

VĚDECKÝ ČASOPIS



ROSTLINNÁ VÝROBA

**CIZORODÉ LÁTKY
V ROSTLINNÉ VÝROBĚ**

4

ROČNÍK 36 (LXIII)
PRAHA
DUBEN 1990
CENA 22 Kčs
ROYAM 36 (4)
337—448
CS ISSN 0370-663X

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÁ
ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ
PRO ZEMĚDĚLSTVÍ

Řídí redakční rada: Prof. ing. Václav Fric, CSc. (předseda), ing. Jiří Apltaufer, CSc., ing. Jan Baier, DrSc., ing. Ivo Bareš, DrSc., dr. ing. Zbyněk Facek, CSc., ing. Rudolf Findejs, CSc., ing. Jozef Habovštiak, CSc., ing. Josef Hlaváček, CSc., prof. ing. František Hron, DrSc., doc. ing. Jozef Húska, CSc., ing. Pavel Jamříška, CSc., ing. Josef Kopřiva, CSc., prof. ing. Jaroslav Krejčíř, DrSc., ing. František Mráz, CSc., doc. RNDr. Jan Novák, CSc., prof. ing. Stanislav Procházka, DrSc., doc. ing. Jaroslav Prugar, DrSc., prof. ing. Václav Rybáček, CSc., ing. Josef Slepíčka, CSc., ing. Miron Šuškevič, CSc., RNDr. Vladimír Škrdleta, CSc., prof. ing. Ján Švihra, DrSc., doc. ing. Josef Vondrys, CSc., ing. Jaroslav Voškeruša, CSc., doc. ing. František Vrkoč, DrSc., ing. Ludmila Zenišečeva, DrSc.

Vedoucí redaktorka RNDr. Eva Stříbrná

OBSAH — Cizorodé látky v rostlinné výrobě

Facek Z.: Vstupy cizorodých látek do životního prostředí	337
Hajšlová J., Jehličková Z., Davídek J.: Dynamika reziduí aryloxy-fenoxypropionátů v ošetřených plodinách	345
Míča B., Vokál B.: Změny v obsahu celkového a dusičnanového dusíku u různých odrůd brambor a hnojení	355
Petříková V.: Výskyt imisí v ovzduší a obsah těžkých kovů v zemědělských plodinách	357
Adamec V., Sánka M.: Podíl atmosférické depozice na kontaminaci rostlinné produkce těžkými kovy	379
Uhnák J., Rippel A.: Obsah kovů v zelenině pěstované v okolí závodu na výrobu niklu	387
Kulich J.: Fytotoxický vliv arzenu v synergické soustavě so sírou	395
Zvára P., Jarošík J., Strnad V.: Vliv umělého kyselého deště na tvorbu biomasy jarní pšenice a změny v půdním chemismu	407
Strnad V., Zolotareva B. N., Lisovskij A. J.: Vliv obsahu olova, kadmia a mědi v půdě na jejich kumulaci a výnos zemědělských plodin	411
Mondspiegel K.: Akumulace kadmia v bobu koňském (<i>Vicia faba</i> L.) a jeho vliv na biomasu a vzrůst rostlin	419
Beneš S., Benešová J.: Geochemie půd vzniklých na sprašových pokryvech	425
Prax A., Havlíčková B., Hlušek J.: Rybníční sediment jako indikátor kvality půdního pokryvu povodí	435

INFORMACE

Nedoma J.: Poznámky ke stanovení dusičnanů v krmivech a čerstvé zelenině iontově selektivní elektrodou	441
Cibulka J.: Nabídka využívání informační databáze	445

СОДЕРЖАНИЕ — Чужеродные вещества в растениеводстве

Фацек З.: Вводы чужеродных веществ в жизненную среду	343
Гайшлова Я., Егличкова З., Давидек Й.: Динамика остаточных арилокси-феноксипропионатов в обработанных культурах	353
Мица Б., Вокал Б.: Изменения в содержании всего и нитратного азота в разных сортах картофеля под влиянием удобрения	365
Петржикова В.: Промышленные выбросы в атмосфере и уровень тяжелых металлов в полевых культурах	378
Адамец В., Санька М.: Участие атмосферной депозиции в загрязнении растительной продукции тяжелыми металлами	384
Угнак Я., Риппел А.: Содержание металлов в овощах, возделываемых вблизи никельного завода	393
Кулих Й.: Фитотоксическое влияние мышьяка в синергической системе с серой	404

