztahy mezi základními charakteristikami testovaných púd a čistým produktem mineralizace síry (korelační koeficienty, $n = 45$) – Relationships between basic characteristics of tested soils and pure product of sulphur mineralization (correlation coefficients, $n = 45$)

Doba inkubace ¹ (týdny ²)	Způsob detekce ³	Varianta ⁴	C _{LECO}	C _{ox}	N _{LECO}	S _{LECO}	KVK	pH/KCl
3	ICP	K	-0,1350	-0,0652	-0,0918	-0,1841	0,1603	0,2147
		M	-0,1092	-0,0912	-0,1338	-0,2493	0,1441	0,3267
		DA	-0,0092	-0,0635	-0,0851	-0,2783	0,2781	0,4752
		SA	-0,0259	-0,0469	-0,0471	-0,2620	0,0976	0,5017
3	Skalar	K	-0,0394	0,0170	-0,0754	-0,1773	0,0431	0,3566
		M	0,0630	0,1137	0,0152	-0,1218	0,1015	0,4247
		DA	0,1118	0,1561	0,0577	-0,0778	0,1058	0,4377
		SA	0,2147	0,1764	0,1451	-0,0796	0,0777	0,5634
6	ICP	K	0,0146	-0,0601	-0,0228	-0,1835	0,2779	0,2583
		M	-0,0329	-0,0979	-0,0961	-0,2165	0,1521	0,3040
		DA	0,02449	-0,0783	-0,0438	-0,2059	0,1742	0,3227
		SA	-0,0765	-0,0992	-0,1427	-0,2206	-0,0040	0,3613
6	Skalar	K	-0,0034	-0,0116	-0,0932	0,0467	-0,1058	0,1346
		M	-0,0356	-0,0206	-0,1207	0,0600	-0,1513	0,1406
		DA	0,0045	0,0063	-0,0627	0,0847	-0,0933	0,0218
		SA	0,1343	0,0435	-0,0404	-0,2705	0,0835	0,619

¹incubation period, ²weeks, ³detection method, ⁴variant



1. Vztah mezi pH púdy a čistým produktem inkubace síry (mg S/kg) u varianty SA ($n = 45$) – Relationship between soil pH and pure product of sulphur incubation (mg S/kg) in the variant SA ($n = 45$)

2. Vztah mezi púdním testem KVK-UF a čistým produktem inkubace síry (mg S/kg) po šesti týdnech (detekce síry ICP) – Relationship between soil test KVK-UF and pure product of sulphur incubation (mg S/kg) after six weeks (sulphur detection ICP)

Vysvětlivky k obr. 1 až 8 – Explanations to Figs. 1 to 8:

osa y: čistý produkt inkubace – y axis: pure product of incubation
 osa x: varianty inkubačního pokusu – x axis: variants of incubation trial
 K = kontrola bez N-hnojení – control without N-fertilization
 M = močovina – urea
 DA = dusičnan amonný – ammonium nitrate
 SA = síran amonný – ammonium sulfate

extrakce síry vodou – sulphur extraction by water
 $S_{\text{celk}} - S_{\text{tot}}$
 detekce ICP – detection ICP
 inkubace: 3 a 6 týdnů – incubation: 3 and 6 weeks
 nitrifikace – nitrification

efektem dusíkatých hnojiv v púdě, zvláště po síranu amonném, a s následnou depresí biologické aktivity púd.

Po šestitýdenní inkubaci byl zjištěn trend významné korelace mezi výchozím obsahem celkové labilní síry v púdě, extrahované metodickými postupy KVK-UF a vodou (1 : 5), a čistým produktem labilní síry v púdě stanoveným spektrometricky ICP. Výsledky korelačních vztahů jsou uvedeny v tab. VI a na obr. 2.

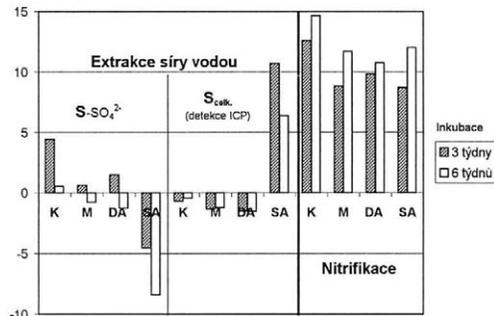
Na variantách bez hnojení dusíkem (kontrola) po šestitýdenní inkubaci byla zjištěna průkazná čistá produkce síranů pouze u poloviny sledovaných púd. Z toho významnější produkce byla stanovena pouze ve čtyřech případech, a to v rozmezí 2,3 až 3,4 mg S-SO₄²⁻/kg. U zbytku púd produkujících síranů se čistá produkce pohybovala v rozmezí nízkých hodnot (0,4 až 1,5 mg S/kg). U druhé poloviny púd se spíše projevovala imobilizace síranů.

VI. Korelace mezi výchozím obsahem labilní síry v půdě a čistou produkcí síry po šesti týdnech inkubace (korelační koeficienty, $n = 45$) – Correlations between starting content of labile sulphur in soil and pure sulphur production after six weeks of incubation (correlation coefficients, $n = 45$)

Výchozí stav ¹	Varianty ² (inkubace 6 týdnů ³ ; detekce ⁴ ICP)			
Půdní test ⁵	K	M	DA	SA
KVK-UF, detekce ICP	-0,5469	-0,5705	-0,5569	-0,4131
Voda (1 : 5), detekce ICP	-0,5601	-0,6053	-0,5562	-0,3479
Voda (1 : 5), detekce Skalar	-0,5487	-0,6048	-0,560	-0,3392

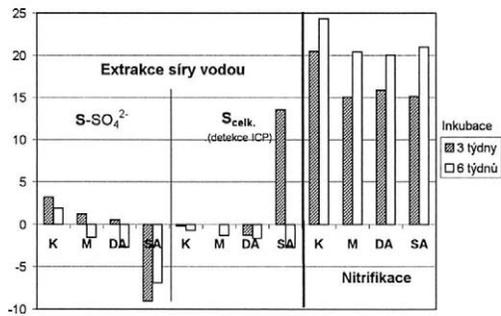
¹starting state, ²variants, ³incubation 6 weeks, ⁴detection, ⁵soil test

(mg S/kg; mg N-NO₃-2/kg)



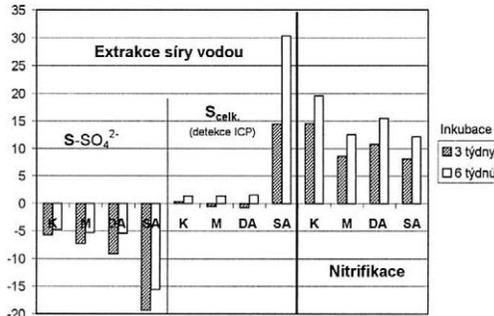
3. Výsledky analýz po inkubaci zeminy ze stanoviště Pustějov, půda Pustějov 5 – Results of analyses after soil incubation from the Pustějov site, soil Pustějov 5 (pH/KCl 6,6; KVK 117 mmol+/kg; C_{LECO} 11,2 g/kg; N_{LECO} 1,27 g/kg; S_{LECO} 121 mg/kg; S_{H₂O-ICP} 8,6 mg/kg)

(mg S/kg; mg N-NO₃-2/kg)



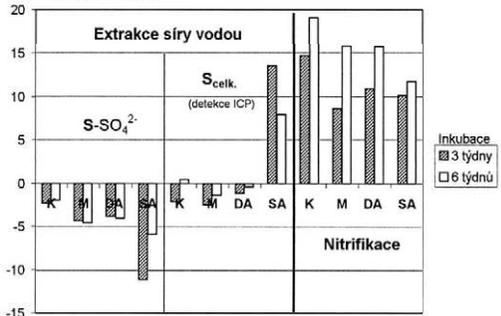
4. Výsledky analýz po inkubaci zeminy ze stanoviště Kravaře, půda Kravaře 6 – Results of analyses after soil incubation from the Kravaře site, soil Kravaře 6 (pH/KCl 6,06; KVK 76 mmol+/kg; C_{LECO} 10 g/kg; N_{LECO} 1,05 g/kg; S_{LECO} 117 mg/kg; S_{H₂O-ICP} 10,6 mg/kg)

(mg S/kg; mg N-NO₃-2/kg)



5. Výsledky analýz po inkubaci zeminy ze stanoviště Suchdol u Kutné Hory, půda Suchdol KH 2 – Results of analyses after soil incubation from the Suchdol near Kutná Hora site, soil Suchdol KH 2 (pH/KCl 5,9; KVK 164 mmol+/kg; C_{LECO} 10,4 g/kg; N_{LECO} 1,16 g/kg; S_{LECO} 115 mg/kg; S_{H₂O-ICP} 6,8 mg/kg)

(mg S/kg; mg N-NO₃-2/kg)

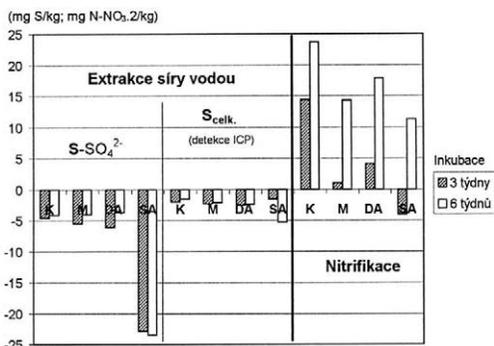


6. Výsledky analýz po inkubaci zeminy ze stanoviště Švábenice na Hané, půda Švábenice 1 – Results of analyses after soil incubation from the Švábenice na Hané site, soil Švábenice 1 (pH/KCl 6,8; KVK 196 mmol+/kg; C_{LECO} 17,2 g/kg; N_{LECO} 1,45 g/kg; S_{LECO} 34 mg/kg; S_{H₂O-ICP} 6,9 mg/kg)

O nízké mineralizaci síry v nádobovém pokusu s pěti dánskými půdami referují Eriksen et al. (1995), kteří uvádějí hodnoty mineralizace v rozmezí 3,3 až 6,7 mg S/kg půdy za celý rok. Jde o množství mineralizované síry, které je nedostatečné pro korekci S-deficitu na stanovišti.

Možnost malé mobilizace síry z půdních rezerv (organické půdní hmoty) a převažující imobilizační trend

u našeho souboru půd, resp. nesouhlas s nitrifikačními pochody byly poněkud neočekávanými výsledky oproti výchozím předpokladům. Podstata těchto výsledků by mohla souviset s charakterem organické půdní hmoty. V našem souboru půd byl zjištěn velmi stabilní poměr mezi C/N v hodnotě 9,5 s malou variabilitou (10,9 %). Naproti tomu poměr C/S 70,6 % byl velmi variabilní (tab. II).



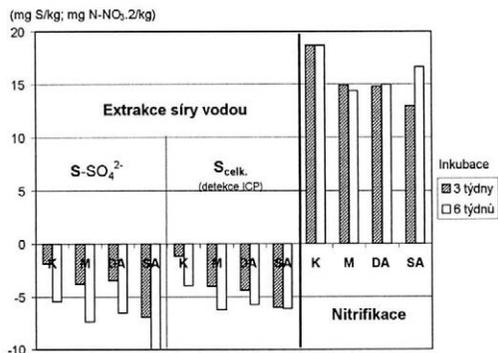
7. Výsledky analýz po inkubaci zeminy ze stanoviště Koloveč, půda Koloveč 1 – Results of analyses after soil incubation from the Koloveč site, soil Koloveč 1 (pH/KCl 4,7; KVK 118 mmol+/kg; C_{LECO} 14,1 g/kg; N_{LECO} 1,27 g/kg; S_{LECO} 179 mg/kg; S_{H₂O-ICP} 9,2 mg/kg)

Chování jednotlivých půd v reakci na inkubaci a přísadavek dusíkatých hnojiv byl značně individuální. Ukázka jednotlivých výsledků je uvedena na příkladu šesti půd (obr. 3 až 8). Záměrně byly vybrány půdy se zřejmou možností čisté mobilizace síry z půdních rezerv, resp. půdy s vyloženě silnou imobilizační tendencí. Značná podobnost v reakci na inkubaci a dusíkaté hnojení byla zjišťována v rámci obdobných půd ze stejné lokality.

Přes značnou individuálnost v reakci jednotlivých půd na přísadavek dusíkatých hnojiv byl zjištěn obecný rys deprese čistého produktu inkubace (tj. mobilizace labilních forem síry a nitrifikace) u všech půd. U půd s možností produkce síranů došlo k výraznému poklesu až k přechodu do záporných hodnot, resp. k imobilizaci síranů. U půd s imobilizační tendencí přísadavek dusíkatých hnojiv tuto tendenci ještě více zesiloval.

U variant se síranem amonným byla zjišťována imobilizace síranů ve všech případech, a to v rozpětí hodnot 1 až 30 mg S/kg půdy, tj. 2 až 53 % z aplikované dávky síry v síranu amonném. Nejběžnější (v četnosti 84 % případů) se imobilizace síranů pohybovala v rozmezí 9 až 32 % z aplikované dávky síry v síranu amonném. Rozdíly v obsahu síry ve vodním extraktu na analytické koncovce Skalár (síraný) a ICP spektrometru (celkový obsah labilních forem síry) nasvědčují, že dodaná minerální síra interferuje s celkovým obsahem síry v organické půdní hmotě a labilní formy síry jsou bezprostředně zapojovány do transformací organické půdní hmoty. Možnost rychlého a významného zapojování labilní síry do volné organické složky půdy (během 8 až 14 dní) uvádí Eriksen (1997). Zabudovávání a redistribuce do organické půdní hmoty propojené s minerální složkou půdy je pozvolnější (Eriksen, 1997).

Z praktického pohledu výsledky našich inkubačních pokusů indikují, že v našich půdách nelze počítat s významnějším příspěvkem k výživě plodin náročných na síru z mobilizace zásob celkové síry v půdě. Naopak, v našem souboru půd byl ve značném rozsahu zjištěn imobilizační trend labilní síry, který byl zesilován apli-



8. Výsledky analýz po inkubaci zeminy ze stanoviště Senožaty, půda Senožaty 7 – Results of analyses after soil incubation from the Senožaty site, soil Senožaty 7 (pH/KCl 5,1; KVK 113 mmol+/kg; C_{LECO} 13,6 g/kg; N_{LECO} 1,71 g/kg; S_{LECO} 248 mg/kg; S_{H₂O-ICP} 6,9 mg/kg)

kačí dusíkatých hnojiv. Vnos mobilního aniontu SO₄²⁻ do půdy může být i ve značné míře a v krátké době imobilizován, resp. biologicky sorbován.

Poděkování

Výzkum byl umožněn finanční podporou NAZV v rámci projektu EP0960006472 a GAČR 521/99/0470.

LITERATURA

- Eriksen J. (1997): Sulphur cycling in Danish agricultural soils: turnover in organic S fractions. *Soil Biol. Biochem.*, 29 (9–10): 1371–1377.
- Eriksen J., Mortensen J. V., Nielsen J. D., Nielsen N. E. (1995): Sulphur mineralization in five Danish soils as measured by plant uptake in a pot experiment. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 56 (1): 43–51.
- Jones J. B. Jr., Wolf B., Mills H. A. (1991): Plant analysis handbook. Micro-Macro Publ. Inc. Athens, USA.
- Matula J. (1999): Výživa a hnojení sírou. AGRO ochrana, výživa, odrůdy.
- Matula J., Pírk J. (1988): Vyluhovací roztok pro stanovení draslíku, hořčíku, vápníku, sodíku, manganu a rostlinám dostupného fosforu v půdě a hodnoty kationtové výměnné kapacity. [Autorské osvědčení.] Praha, 1988.
- McGrath S., Zhao F., Barraclough P., Chambers B., Withers P., Sinclair A. (1994): Sulphur, phosphorus, potassium and copper – measuring crops needs, impacts on quality and options for management. In: HGCA Conf. Cereals R&D, 6: 1–28.
- Schung E., Haneklaus S. (1994): Sulphur deficiency in *Brassica napus* – Biochemistry – Symptomatology – Morphogenesis. *Landb.-Forsch. Völkner.*, Sonderheft, 144: 1–31.
- Simán G. (1994): Sulphur in Swedish agriculture. *Norw. J. Agric. Sci. Supp.*, (15): 31–34.
- Sims J. R., Haby V. A. (1971): Simplified colorimetric determination of soil organic matter. *Soil Sci.*, 112 (2): 137–141.

Tabatabai M. A. (1982): Sulfur. In: Page A. L. et al. (eds.): Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. Agron. Monogr. 9 ASA and SSSA, Madison: 501–438.

Withers P. J. A., Evans E. J., Bilsborrow P. E., Milford G. F. J., McGrath S. P., Zhao F., Walker K. C. (1995): Deve-

lopment and prediction of sulphur deficiency in winter oilseed rape. In: HGCA, Oilseeds Proj. Rep. No. OS11: 1–22.

Došlo 16. 9. 1999

Kontaktní adresa:

Doc. Ing. Jiří M a t u l a, CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, 161 06 Praha 6-Ruzyně, Česká republika, tel.: +420 2 33 02 22 71, fax: +420 2 33 31 06 36, e-mail: matula@hb.vurv.cz

Upozornění pro autory vědeckých časopisů

Z důvodu rychlejšího a kvalitnějšího zpracování grafických příloh (grafů, schémat apod.) příspěvků zasílaných do redakce Vás žádáme o jejich dodání kromě tištěné formy i na disketách.

Pérovky mohou být zpracovány jako předloha pro skenování nebo mohou být dodány též jako bitmapa ve formátu *.TIF (600 DPI). Pro skenování by grafy neměly obsahovat šedivé plochy. Místo šedi se mohou použít různé typy černobílého šrafování.

Jestliže jsou **grafy vytvořeny v programu EXCEL**, je potřeba je dodat uložené v tomto programu (nestačí grafy naimportované do programu WORD).

Obrázky **nezasílejte** ve formátu **Harvard Graphics**, nýbrž vyexportované do některého z výše uvedených formátů.

VLIV SÍRANOVÝCH A CHLORIDOVÝCH DRASELNÝCH HNOJIV NA ELUCI VÁPŇÍKU Z PŮDY

THE EFFECT OF SULFATE AND CHLORIDE POTASSIUM FERTILIZERS ON ELUTION OF CALCIUM FROM SOIL

S. Kužel, L. Kolář, R. Ledvina

University of South Bohemia, Faculty of Agriculture, České Budějovice, Czech Republic

ABSTRACT: Anion of potassium fertilizer has an effect on calcium elution from soil only at extremely high doses of fertilizer (over 600 kg.ha⁻¹) when an inhibitory sulfate anion K₂SO₄ starts to be manifested against Cl⁻ of potassium salt. On the contrary Ca²⁺ elution is dependent on CaCO₃ amount from soil as well as on the dose of potassium fertilizer. The main source of mobile Ca²⁺ which is eluted from soil is the reaction: CaCO₃ + H₂O + CO₂ ↔ Ca²⁺ + 2 HCO₃⁻. The elution is not dependent on temperature and partial pressure of CO₂, but it is dependent on CO₂ amount in soil, that is on microbial activity of soil and primary organic matter in soil.

Keywords: elution of calcium; types of potassium fertilizers; dose of fertilizer; partial pressure of CO₂; organic matter; microbial activity; CaCO₃ content in soil

ABSTRAKT: Aniont draselného hnojiva má na eluci vápníku z půdy vliv až při extrémně vysokých dávkách hnojiva (nad 600 kg.ha⁻¹), kdy se začíná inhibičně projevovat síranový aniont K₂SO₄ proti Cl⁻ draselné soli. Eluce Ca²⁺ je naopak závislá na množství CaCO₃ v půdě a na dávce draselného hnojiva. Hlavním zdrojem mobilního Ca²⁺, který je eluován z půdy, je reakce: CaCO₃ + H₂O + CO₂ ↔ Ca²⁺ + 2 HCO₃⁻. Eluce není závislá na teplotě ani parciálním tlaku CO₂, avšak je závislá na množství CO₂ v půdě, tedy na mikrobiální aktivitě půdy a primární organické hmotě v půdě.

Klíčová slova: eluce vápníku; typy draselných hnojiv; dávka hnojiva; parciální tlak CO₂; organická hmota; mikrobiální aktivita; obsah CaCO₃ v půdě

ÚVOD

Cílem práce bylo standardizovat pokusné podmínky pro eluci vápníku a vyšetřit vliv KCl a K₂SO₄ na jeho mobilitu v půdě v závislosti na druhu a dávce hnojiva, obsahu CaCO₃ v půdě, resp. na teplotě a parciálním tlaku CO₂ a rovněž ověřit význam mikrobiální aktivity půdy a obsahu primární organické hmoty v půdě.

Mobilitu vápníku v půdě, a tím i jeho eluční množství většinou přednostně ovlivňuje vratná reakce: CO₂ + H₂O + CaCO₃ ↔ Ca²⁺ + 2 HCO₃⁻. Její rovnováhu určuje koncentrace CO₂, který je označován jako CO₂ rovnovážný, protože udržuje vodorozpustný Ca(HCO₃)₂ v roztoku (Pitter, 1981). Z toho vyplývá přímá závislost mobility půdního vápníku na množství CO₂ v půdě, tedy na její mikrobiální aktivitě a na podmínkách, které jí příznivě ovlivňují, tj. na optimální vlhkosti, optimálním pH, dostatku energetického substrátu, tj. primární organické hmoty v půdě. Po aplikaci draselných hnojiv do půdy při jejich dobré rozpustnosti ve vodě dochází k rychlé elektrolytické disociaci a uvolnění anionty Cl⁻ a SO₄²⁻ ovlivňují pravděpodobně mobilní Ca²⁺ velmi rozdílně. Zatímco SO₄²⁻ tendencí k tvorbě povlaků CaSO₄ s omezenou vodorozpustností mohou mobilitu Ca²⁺

snižovat, anionty Cl⁻ tvorbou velmi dobře vodorozpustného a dokonce silně hygroskopického CaCl₂ mohou mobilitu Ca²⁺ naopak silně zvyšovat, přičemž mobilita půdního draslíku dva- až šestkrát vzroste.

Vzhledem k tomu, že průměrné celkové obsahy vápníku v půdách leží v intervalu 0,07 až 50 % a celkové obsahy draslíku v intervalu 0,01 až 3,7 % (Beneš, 1993) a draselná hnojiva jsou vodorozpustná, je zřejmé, že v mobilním vztahu Ca – K při draselném hnojení bude dominantním faktorem míra a rychlost tvorby iontového Ca²⁺, ať už z uvedené reakce či uvolněním ze sorpčního půdního komplexu [Fiedler, Reissig (1964) tvrdí, že iontovýměnná kapacita půd je z 50 až 90 % nasycena vápníkem, Sirový (1967) považuje za ideální 65 %], nebo nově vzniklého půdotvornými procesy z nerozpustných forem vápníku, půdotvorného substrátu či jiných zdrojů. Takovým významným zdrojem je např. atmosférický spad (Podzimek et al., 1973). Množství výměnného vápníku v půdách leží v širokém intervalu 400 až 4000 mg.kg⁻¹ (Finck, 1969) a je pravděpodobné, že také další zdroje budou velmi variabilní. Množství vyplaveného vápníku z půdy za rok se pohybuje v širokém intervalu 9 až 50 kg Ca.ha⁻¹ (Scheffer, Schacht-schabel, 1976). Jiní autoři uvádějí mnohem vyšší hod-

noty, až stovky kg (Šilar, 1979). V ČR byl odhad ročních ztrát vápníku z půdy také vyšší, činil 130 kg.ha⁻¹ (Šilar, 1976, 1979).

Eluce vápníku z půdy vlivem silně rozpustného CaCl₂ je velmi významně brzděna samotnými rostlinami, které přijímají Cl⁻ rychle (asi dvakrát rychleji než SO₄²⁻) a často v obdívuhodném množství. Nadzemní orgány zemědělských plodin obsahují v sušině 3 až 30 mg Cl.g⁻¹ (Mayr, Kühn, 1969). Rychlost příjmu K⁺ a Cl⁻ rostlinami je zhruba stejná, a proto draselné soli jsou z hlediska fyziologické kyselosti neutrální (Šilar, 1975).

MATERIÁL A METODY

Rozpustnost solí ve vodě uvádí pro orientaci tab. I. Pokusnou zeminou byla jemnozerní orníční vrstvy písčito-hlinité kambizemě pseudoglejové na kyselé vyvěřelině, jejíž analýza je uvedena v tab. II. Tato zemina byla obohacena sráženým CaCO₃ ve dvou variantách (0,1 a 1,0 hm. % k sušině). Vliv mikrobiální aktivity byl sledován také ve dvou variantách, ve vzorcích s původní mikroflórou podpořenou přidavkem 1 hm. % peptonu a 2 hm. % glukózy a ve vzorcích sterilizovaných. Jako zdroj primární organické hmoty sloužila směs jemně mleté vojtěškové mouky a fosforečného esteru bramborového škrobu AMYLEST (Škrobárny Červená Řečice) v poměru 4 : 1, která byla dávkována v množství 0 až 5 hm. %. Pokusy proběhly v chromatografických kolonkách průměru 24 mm s výškou sloupce zeminy 126 mm technikou obvyklou při sloupcové chromatografii. Nesterilizované varianty byly zvlhčeny na 50 % retenční vodní kapacity nasátím převařeného destilované vody a umístěny do termostatu při 28 °C na dobu 30 dnů s možností kontaktu s ovzduším termostatu, jehož relativní vlhkost při dané teplotě byla 98 %. Vzorky sterilizované řady byly chemicky sterilizovány prosáváním par metylbromidu a formaldehydu při teplotě 28 °C a prošly mikrobiologickou kontrolou. Poté byly sterilně zvlhčeny stejně jako vzorky nesterilizované a rovněž uloženy na 30 dnů do termostatu při 28 °C jen s tím rozdílem, že byly v těchto podmínkách v sterilizovaných neprodyšných pouzdrech.

Po měsíční inkubaci byl na povrch zeminy v kolonkách sterilně vpraven roztok hnojiva ve dvou variantách (0,01 a 0,1 hm. % hmotnosti sušiny zeminy v kolonkách pro variantu s KCl i K₂SO₄). Všechny varianty, sterilované i nesterilované, s 50% zvlhčením podle jejich retenční vodní kapacity, byly poté dokonale zbaveny zbytku vzduchu nasátím destilované vody (resp. destilované vody s rozpuštěným CO₂) zdola, resp. ve sterilních podmínkách při působení vakua shora, samozřejmě při laminárním toku. Po tomto ošetření byly všechny varianty ještě týden inkubovány za stejných podmínek.

Po inkubaci byly kolonky umístěny do podtlakového zařízení a při teplotách 10, 18 a 25 °C rychlostí 30 kapek za 1 min (regulace výpustnými kohouty kolonek) byly kolonky eluovány celkem 500 ml destilované vody tak, aby nad povrchem zeminy v kolonce byly stále sloupec vody 10 až 20 mm vysoký. Náplň kolony procházel jen laminární proud, nikoliv turbulентní.

Ve variantách, ve kterých byl sledován vliv parciálního tlaku CO₂ na eluci vápníku, byly kolonky před týdenní inkubací při vytěsnění vzduchu z náplně zaplněny vodou s analyticky stanoveným různým množstvím CO₂ a tato voda byla použita také pro eluci vápníku, v těchto variantách bez použití podtlaku. Výška půdního sloupce v kolonkách byla snížena zhruba na třetinu.

Přepočtení koncentrace CO₂ v eluční vodě na jeho parciální tlak uvádí tab. III. Eluovaný Ca²⁺ ve vyluzích byl stanoven atomovou absorbní spektrofotometrií na přístroji VARIAN SPEKTR AA-200.

Matematicko-statistické zpracování všech výsledků s pětinašobným opakováním bylo provedeno Lordovým testem, vhodným pro máloprvkové soubory z hlediska

I. Rozpustnost solí ve vodě, vyjádřená koncentrací nasyceného roztoku soli při 10 °C v hmotnostních procentech (Kolektiv VÚMCHP, 1953) – Solubility of soils in water expressed by concentration of saturated salt solution at 10 °C in weight percentage (Team VÚMCHP, 1953)

CaCO ₃	0,0015 (Pitter, 1981)
Ca(HCO ₃) ₂	**
CaCl ₂	39,39
CaSO ₄	0,19*
KCl	23,84
K ₂ SO ₄	8,42
K ₂ CO ₃	52,01

* Čerstvě srážený CaSO₄, který v tomto případě v půdě může vzniknout, má až dvojnásobnou rozpustnost, než uvádí tabulka; i přes tento fakt je to rozpustnost relativně nepatrná – Freshly condensed CaSO₄ which can arise in soil in such case has double solubility than presented by Table; despite this fact the solubility is relatively negligible

** Tuhý Ca(HCO₃)₂ není znám; předpokládá se jeho existence pouze v roztoku podle uvedené rovnice; 1000 ml vody nasycené CO₂ rozpouští při 2,8 °C 1450 mg CaCO₃, při 13,2 °C 1300 mg CaCO₃; je-li voda nasycená CO₂ ve styku s CaCO₃, z 1 molu volného CO₂ vznikají 2 moly HCO₃⁻; úbytek volného CO₂ o 10 mg.l⁻¹ působí zvýšení koncentrace HCO₃⁻ o 27,7 mg.l⁻¹ a reakce probíhá tak dlouho, až v systému je pouze CO₂ rovnovážný (CO₂ volný = CO₂ nadbytečný + CO₂ rovnovážný; Pitter, 1981) – Solid Ca(HCO₃)₂ is not known; its existence is predicted only in solution according to the given equation; 1000 ml of water saturated with CO₂ solves 1450 mg of CaCO₃ at 2.8 °C, 1300 mg of CaCO₃ at 13.2 °C; if water is saturated with CO₂ in contact with CaCO₃, from 1 mole of free CO₂ 2 moles of HCO₃⁻ arise; the loss of free CO₂ by 10 mg.l⁻¹ acts on increase of HCO₃⁻ concentration by 27.7 mg.l⁻¹ and reaction passes so long that in the system is only CO₂ balanced (CO₂ free = CO₂ excessive + CO₂ balanced; Pitter, 1981)

II. Analýza pokusné zeminy – Analysis of experimental soil

pH _{KCL}		5,92
KVK	(mmol.1000 g ⁻¹)	168,5
Ca _{KVK} ²⁺	(%)	59,7
Ca _{tot}	(%)	1,21
Ca _{MEHLICH II}	(mg.1000 g ⁻¹)	1325
CO ₃ ²⁻	(%)	0,1
C _{ox tot}	(%)	0,83
S _H = C _{ox HK + FK} / C _{ox tot} · 100	(%)	16,81

III. Parciální tlak CO_2 při různých teplotách a procento CO_2 v destilované vodě (mm Hg) – Partial pressure of CO_2 at different temperatures and percentage of CO_2 in distilled water (mm Hg)

10 °C		18 °C		25 °C	
% CO_2	p_{CO_2}	% CO_2	p_{CO_2}	% CO_2	p_{CO_2}
0,024	81,7	0,022	92,3	0,020	98,9
0,061	206,1	0,060	229,8	0,050	253,2
0,130	424,1	0,114	491,4	0,103	540,0
0,197	644,8	0,174	744,5	0,156	822,2

správnosti výsledků, interval spolehlivosti byl počítán podle Deana a Dixona rovněž z rozpětí výsledků (Eck-schlager et al., 1980).

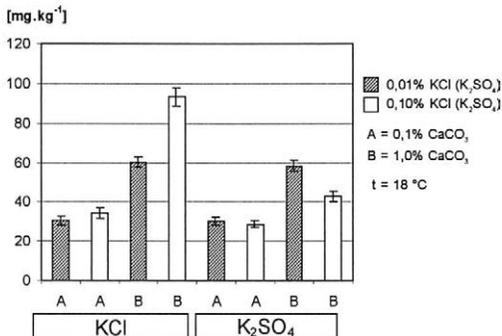
V závěru práce byl realizován demonstrační pokus na zabudovaných lyzimetrech pokusného pozemku. Byly použity stejné dávky CaCO_3 (zapraveno do vrstvy 0 až 100 mm), stejné dávky KCl a K_2SO_4 (aplikovány jako závlivka 10% roztokem na povrch půdy, udržovaný bez vegetace). Zemina v lyzimetru byla totožná s materiálem z předchozích experimentů. Vápník zvláště eluován nebyl, jeho množství bylo určeno analýzou lyzimetrické vody. Pokus trval od poloviny března do poloviny září (šest měsíců).

VÝSLEDKY A DISKUSE

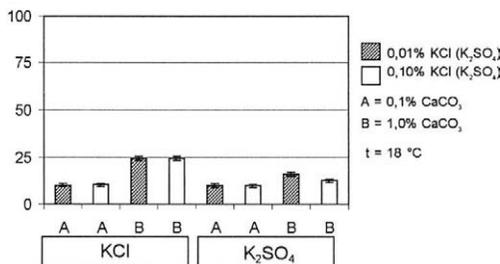
Analýza pokusné zeminy laboratorních pokusů i lyzimetrického demonstračního pokusu z hlediska obsahu a forem Ca^{2+} (tab. II) ukazuje, že jde o nevápnitou zeminu slabě kyselou, s nižším obsahem vápníku a s jeho nízkým zastoupením v sorpčním komplexu, s nízkým obsahem organických látek a nižším stupněm jejich humifikace.

V pokusech používaná destilovaná voda s rozpuštěným CO_2 při teplotách 10, 18 a 25 °C odpovídá parciálnímu tlaku p_{CO_2} podle tab. III.

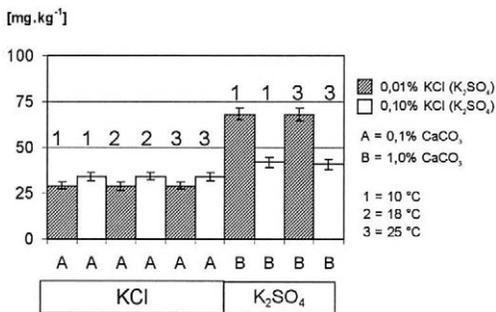
Na obr. 1 je patrný vliv přídavku CaCO_3 na eluci vápníku při aplikaci nižší (0,01 %) a vyšší (0,1 %) dávky KCl a K_2SO_4 v nesterilizovaných vzorcích. Ukázalo se, že při nízké dávce hnojiva v pokusu (0,01 %) a při nižším obsahu CaCO_3 v zemině není mezi KCl a K_2SO_4 žádný rozdíl. (Nízká dávka hnojiva v pokusu by v praxi odpovídala dávce 600 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ hnojiva, což je dávka extrémní.) Při vyšší dávce (0,1 %), odpovídající 6000 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ hnojiva, se teprve začíná projevovat inhibiční efekt K_2SO_4 na eluci vápníku. Při vyšším obsahu CaCO_3 v zemině (1 %) jsou výsledky podobné, KCl a K_2SO_4 v dávce 0,01 % (tj. 600 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ hnojiva) se v eluci Ca^{2+} ze zeminy prakticky neliší. Při vyšší dávce hnojiv (0,1 %) je inhibiční vliv K_2SO_4 na eluci Ca^{2+} už velmi markantní, proti KCl klesá eluce na méně než poloviční hodnotu. Vzhledem k tomu, že běžně používané dávky draselných hnojiv jsou mnohem nižší, druh draselného hnojiva eluci vápníku z půdy proti našemu očekávání vůbec neovlivňuje. Z obr. 1 je zřejmé, že eluce vápníku ze zeminy vzrůstá velmi markantně



1. Množství eluovaného vápníku ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) v nesterilovaných variantách v závislosti na kombinaci označených faktorů – Amount of eluted calcium ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) in non-sterilized variants in dependence on combination of denoted factors



2. Množství eluovaného vápníku ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) ve sterilovaných variantách – Amount of eluted calcium ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) in sterilized variants

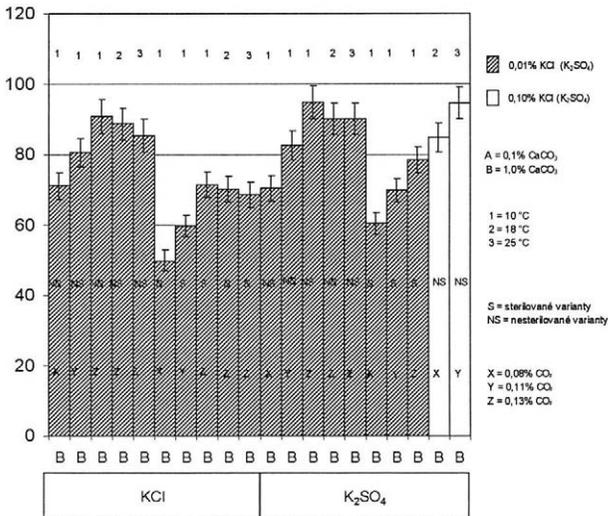


3. Množství eluovaného vápníku ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) v nesterilovaných variantách při různých teplotách – Amount of eluted calcium ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) in non-sterilized variants at different temperatures

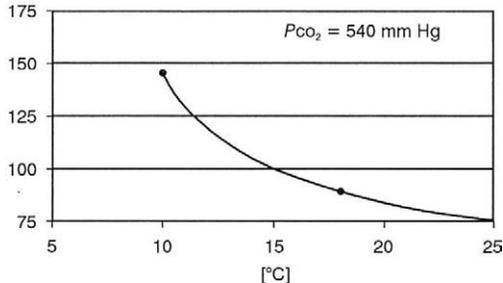
s dávkou CaCO_3 , a to při aplikaci 0,01% přídavku KCl či K_2SO_4 zhruba dvojnásobně. (Při aplikaci 0,1% KCl dokonce trojnásobně, při aplikaci 0,1% K_2SO_4 je evidentní už vysoká inhibice eluce vápníku.)

Ve sterilizovaných vzorcích (obr. 2) je eluce Ca^{2+} zcela zřetelně mnohem nižší ve všech případech a zvláště nápadný je fakt, že vyšší obsah CaCO_3 v půdě už na eluci Ca^{2+} nemá prakticky žádný vliv.

[mg.kg⁻¹]



[mg.kg⁻¹]



5. Množství eluovaného vápníku (mg.kg⁻¹) v nesterilované variantě s 1% CaCO₃ při aplikaci 0,01% KCl při stejném parciálním tlaku CO₂ (540 mm Hg) a třech různých teplotách (10, 18, 25 °C) – Amount of eluted calcium (mg.kg⁻¹) in non-sterilized variant with 1% CaCO₃ at application of 0,01% KCl at identical partial pressure of CO₂ (540 mm Hg) and three different temperatures (10, 18, 25 °C)

Na obr. 3 jsou uvedeny výsledky stejných kombinací faktorů jako na obr. 1, ale s rozdílnou teplotou eluce (10, 18 a 25 °C) při stejné teplotě inkubace vzorků (28 °C). Teplota v daném teplotním intervalu samotnou eluci vápníku vůbec neovlivňuje. Na obr. 4 jsou uvedeny výsledky vybraných kombinací sledovaných faktorů na eluci vápníku ze zkoumané zeminy z nesterilovaných i sterilovaných variant, ve kterých byly vzorky poslední týden inkubace s plným nasycením vodou s rozpuštěným CO₂ inkubovány při 28 °C a poté eluovány stejnou vodou při 10, 18 a 25 °C. Z těchto závislostí lze vyvodit dva závěry: S množstvím rozpuštěného CO₂ množství eluovaného vápníku zřetelně stoupá, se vzestupem teploty při eluci nepatrně klesá. Rozdíl mezi sterilovanými a nesterilovanými variantami je menší, než vyplývá z obr. 1 a 2, a tento rozdíl se dále zmenšuje, čím je

4. Množství eluovaného vápníku (mg.kg⁻¹) ve sterilovaných a nesterilovaných variantách při týdenní inkubaci s H₂O a CO₂ a různých teplotě eluce – Amount of eluted calcium (mg.kg⁻¹) in sterilized and non-sterilized variants at weekly incubation with H₂O and CO₂ and different temperature of elution

IV. Množství CO₂ (g), které se rozpustí ve 100 ml vody při tlaku plynu a páry nad roztokem 760 mm Hg – CO₂ amount which is dissolved in 100 ml of water at gas and steam pressure over the solution 760 mm of Hg

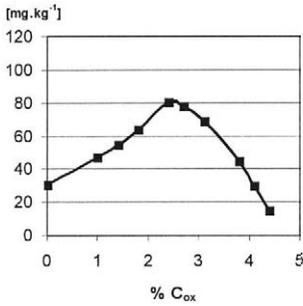
°C	CO ₂ (g.100 ml ⁻¹)
0	0,3347
10	0,2319
18	0,1789
25	0,145

koncentrace CO₂ v inkubační i eluční vodě vyšší. Ve vodě rozpuštěný CO₂ zřejmě do jisté míry nahrazuje CO₂ v půdě vznikající dýcháním půdních mikroorganismů.

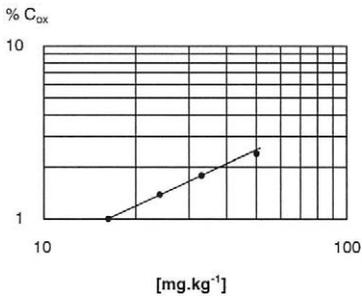
Očekávali jsme, že vliv CO₂ se markantně projeví v pokusech, ve kterých byl sledován vliv parciálního tlaku CO₂ na eluci vápníku z půdy. Výsledky (obr. 5) byly určitým zklamáním. Eluce vápníku při stejném parciálním tlaku CO₂ = 540 mm Hg při teplotě 10, 18 a 25 °C není stejná, ale s růstem teploty klesá, jak klesá koncentrace CO₂ v roztoku. Není tedy pro eluci Ca²⁺ z půdy rozhodující parciální tlak CO₂, ale pouze koncentrace CO₂. Lze tedy zobecnit, že čím bude nižší teplota půdy, tím při relativně stále produkci CO₂ v půdě bude eluce Ca²⁺ vyšší.

Při vyšších teplotách je eluce Ca²⁺ nižší, protože rozpustnost CO₂ s vyšší teplotou klesá. Rozpustnost CO₂ ve vodě je uvedena v tab. IV (Lhotský, 1954).

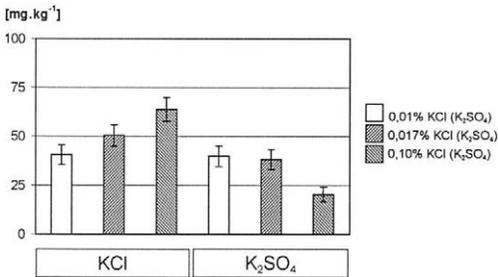
Kombinace sledovaných faktorů 0,01% KCl, 1% CaCO₃, 18 °C v nesterilované variantě s různým přidavkem organické hmoty je znázorněna na obr. 6. Eluce Ca²⁺ až do 3% C_{ox} zřejmě v důsledku zvyšující se produkce CO₂ během inkubace prudce stoupala, při vyšších přidavcích došlo k obratu a poklesu vývoje CO₂. Příčinou bylo vyčerpání pufruční kapacity půdní náplně



6. Množství eluovaného vápníku (mg.kg^{-1}) v nesterilované variantě s 1% CaCO_3 při aplikaci 0,01% KCl a teplotě 18 °C s různým přidavkem organické hmoty před inkubací, vyjádřeném v % C_{ox} – Amount of eluted calcium (mg.kg^{-1}) in non-sterilized variant with 1% CaCO_3 at application of 0.01% KCl and temperature 18 °C with different addition of organic matter before incubation expressed in C_{ox} %



7. Logaritmická závislost přírůstu eluovaného vápníku (mg.kg^{-1}) z vzestupné části křivky obr. 6 na přidavku organické hmoty vyjádřené % C_{ox} – Logarithmic dependence of increase of eluted calcium (mg.kg^{-1}) from ascending part of curve of Fig. 6 on addition of organic matter expressed in C_{ox} %



8. Množství eluovaného vápníku (mg.kg^{-1}) v demonstračním lysimetrickém pokusu v terénu ve variantě s 1% CaCO_3 – Amount of eluted calcium (mg.kg^{-1}) in demonstration lysimetric trial in the field in the variant with 1% CaCO_3

kolony, silné okyselení a potlačení činnosti mikroflóry vzorku. Prozkoumali jsme vzestupnou část křivky eluce Ca^{2+} . Na logaritmickém papíru dává závislost eluce Ca^{2+} na přidavku organického materiálu přímku, domníváme se proto, že jde obecně o závislost danou rov-

V. Hodnoty matematicko-statistického hodnocení – Values of mathematic-statistical evaluation

Graf ¹	R	s _r	L _{1,2}
1	5,2	4,6	30,5 ± 2,6
	5,5	4,9	34,4 ± 2,8
	6,8	5,1	60,3 ± 3,5
	10,3	9,1	93,5 ± 5,2
	5,0	4,4	30,3 ± 2,5
	4,6	4,1	28,8 ± 2,3
	6,5	5,8	58,2 ± 3,3
	5,7	5,0	42,7 ± 2,9
2	2,4	2,1	10,2 ± 1,2
	2,3	2,0	10,3 ± 1,2
	2,6	2,3	24,4 ± 1,3
	2,2	1,9	24,4 ± 1,1
	2,2	1,9	9,9 ± 1,1
	2,1	1,8	9,8 ± 1,1
	2,4	2,1	16,2 ± 1,2
	2,3	2,0	12,5 ± 1,2
3	4,8	4,2	29,2 ± 2,4
	4,6	4,1	34,1 ± 2,3
	4,8	4,2	29,0 ± 2,4
	4,7	4,2	34,3 ± 2,4
	4,5	4,0	29,1 ± 2,3
	4,8	4,2	34,2 ± 2,4
	7,2	6,4	68,3 ± 3,7
	6,4	5,7	41,8 ± 3,3
	8,3	7,3	68,0 ± 4,2
	6,5	5,8	41,1 ± 3,3
4	8,8	7,8	71,0 ± 4,5
	9,3	8,2	80,4 ± 4,7
	10,7	9,5	90,6 ± 5,5
	10,5	9,3	88,5 ± 5,4
	10,5	9,3	85,2 ± 5,4
	6,9	6,1	49,8 ± 3,5
	7,3	6,5	59,6 ± 3,7
	8,4	7,4	71,4 ± 4,3
	8,4	7,4	70,1 ± 4,3
	8,2	7,3	68,6 ± 4,2
	8,4	7,4	70,4 ± 4,3
	9,1	8,1	82,5 ± 4,6
	10,6	9,4	94,6 ± 5,5
	10,0	8,9	90,0 ± 5,1
9,8	8,7	89,9 ± 5,0	
7,1	6,3	60,3 ± 3,6	
7,5	6,6	69,7 ± 3,8	
8,3	7,3	78,4 ± 4,3	
9,0	8,0	84,6 ± 4,6	
10,4	9,2	94,5 ± 5,3	
8	11,2	9,9	40,5 ± 5,7
	12,5	11,1	50,3 ± 6,4
	14,0	12,4	63,8 ± 7,1
	11,9	10,5	39,8 ± 6,1
	11,5	10,2	38,2 ± 5,9
	8,4	7,4	20,4 ± 4,3

¹graph

nicí: $Ca^{2+} = a \cdot P_{org}^b$, kde P_{org} = přídavek organické hmoty (obr. 7), vyjádřený C_{ox} .

Tyto skutečnosti prozrazují dominantní vliv CO_2 na eluci Ca^{2+} z půdy, která je tím větší, čím je zemina lépe zásobena $CaCO_3$ a pochopitelně, čím je produkce CO_2 v půdě vyšší. Potvrdil se tedy předpoklad, že rozhodující vliv na eluci vápníku z půdy má reakce: $CaCO_3 + H_2O + CO_2 \leftrightarrow Ca^{2+} + 2 HCO_3^-$. Dokazuje to význam obsahu primární organické hmoty v půdě a její mikrobiální aktivity proti málo významnému aniontu draselného hnojiva.

Pomineme-li řadu nekontrolovatelných faktorů, ovlivňujících eluci vápníku v demonstračním pokusu, i extrémně vysokou dávku hnojiv KCl a K_2SO_4 (odpovídající 600 a 6000 $kg \cdot ha^{-1}$) a také zcela jiné podmínky eluce, lze konstatovat, že množství eluovaného vápníku je mnohem nižší a eluce vápníku při aplikaci KCl je vyšší než u K_2SO_4 (obr. 8), avšak jen při extrémní dávce hnojiva (1000 $kg \cdot ha^{-1}$).

Matematicko-statistické hodnocení (tab. V)

S_R = směrodatná odchylka zjištěná z průměrného rozpětí \bar{R}

$$S_R = k_n \bar{R}$$

Počet opakování = 5 vzorků

Počet paralelních stanovení z jednoho vzorku = 2

Pro $n = 2$ je $k_n = 0,8862$

$$R = 1/5(R_1 + \dots R_5)$$

Při hladině významnosti $\alpha = 0,05$ je koeficient spolehlivosti $(1 - \alpha) = 0,95$ podkladem pro výpočet 100 $(1 - \alpha)\%$ intervalu spolehlivosti podle vztahu:

$$L_{1,2} = \bar{x} \pm K_n \cdot R$$

Pro pětinašobné opakování $n = 5$, $(1 - \alpha) = 0,95$ a $K_n = 0,51$

Správnost výsledků, tj. statistickou významnost rozdílu průměru \bar{x} od skutečné hodnoty ξ (která není známa), jsme testovali jako shodnost výsledků jednotlivých opakování mezi sebou podle Lordova testu:

$$u = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{R_1 + R_2}$$

Pro $\alpha = 0,05$ je kritická hodnota pro $n = 2$ a $u_\alpha = 1,714$. Odlehle výsledky byly vyřazeny a nejsou uváděny.

ZÁVĚR

Laboratorní experimenty i demonstrační lyzimetrický pokus ukázaly, že na eluci vápníku z půdy má roz-

hodující vliv množství $CaCO_3$ v půdě a množství CO_2 v půdní vodě. Hlavním zdrojem mobilního vápníku, který je eluován z půdy, je reakce: $CaCO_3 + H_2O + CO_2 \leftrightarrow Ca^{2+} + 2 HCO_3^-$.

Eluce není závislá na teplotě, není závislá na parciálním tlaku CO_2 , až do dávky 600 $kg \cdot ha^{-1}$ hnojiva ji neovlivňuje aniont draselného hnojiva, čím je dávka draselného hnojiva vyšší, tím je eluce vápníku z půdy větší. Pozitivně ovlivňují eluci Ca^{2+} faktory, které zvyšují produkci CO_2 – mikrobiální aktivita v půdě a zdroj rozložitelných organických látek. V demonstračním terénním lyzimetrickém pokusu byla eluce Ca^{2+} mnohem menší než v laboratorních podmínkách.

Zjištěné výsledky byly získány s finanční podporou MŠMT id. kód: CEZ: J 06/98: 122200002.

LITERATURA

- Beneš, S. (1993): Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí. I. část. Praha, MZE ČR.
- Eckschlager K., Horsák I., Kodejš Z. (1980): Vyhodnocování analytických výsledků a metod. Praha, SNTL.
- Fiedler H. J., Reissig H. (1964): Lehrbuch der Bodenkunde. Jena, VEB G. Fischer Verlag.
- Finck A. (1969): Pflanzenernährung in Stichworten. Kiel, Verlag F. Hirt.
- Kolektiv VÚMCHP (1953): Fyzikálně chemické tabulky I. Praha, SNTL.
- Lhotský O. (1954): Hydrochemické tabulky. Praha, SNTL.
- Mayr H. H., Kühn H. (1969): Zusammensetzung von Kulturpflanzen und deren Ernteprodukten. Handb. d. Pfl.-Ernähr. u. Düng. New York, Wien, Springer Verlag: I/1.
- Pitter P. (1981): Hydrochemie. Praha, SNTL.
- Podzimek J., Šrámek L., Volfová E. (1973): Chemical analyses of precipitation collected around Hradec Králové. Geofys. Sbor., 195: 493–520.
- Scheffer F., Schachtschabel P. (1976): Lehrbuch der Bodenkunde. 9. Auflage neugearbeitet von Schachtschabel P., Blume H. P., Hartge K. H., Schwertmann U., Enke F.: Stuttgart, Verlag.
- Sirový V. et al. (1967): Průzkum zemědělských půd ČSSR. Souborná metodika. 3. díl. ČSSR, MZVŽ.
- Šilar J. (1975): Chlór ve výživě zemědělských plodin. Stud. Inform. ÚVTIZ Praha, Půdoznal., (6).
- Šilar J. (1976): Bilance vápníku a hořčíku v rostlinné výrobě ČSSR. [Závěrečná zpráva.] Praha, VÚRV.
- Šilar J. (1979): Vápník a jeho bilance v rostlinné výrobě. Stud. Inform. ÚVTIZ Praha, Půdoznal., (5).

Došlo 16. 9. 1999

Kontaktní adresa:

Prof. Ing. Ladislav Kolář, DrSc., Jihočeská univerzita, Agronomická fakulta, Studentská 13, 370 05 České Budějovice, Česká republika, tel.: +420 38 777 24 10, fax: +420 38 403 01, e-mail: kolar@zf.jcu.cz

HISTORIE PĚSTOVÁNÍ ŘEPKY (*BRASSICA NAPUS* SUBSP. *NAPUS*) A ŘEPICE (*BRASSICA RAPA* SUBSP. *OLEIFERA*) NA ÚZEMÍ ČR A SR

HISTORY OF CULTIVATION OF OILSEED RAPE (*BRASSICA NAPUS* SUBSP. *NAPUS*) AND TURNIP RAPE (*BRASSICA RAPA* SUBSP. *OLEIFERA*) IN THE TERRITORY OF THE CZECH AND SLOVAK REPUBLICS

A. Fábry

Czech University of Agriculture in Prague, Czech Republic

ABSTRACT: In the territory of the former Czechoslovakia cultivation of two oil-bearing crops of the genus *Brassica*, that is oilseed rape (*Brassica napus* subsp. *napus*) and turnip rape (*Brassica rapa* subsp. *oleifera*) has been investigated since the 14th century together with their processing in oil plants, mills and soap production. The knowledge of cultivation penetrated to our territory from West-European countries, such as France and the Netherlands. Cultivation of both the species was found on the basis of the study of manuscripts, economic documents, instructions of breeding patrimonial offices and archives of C.K. Imperial Patriotic Economic Society. Great propagator of cultivation of oil-bearing crops was in the time of the Enlightenment the imperial government in Vienna in a great effort to support economic development of the Austrian Empire. The development of cultivation of oil-bearing crops was connected with application of crop rotation and use of vegetable oils to lighting, lubrication of machines and with limitation for food production purposes. The decrease of the interest on cultivation of these crops by the end of the 19th century was connected with the use of mineral oils, gas street lighting, import of cheap raw materials from colonies and with competition of domestic animal fats. Before the World War II there were efforts to revive an interest on oil-bearing crops with an aim to improve the structure of plant production and achievement of self-sufficiency in fats and oils.

Keywords: oilseed rape; turnip rape; oil-bearing crops; history of cultivation; Central Europe

ABSTRAKT: Na základě studia rukopisných pramenů, archivních záznamů a starší hospodářské literatury byly zpracovány dějiny pěstování brukvovitých olejnin řepky a řepice od nejstarších dob až do 2. světové války na území ČR a SR za předpokladu, že znalost dějin pomáhá při řešení současných problémů.

Klíčová slova: řepka; řepice; olejniny; historie pěstování; střední Evropa

Úvod

Řepka a řepice, dvě plodiny dnes celosvětového významu, se pěstují na území dnešní ČR a SR již od doby pozdního středověku a velkého rozšíření dosáhly ke konci 20. století.

Historii pěstování uvedených druhů jsme se věnovali již zhruba před čtyřiceti lety (Fábry, 1957; Fábry, Hanich, 1964), ovšem na základě získání novějších údajů a pramenů považujeme za účelné poznatky znovu rozřídit a interpretovat v souladu s dnešním stavem poznání.

Pozornost, která je věnována introdukci do pěstování, není samoučelná, protože od doby, kdy Vavilov (1926) uveřejnil studii o genových centrech, zvyšuje se při hle-

dání zdrojů genetické variability zájem o genové rezervoáry a o primární oblasti vzniku kulturních rostlin. Dějiny pěstování uvedených druhů jsou spojené se vznikem regionálních forem a rázů a s jejich pohybem v času a prostoru vlivem výměny osiv, neúrody, resp. válečnými událostmi. Proto jsou již dnes tyto zdroje poznamenány částečnou univerzálností, přitom však nejsou všechny možnosti jejich využití vyčerpány hlavně ve východní Evropě.

Vymezení pojmů

Při posuzování historických pramenů do doby působení Linného (1753 – cit. Engström, 1978) a Metzgera

(1833) až na malé výjimky se klasifikace a názvosloví u druhů *B. napus*, *B. rapa* a *B. juncea* vzájemně prolínají a také se i dnes v celosvětových statistických pramenech pro uvedené druhy užívá společný název Rape-seed. Nepochybně *B. rapa* ($2n = 20$) je starším univerzálnějším druhem, pěstovaným na euroasijském kontinentě (Sinskaja, 1928). U *B. napus* ($2n = 38$) je obecně přijata hypotéza vzniku jako přirozeného amphidiploidu druhů *B. rapa* ($2n = 20$) a *B. oleracea* ($2n = 18$) (Andersson, Ohlson, 1961). Za oblast vzniku *B. napus* se považuje západní a jihozápadní Evropa při existenci dalšího centra vzniku ve východní Evropě a u *B. rapa* ve střední Asii (Vavilov, Bukinich, 1921; Zelený, 1992).

Historické prameny o pěstování druhů rodu *Brassica* sp. v evropském prostoru

Olejnate druhy z rodu *Brassica* se velmi pravděpodobně pěstovaly v západní Evropě již ve 14. století (Mila, 1942). V bylináři (Dodonei, 1578) je údaj o pěstování *B. rapa* z roku 1470 jako ozimé plodiny a cenného krmi-va. Sklizené semeno sedláci prodávali v Gentu i jinde (Fussel, 1955). Ve starších bylinářích a botanických sděleních se obecně uvádí pěstování uvedených druhů hlavně v Belgii a v Holandsku (Bock, 1577; Matthioli, 1596) jako „Belgae oleum ex semine expressum“ (Dodonei, 1616). V 16. století pěstování těchto druhů bylo již běžné v Porýní, dále v Anglii pro krmné účely a pro olejnata semena (Fussel, 1955). Zásahu na rozšíření řepky i řepice v západní Evropě měli holandsí emigranti a znalost pěstování se postupně rozšířila do Duryňska, Saska, Šlesvicko-Holštýnska a Braniborska (Langenthal, 1847–1856). Podle četných pramenů se v Evropě nejdříve pěstovala řepice a až později řepka. V důsledku vyšší hospodářské výkonnosti vytlačila řepka řepici, která se udržela jen v drsnějších severních a východních oblastech Evropy. Tyto druhy postupně pronikaly do střední a severní Evropy. Linné (1779 – cit. Engström, 1978) uvádí jejich pěstování na nepatrné ploše ve Švédsku. Ve Francii se tyto druhy objevují pod názvem Colza a Navette, v Holandsku Raepsaet a Slore, v německých zemích jako Raps nebo Kohlreps a Rübsen, Rips či Rübenrips (Fuss, 1796; Fussel, 1955).

Pěstování řepky a řepice na území Českého království

Znalost těchto druhů se šířila ze západní Evropy na východ, a to úměrně růstu úrovně zemědělství a pravděpodobně i na základě vyšší kvality osivového materiálu, resp. krajových odrůd s vyšší výkonností a zimovzdorností. Země Koruny české měly zvláštní postavení ve střední Evropě, protože za vlády Lucemburků od roku 1316 zde byly velmi čilé kontakty s Francií, což se projevilo i v rozvoji vinohradnictví a v dalších odvětvích hospodářství. Řepkový olej měl původní název olej brabantský (kraj Brabant je dnes součástí Belgie

a Holandska). Za posledních Přemyslovců se dovážel a vyvážel mák, řepka a jiná semena. V roce 1336 vznikl v Praze jako jeden z prvních v Evropě mydlářský cech a větší počet tzv. olejníků působil ve 14. století už v Praze, Kutné Hoře, Lovosicích, v Hradci Králové i jinde (Winter, 1906). Tato řemesla zpracovávala len, konopí, mák i řepku.

Národním muzeu v Praze je rukopisná sbírka kuchyňských předpisů z 15. století, ve které se dočteme „a když štokfis dobře bude... omast máslem novým, nebo starým jestli v masopustě. Pakli by bylo v poustě tehdy dřevným nebo lampovým olejem“. Pod lampovým olejem rozumíme olej lněný, konopný, ale i řepkový. Tento údaj je zvlášť zajímavý, protože většina pramenů uvádí toho času používání řepkového oleje ke svícení. Zajímavé je pojednání Jana Brtvína z Ploskovic z roku 1540 a žateckého měšťana Mikuláše Černobýla „Správa a způsob hospodaření“ (vydal 1587 Daniel Adam z Veleslavína), kde se dočteme: „Ržepný též olej bývá velmi dobrý, když z něho kdo umí hořkost vytáhnouti.“ Tento dokument (obr. 1 a 2) je dokladem o použití řepkového oleje k jídlu zpracovaného určitým způsobem rafinace.

V instrukcích k hospodaření na českých panstvích se ukládalo poddaným tyto druhy vysévat po vysušených rybnících (Instrukce pardubického panstva, 1523) pro získání oleje ke svícení (Instrukce Frýdlantská, 1682).

od Rošic

190.

**Siná kratší sprá
wa / gednomu každému Pánu
velmi vžitečná / kterak Statet swüg
y Vředničky své řídit, spravowati
a k nim dohlédati má : Též také Vředničk
počnau od heymana, kterýž k Vředničkám
dohlédá, purgtrabé, Podpurgtrabé, Pü-
sai, Kuchmisté, Klíčnjé, Sšaffat / a tak wesse-
liyacy Vředničky, kterýž co na práci a w mo-
cy své magij / kterak se gedent každý při swém
vřadě zachowati má : A jak k takowým men-
šým vředničkám, y k lidem po Panství a k
Sycotům wyšší z powinnosti do-
hlédati magij. To wesse pořád
w této Knížce sepsáno
nagdes.**



**Sepsaná knížka od M. Mikulá-
še Černobýle měšťanina a Se-
natova města Zlatce.**

1. Titulní list „Správa a způsob hospodaření“ (Mikuláš Černobýl, 1587; knihovna Národního muzea, Praha)

**Těz také mátu domácího v ročního
ho přeroha coby do roka dosti bylo / toho s
potřebu mítí mužes. Ržepný tež oleg bý,
wá welmi dobrý / kdž z něho kdo umjí hoř,
kost wytáhnutí. Semenečný gest obyčeg-
ný / toho může doma také s potřebu býti.**

**¶ Toto slusný wědění / kdž se mnoho swi-
nij spolu chorá / že Sředěate Mty owsa,
muože se puol druhého sta wepřím wytky
míti a k tomu osmínácte wepřím / na každý
wepř počítágujc deset měřic. X nechť se pat
každý wepř dá za gednu kopu grossůw Cse-
lských, yakož se y dráze dáti může / wčinij to-
lit kop grossůw, kolit wepřím. Ale kdž se
mnoho swinij chorá, muože se na dvě stě
wepřím chowati / wssat tak, at gim owes
10 my melij, a tluč gijšti dáwagij. A ty wssedky we-
pře tak wyřtmené muožete prodati / chyba
řterých by doma k zabitič potřebij bylo.**

**¶ Wozníjcy at se w zymě chowagij seka-
ninaw / tlučij gim mastijce / a k tomu do té-
ho dne at sens čtyry wozníjty sřich owsa
dáwá / toliho kdž wygeti magij aneb kdž,
by řyti byli po wodě. Těz také na tluč, aby
gim mastěno bylo, dosti gest do téhodne
druhý sřich. Ale kdž se gými těžce dělá /
tedy**

2. „Ržepný tež olej bývá welmi dobrý, kdž z něho kdo umjí hořkost wytáhnutí“ (Mikuláš Černobýl, 1587; knihovna Národního muzea, Praha)

„A poněvadž ve dvořích žádnou louči nebo třískami svítiti bezpečno není, a svíčkami aby se spořilo, má purkrabí se o to přičiniti, aby řep květlíc dal u každého dvoru něco sítí, aneb kolniku na semeno nechati, jak z tech, tak i z jiných semen dáti volej dělati a ve dvořech dáti svítiti.“ (Kalousek, 1905, 1906). Údaj je zajímavý, protože uvádí využití dvou brukvovitých druhů, a to *B. napus* a *B. rapa*. Zemědělská literatura z přelomu 18. století v Čechách a na Moravě v jazyku českém a německém věnuje pozornost brukvovitým olejninám. Fuss (1796) již rozlišuje řepku vysévanou mezi 10. až 24. srpnem a řepici a uvádí, že tyto druhy jsou v Čechách dobře známé. Třezbitký (1800) a Krünitz (1817) rozlišují oba druhy i formy ozimé a jarní, podobně Frass (1852) rovněž popisuje oba druhy.

Prameny ze Slovenska

Ve slovenských urbárech jsme nenašli prameny o pěstování těchto druhů s výjimkou údaje ze Šarišského panství, kde v rámci inventarizace je uvedený ržepczin, který získali vyčištěním ječmene. Tento údaj je zajímavý jako jedna z cest zkulturnění plevelných druhů, které jako sekundární kulturní rostliny na základě vyšší vita-

lity a kratší vegetační doby vytlačily kulturní rostliny. Wiegand (1773) píše: „...planá nebo polná řepa z jej to semene olej se přešuje“. O řepici ve spojitosti se včelí pastvou se setkáváme v hospodářské knížce Lyczea, vydané v roce 1705 v Trnavě (později Fándly, 1792, 1802).

Řepka a řepice od trojhonného k střídavému hospodaření

V období trojhonného hospodaření se řepka a řepice pěstovaly převážně v zahradách, na mimohonech, resp. po letnění rybníků. V instrukci pána z Pernštejna pro Pardubické panství se dočteme: „Každý rok vždycky to přichází, že se někteří rybníci na tom panství se suší. Pak chci tomu, aby na těch rybnících k ruce mé bývala setá obilí jará a semene k olejuom.“ (Černý, 1930).

Rozšíření řepky bránilo trojhonné hospodaření: 1. úhor, 2. ozim, 3. jař. Ozimou řepku a řepici bylo možné vysévat jedině na úkor ozimých obilnin, jejichž produkce byla primární. Jarní řepku bylo možné pěstovat na úhorném honě, ale byla silně poškozená dřepčíkem a blýskáčkem a poskytovala minimální výnos, a poddáný, který zasel řepku na úhorném honě, si nebyl jistý, zda jeho porost nebudou spásat panské ovce nebo dobytek ostatních poddaných. V roce 1767 probíhal na Šternberském panství pokus s konzumováním řepkových pokrutin skotem. Císařská vláda se za panování Marie Terezie a Josefa II. administrativními opatřeními i osvětou snažila v Čechách, na Moravě i v Uhersku, a tím i na Slovensku rozšířit plochu pro pěstování průmyslových plodin, hlavně řepku a řepici. Olej řepkový se používal v dolech, v hutnictví, dále jako svítivo a k mazání strojů. V roce 1780 vychází návod na pěstování řepky přeložený z francouzštiny a nařízení o olejninách vychází v roce 1786, 1787 a 1790 (Archiv C. K. vlastenecko-hospodářské společnosti, Praha 1779). Císařovna se snažila v roce 1774 prosadit zásadu, aby z obdělávaného úhoru se nedodával desátek, ale uherská šlechta to rázně odmítla (Bakácz, 1946). Ovšem nebylo to jednoznačné, Kodým (1862) doporučuje setí řepky do úhoru. Velmi brzy se však klasický trojhonný postup pozvolně narušuje v oblastech s velkou hustotou obyvatelstva. V okolí Prahy v roce 1831 již neexistoval úhor. Řepka v 18. století byla již v Čechách a na Moravě známou plodinou, ale pěstovala se na malých plochách. Sedláci jí neměli v oblibě, protože vyžadovala mnoho práce, a proto raději svítili loučemi a pokrmy mastili sádlem a máslem. Výnosy byly nízké a nejisté, protože sedláci v době roboty nebyli pány svého času, a tak se jim sklizeň často nevydařila (Archiv C. K. vlastenecko-hospodářské společnosti, Praha 1779). Úspěšnější bylo pěstování na velkých panstvích v Mníšku, na Žatecku, na Klatovsku, v Polabí a jinde. Výnosy byly malé a zpeněžení špatné (Černý, 1927). Při výsevu jedné měřice se sklídilo devět až 16 měřic semene, což se rovná u řepky přibližně 42 kg. Není divu, že propagátoři pěstování řepky byli i propagátory střídavého hos-

podářství a současně i včelařství. V Čechách to byl Horský (1864), na Slovensku Fándly (1792, 1802), Lyczei (1707), Pethe (1805–1813) a další. Horský (1864) uvažuje o troj-, čtyř-, pěti- a vícehonných osevních postupech pro řepku.

Rozvoj pěstování v 19. století

V polovině 19. století souběžně se vznikem velkých měst narostla vlivem rozvoje manufaktur, železniční a lodní dopravy a moderního průmyslu spotřeba rostlinných olejů k mazání, svícení, ale i k lidské výživě. V Čechách se v roce 1870 pěstovala řepka na 10 600 ha a v roce 1890 na 18 740 ha. Na území Moravy a Slezska však pěstování řepky nedosáhlo úrovně Čech nebo Pruského Slezska. V období kolísání cen obilovin (např. v roce 1870) bylo doporučováno nahradit je průmyslovými plodinami. Řepka se pěstovala na velkých plochách na císařských panstvích v Pavlovicích a na řadě dalších šlechtických velkostatků. Ukazuje se, že pěstování řepky se stalo běžnější na velkých plochách a Hospodářská společnost moravská v roce 1843 konstatovala, že rolníci se o řepku málo starají, a proto se semeno dováží z Čech, Pruského Slezska a z Uher. Vedle řepky byly evidovány pokusy s hořčicí černou, bílou, slunečnicí, mádií setou a dalšími jarními olejninami.

Řepka se stala tzv. školskou plodinou, protože vyvolala nutnost zavedení kvalitnějších pěstitelských postupů, lepšího zpracování půdy a vhodné předplodiny. Pěstitel byl prakticky bezbranný proti živočišným škůdcům, a proto se doporučovalo pěstovat ji ve vyšších polohách. V tomto období se staly české kraje velkými vývozci řepkového semene a moravský autor d'Elvert (1866, 1870) uvádí, že Čechy dosáhly v pěstování této plodiny výjimečných výsledků a blahobyt jednotlivých krajů pochází z dob zavedení pěstování řepky.

Údaje o pěstování řepky na Slovensku bylo třeba čerpat z celouherských pramenů (Fényes, 1836, 1847). V Bratislavské župě byla lisovna v Rárboku. Na velko-
statku v Kosítoch na západním Slovensku se řepka pěst-

ovala na 10 % půdy (Fekete, 1862). Dále se pěstovala v Zemplinské, Novohradské župě, v Levoči i jinde. V období 1870 až 1879 se v Uhrách plochy oseté řepkou pohybovaly okolo 90 000 ha a pěstována byla hlavně v jižních oblastech. Její produkce ve střední Evropě byla silně ovlivněna cenou obilí: „Cena řepky spadla od měsíce srpna znamenitě.“ (Listy pro hospodáře, 1840). Velké odbytiště řepkového oleje bylo v Českých Budějovicích, v Písku a v Táboře (Horský, 1864).

Používané osivo a krajové odrůdy

V minulosti se selo osivo různého původu a proveniencí:

Řepka obyčejna – nejčastěji používaná, méně náročná na půdu, dobře přezimovala, raná sklizeň, vysoký výnos semene

Královecká – silná, málo větvičí lodyha, méně šešulí, velká semena, uspokojivá kvalita, nižší výnos

Hollandská velkosemenná řepka – náročná na půdu, horší přezimování, pozdní sklizeň

Ruská studená – kvetla později, spletené šešule, menší výdrok, dobrá sklizeň

Trpasličí řepka – pěstovala se v severním Německu, později kvetla, méně trpěla mrazy a poskytovala dobrý výnos

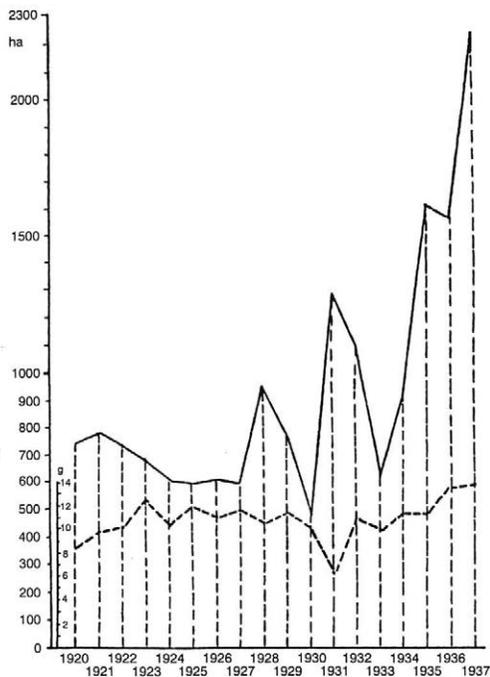
Parasolová řepka – název podle postavení listů, tvořila převislou růžici, šešule směřující svisle dolů, odolná proti mrazu, pozdní

Dále byla ještě známá řepka Holštýnská, Saská a Banaňská (Mandekič, 1915). První šlechtěné odrůdy byly dováženy z Německa, např. odrůda Lembkeho, Janetzkeho a další. Chmelář, Šimon (1934) provedli pokusy s novými odrůdami řepky a řepice a použili českou krajovou odrůdu od Kolína, moravskou z Kožichovic u Třebíče (později odrůda Třebíčská), slovenskou od Bratislavy (Esterházy), šlechtěné odrůdy Lembkeho a Janetzkeho z Německa, Mansholtovu z Holandska a Banaňskou řepici. Počátky českého šlechtění řepky byly zaznamenány ve 30. letech před 2. světovou válkou.



3. Vývoj osevních ploch a průměrných výnosů v Čechách a na Moravě v období 1874 až 1937 (VŮZE)

— osevní plocha
--- průměrná úroda



4. Vývoj osevních ploch a průměrných výnosů na Slovensku v období 1920 až 1937 (VÚZE)

— osevní plocha
 --- průměrná úroda

Doba úpadku pěstování a obnova ke konci 20. století

S rozvojem pěstování cukrové řepy, dovozem olejnin z koloniálních zemí, dovozem minerálních olejů, resp. přechodem na svícení petrolejem a později svítiplynem pěstování řepky upadalo. K poklesu pěstování řepky a ostatních olejnin (nejnižšího stavu) bylo dosaženo v roce 1933, kdy bylo řepkou a řepicí oseto pouze 298 ha. Statistické údaje o rozsahu jejich pěstování od roku 1831 s přerušením do roku 1960 uvádějí Fábry, Hannich (1964). Situaci v Čechách a na Moravě v období 1874 až 1937 ilustruje obr. 3 a na Slovensku v letech 1920 až 1937 obr. 4. V období 1895 až 1916 se hektarové výnosy v českých krajích pohybovaly nad 1,0 t/ha. Nejvyšší celostátní výnos v českých krajích v roce 1938 byl 1,7 t/ha a v celé bývalé ČSR 1,58 t/ha. V roce 1935 začíná mírný nárůst ploch řepky v Čechách, na Moravě i na Slovensku na ca 2000 ha. V roce 1934 proběhla anketa ČZA s cílem zvýšit produkci olejnin a dosáhnout soběstačnosti. Návrh představoval 60 000 ha na krytí potřeby olejnin mírného pásma a v případě náhrady olejnin z tropů a subtropů bylo možno počítat s nárůstem na 250 000 ha (Chmelař a kol., 1935). Navrhovaná orientace na olejninu měla řešit nadprodukcii obilovin přibližně v rozsahu 300 000 ha a problémy s odbytem

cukru. Uvedené představy se nespělnily pro nízké výkupní ceny vlivem konkurence živočišných tuků. Představa citovaných autorů se naplnila až v roce 1999, kdy bylo řepkou oseto v ČR 350 000 ha, na Slovensku 110 000 ha a obě země se staly vývozci řepky.

LITERATURA

- Anonym (15. stol.): Dogma o krmech. Rukopisná sbírka Národního muzea v Praze.
- Andersson, Ohlsson (1961): Handb. Pfl.-Zücht.
- Archiv C. K. vlastenecko-hospodářské společnosti (1779). Praha. F 1-16.
- Bakács S. (1946): Az ugarföld megművelése és a magyar kormányhatóságok, Level Közl., 24: 280-289.
- Bock Hieronymus (1577): Kräuterbuch. Strassburg.
- D'Elvert Ch. (1866): Cult. Gesch. Mähr. u. Oest. Schles. Brno.
- D'Elvert Ch. (1870): Gesch. K. K. Mähr. Schles. Gesell. Beförder. Ackerb. Natur u. Landeskdte, Brno.
- Dodonei R. (1616, 1578): Stirpium historiae Antwerpen.
- Černý V. (1927): Pěstování řepky olejky v Čechách v XVIII. stol. Venkov.
- Černý V. (1930): Hospodářské instrukce. Praha.
- Engström A. (1978): Proc. GCIRC Malmö.
- Fábry A. (1957): Olejninu. Bratislava.
- Fábry A., Hannich K. (1964): Agriculture. Praha.
- Fándly J. (1792): Pilní domajši a polní hospodár. Trnava.
- Fándly J. (1802): O úhoroch ai včelách rozmlúvaní. Trnava.
- Fekete F. (1862): Kossuthi gazdaság pozsonyi vámegeyében. Budapest.
- Frass (1852): Gesch. Landwirtsch. Praha.
- Fuss F. (1796): Beitr. Verbess. Landwirtsch. Königreich Böhme II.
- Fussel G. E. (1955): History of cole (*Brassica* sp.). Nature, 176: 48-51.
- Horský F. X. (1864): Polní kázání v Rokycanech.
- Chmelař F., Šimon J. (1934): Výsledky pokusů s novými odrůdami ozimé řepky a řepice v roce 1933/1934. Věst. ČAZ, X: 737-744.
- Chmelař F., Hruška J., Šimon J. (1935): Souhrn výsledků odborné ankety o zvýšení produkce a využití domácích olejnin. Věst. ČAZ, XI: 27-33.
- Kalousek F. (1905): Archiv český XXII.
- Kalousek F. (1906): Archiv český XXIII.
- Kodym F. S. (1862): Hospodářská kniha. Praha.
- Krüntz J. G. (1817): Encyklopädie, sv. 104. Brno.
- Langenthal Ch. E. (1847-1856): Gesch. Teutsch. Landwirtsch. Stuttgart, Berlin.
- Lyczei J. (1707): Iter oeconomicum. Trnava.
- Mandekič V. (1915): Beiträge zum Kultur Züchtung und des Rapses. Mitt. Landwirtsch. Inst. Breslau.
- Matthioli P. (1596): Herbář, jinak bylinář velmi užitečný. Praha.
- Metzger J. (1833): Landwirtsch. Pfl.-Kde Heidelberg.
- Mila L. (1942): Les cultures oléagineuses. Paris.
- Pethe F. (1805-1813): Pallérozot mezi gazda. Bratislava, Sopron.

- Sinskaja E. N. (1928): The oleiferous plants and root crops of the family *Cruciferae*. Bull. Apl. Bot. Gen. Pl. Breed. Leningrad, XIX (3).
- Třžebický F. X. (1800): Abhandlungen d. könig. patr. Ges. Königreich Böhmen.
- Vavilov N. J. (1926): Centr proischoždenija kulturnych rastěnij. Moskva, Leningrad.
- Vavilov N. N., Bukinich D. D. (1921): Zemledělskij Afganistan. Leningrad.
- Wiegand J. (1773): Hospodářská ruční knížka. Bratislava.
- Winter Z. (1906): Dějiny řemesel a obchodu v Čechách ve XIV. a XV. století.
- Zelený V. (1992) In: Hejný S., Slavík B. (eds.): Květena České republiky 3. Praha.

Došlo 20. 5. 1999

Kontaktní adresa:

Prof. Ing. Andrej Fábry, DrSc., Česká zemědělská univerzita v Praze, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika, tel.: +420 2 24 38 25 44, fax: +420 2 24 38 25 35

POKYNY PRO AUTORY

Časopis uveřejňuje původní vědecké práce, krátká sdělení a výběrově i přehledné referáty, tzn. práce, jejichž podkladem je studium literatury a které shrnují nejnovější poznatky v dané oblasti. Práce jsou uveřejňovány v češtině, slovenštině nebo angličtině. Rukopisy musí být doloženy krátkým a rozšířeným souhrnem (včetně klíčových slov).

Autor je plně odpovědný za původnost práce a za její věcnou i formální správnost. K práci musí být přiloženo prohlášení autora o tom, že práce nebyla publikována jinde.

O uveřejnění práce rozhoduje redakční rada časopisu, a to se zřetelem k lektorským posudkům, vědeckému významu a přínosu a kvalitě práce.

Rozsah vědeckých prací nesmí přesáhnout 12 strojopisných stran včetně tabulek, obrázků a grafů. V práci je nutné použít jednotky odpovídající soustavě měrových jednotek SI (ČSN 01 1300).

Vlastní úprava rukopisu: formát A4, 30 řádek na stránku, 60 úhozů na řádku, mezi řádky dvojité mezery. K rukopisu je třeba přiložit disketu s prací pořízenou na PC a s grafickou dokumentací. Tabulky, grafy a fotografie se dodávají zvlášť, nepodlepují se. Na všechny přílohy musí být odkazy v textu.

Pokud autor používá v práci zkratk jakéhokoliv druhu, je nutné, aby byly alespoň jednou vysvětleny (vypsány), aby se předešlo omylům. V názvu práce a v souhrnu je vhodné zkratku nepoužívat.

Název práce (titul) nemá přesáhnout 85 úhozů. Jsou vyloučeny podtitulky slánek.

Krátký souhrn (Abstrakt) je informačním výběrem obsahu a závěru článku, nikoliv však jeho pouhým popisem. Musí vyjádřit všechno podstatné, co je obsaženo ve vědecké práci, a má obsahovat základní číselné údaje včetně statistických hodnot. Musí obsahovat klíčová slova. Nemá překročit rozsah 170 slov. Je třeba, aby byl napsán celými větami, nikoliv heslovitě. Je uveřejňován a měl by být dodán ve stejném jazyce jako vědecká práce.

Rozšířený souhrn (Abstract) je uveřejňován v angličtině, měly by v něm být v rozsahu cca 1–2 strojopisných stran komentovány výsledky práce a uvedeny odkazy na tabulky a obrázky, popř. na nejdůležitější literární citace. Je vhodné jej (včetně názvu práce a klíčových slov) dodat v angličtině, popř. v češtině či slovenštině jako podklad pro překlad do angličtiny.

Úvod má obsahovat hlavní důvody, proč byla práce realizována, a velmi stručnou formou má být popsán stav studované otázky.

Literární přehled má být krátký, je třeba uvádět pouze citace mající úzký vztah k problému.

Metoda se popisuje pouze tehdy, je-li původní, jinak postačuje citovat autora metody a uvádět jen případné odchylky. Ve stejné kapitole se popisuje také pokusný materiál.

Výsledky – při jejich popisu se k vyjádření kvantitativních hodnot dává přednost grafům před tabulkami. V tabulkách je třeba shrnout statistické hodnocení naměřených hodnot. Tato část by neměla obsahovat teoretické závěry ani dedukce, ale pouze faktické nálezy.

Diskuse obsahuje zhodnocení práce, diskutuje se o možných nedostatcích a práce se konfrontuje s výsledky dříve publikovanými (požaduje se citovat jen ty autory, jejichž práce mají k publikované práci bližší vztah). Je přípustné spojení v jednu kapitolu spolu s výsledky.

Literatura by měla sestávat hlavně z lektorovaných periodik. Citace se řadí abecedně podle jména prvních autorů. Odkazy na literaturu v textu uvádějí jméno autora a rok vydání. Do seznamu se zařadí jen práce citované v textu. Na práce v seznamu literatury musí být odkaz v textu.

Na zvláštním listě uvádí autor plné jméno (i spoluautorů), akademické, vědecké a pedagogické tituly a podrobnou adresu pracoviště s PSČ, číslo telefonu a faxu, popř. e-mail.

Rukopis nebude redakcí přijat k evidenci, nebude-li po formální stránce odpovídat pokynům pro autory.

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

Original scientific papers, short communications, and selectively reviews, that means papers based on the study of technical literature and reviewing recent knowledge in the given field, are published in this journal. Published papers are in Czech, Slovak or English. Each manuscript must contain a short and a longer summary (including key words).

The author is fully responsible for the originality of his paper, for its subject and formal correctness. The author shall make a written declaration that his paper has not been published in any other information source.

The board of editors of this journal will decide on paper publication, with respect to expert opinions, scientific importance, contribution and quality of the paper.

The paper extent shall not exceed 12 typescript pages, including tables, figures and graphs.

Manuscript layout: quarto, 30 lines per page, 60 strokes per line, double-spaced typescript. A PC diskette should be provided with the paper and graphical documentation. Tables, figures and photos shall be enclosed separately. The text must contain references to all these annexes.

If any abbreviation is used in the paper, it is necessary to mention its full form at least once to avoid misunderstanding. The abbreviations should not be used in the title of the paper nor in the summary.

The **title** of the paper shall not exceed 85 strokes. Subtitles of the papers are not allowed either.

Abstract is an information selection of the subject and conclusions of the paper, it is not a mere description of the paper. It must present all substantial information contained in the paper. It shall not exceed 170 words. It shall be written in full sentences, not in form of keynotes, and comprise basic numerical data including statistical data. It must contain key words. It should be submitted in English and if possible also in Czech or Slovak.

Introduction has to present the main reasons why the study was conducted, and the circumstances of the studied problems should be described in a very brief form.

Review of literature should be a short section, containing only literary citations with close relation to the treated problem.

Only original method shall be described, in other cases it is sufficient enough to cite the author of the used method and to mention modifications of this method. This section shall also contain a description of experimental material.

In the section **Results** figures and graphs should be used rather than tables for presentation of quantitative values. A statistical analysis of recorded values should be summarized in tables. This section should not contain either theoretical conclusions or deductions, but only factual data should be presented here.

Discussion contains an evaluation of the study, potential shortcomings are discussed, and the results of the study are confronted with previously published results (only those authors whose studies are in closer relation with the published paper should be cited). The sections Results and Discussion may be presented as one section only.

The section **References** should preferably contain reviewed periodicals. The citations are arranged alphabetically according to the surname of the first author. References in the text to these citations comprise the author's name and year of publication. Only the papers cited in the text of the study shall be included in the list of references. All citations shall be referred to in the text of the paper.

The author shall give his full name (and the names of other collaborators), academic, scientific and pedagogic titles, full address of his workplace and postal code, telephone and fax number or e-mail.

The manuscript will not be accepted to be filed by the editorial office if its formal layout does not comply with the instructions for authors.

OBSAH – CONTENTS

Balík J., Tlustoš P., Száková J., Kaewrahn S., Hanč A.: Vliv přidavku bentonitu k čistírenským kalům a podmínek jejich inkubace na sorpci kadmia v půdách The effect of bentonite addition into sewage sludge and conditions of its incubation on the cadmium sorption in soils	1
Tlustoš P., Balík J., Pavlíková D., Száková J., Kaewrahn S.: The accumulation of potentially toxic elements in spinach biomass grown on nine soils treated with sewage sludge Hromadění rizikových prvků ve špenátu pěstovaném na devíti zeminách s přidavkem čistírenského kalu.....	9
Hlušek J., Zrůst J., Jůzl M.: Nitrate concentration in tubers of early potatoes Koncentrace nitrátů v hlízách raných brambor.....	17
Hamouz K., Vokál B., Lachman J., Čepl J.: Influence of environmental conditions and way of cultivation on the reducing sugar content in potato tubers Vliv podmínek prostředí a způsobu pěstování na obsah redukcujících cukrů v hlízách brambor	23
Matula J., Sychová M., Drmotová A.: Vliv dusíkatých hnojiv na zásobu labilních forem síry a dusíku v půdě The effect of nitrogen fertilizers on pool of labile forms of sulphur and nitrogen in soil	29
Kužel S., Kolář L., Ledvína R.: Vliv síranových a chloridových draselných hnojiv na eluci vápníku z půdy The effect of sulfate and chloride potassium fertilizers on elution of calcium from soil.....	37
INFORMACE – STUDIE – SDĚLENÍ – INFORMATION – STUDY – REPORT	
Fábry A.: Historie pěstování řepky (<i>Brassica napus</i> subsp. <i>napus</i>) a řepice (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>oleifera</i>) na území ČR a SR History of cultivation of oilseed rape (<i>Brassica napus</i> subsp. <i>napus</i>) and turnip rape (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>oleifera</i>) in the territory of the Czech and Slovak Republics	43
Z VĚDECKÉHO ŽIVOTA – FROM THE SPHERE OF SCIENCE	
Hosnedl V.: Prof. Ing. Jiří Petr, DrSc., čestným doktorem agronomie Švédské zemědělské univerzity v Uppsale.....	8