V únoru 1988 byl v předsednictvu ČSAZ projednán elaborát *Analýza vlivu průmyslových emisí a imisí na kvalitu potravin v celém jejich výrobním řetězci a návrh opatření k zvýšení účinnosti sankcí vůči původcům znečištění* (Facek a kol.). Účelem bylo podání průřezu celou problematikou, charakterizující současnou situaci v kvalitě rostlinných a živočišných produktů ze zdravotního hlediska v krajích ČSR a v průměru republik s ohledem na vliv znečištění ovzduší. Z návrhů opatření, připomínek předsednictva ČSAZ a oponentů vzešel požadavek soustředit pozornost na současně nejnebezpečnější kontaminanty, a to kadmium, rtuť, olovo, arzén a z organických polutantů na polychlorované bifenylly, a tím také navázat na oblast pesticidů, která zatím byla opomíjena, neboť dovoluje blíže poznat mechanismus a procesy fyzikálně-chemické a biologické sorpce a transformace látek. Jde o poznání cest, kterými tyto cizorodé látky (CL) pronikají do potravního řetězce (PR). Hlavní otázkou přitom je, co přechází do rostlin z půdy a jaký podíl CL kontaminuje rostliny přímo z atmosféry.

Zdroje cizorodých látek

Jedním z hlavních zdrojů znečištění životního prostředí (ŽP) jsou spalovací procesy. Srovnáme-li např. u 41 elektráren, tepláren a vytopen v ČSR kvalitu spalovaného uhlí, kolísá v něm obsah síry od 0,27 do 2,21 %, přičemž při spalování se v popílku vzestup prokazatelně neprojevuje, to znamená, že se výrazně zvyšuje únik SO_2 do ovzduší. Porovnáme-li obsah některých prvků v popílcích, potom např. arzén stoupá dosti významně se sírou v uhlí, zatím co berylium pouze kopíruje rozptyl arzénu. Naopak obsah chromu v popílku má odlišné kolísání od arzénu s podstatně nižšími hodnotami. Teritoriálně jsme zaznamenali nejhorší kvalitu spalovaného uhlí v některých provozech v Jihomoravském, Východočeském, Severomoravském, Západočeském a Jihočeském kraji, čímž mohou vznikat jisté anomálie ve stupni kontaminace prostředí a produktů, i když v globálním měřítku se dominantně uplatňuje počet a kapacita energetických výroben i s nižšími hodnotami síry v uhlí a další lokální provozy v kraji i mimo něj. Tento stav zapříčiňuje, že dosud vymezené zóny zatížení exhaláty (koncentrace SO_2 v $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) zcela neodpovídají stupni kontaminace půdy a potravin CL. Šetření ze Severočeské hnědouhelné pánve a Ostravsko-Frydecko-Místecké aglomerace neprokázala v jednotlivých zónách SO_2 (dosud vymezených) ani zvýšení obsahu síry v půdách a rostlinách, resp. snížení pH, i když v průměru celých oblastí se projevuje současný stav zatížení s jeho genezí, tj. vysoký obsah síry a nízký kadmia v SHP a obrácený poměr v Severomoravské aglomeraci, a to jak v půdě, tak v rostlinách.

Z výše uvedeného vyplývá, že je nutný nejen soustavný monitoring SO_2 a dalších plyných oxidů, ale také množství a kvalita spadů a tuhých aerosolů, a to nejen v ovzduší, ale také v půdě a rostlinách, v návaznosti na systematické sledování CL kontrolními organizacemi v rámci Programu prevence před CL v půdě, krmivech a poživatinách.

Zatímco monitoring ovzduší je v rámci MLVH a DP (lesní ekosystémy), MZd přes hygienické služby (v intravilánech), HMÚ (napojení na mezinárodní síť EMEP) na velmi dobré úrovni, je měření síř v zemědělské krajině nesourodá a na různém stupni podle lokální závažnosti. Monitoring větších území nemáme a testuje se jen řada modelových území. Měří se převážně jen kvantita mokré a suché depozice na obsah SO_2 a NO_x .

Pro získání základního přehledu o regionálním znečištění ovzduší uvádíme průměrné hodnoty z území ČSR za období 1985 až 1987 (Petrůjová):

oxid siřičitý	15 — 22 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$;
sulfáty	10 — 22 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$;
polévatý prach	30 — 50 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.

Na území ČSR je možno pozorovat sestupný gradient koncentrace od západu k východu a od severu k jihu. Nejnížší regionální koncentrace byly naměřeny v jižních Čechách v oblasti Šumavy. Znečištění ovzduší na stanovišti Svratouch, Košetice které v síti EMEP (tzv. Background) reprezentuje území ČSR, dosáhlo za období

1986 až 1987 (Petrůjová, Kubizňáková) těchto průměrných hodnot (v ng . m⁻³):

Cd	1,7	Cr	70	Co	0,6	Mn	12 — 20
Pb	40	Zn	150	Be	0,1	Fe	150 — 280
Hg	0,8	Cu	25	Se	2,3	Na	340
As	17	Ni	5 — 10	Sb	2,3	Ca	300 — 500

V exponovaných oblastech jsou tyto koncentrace pět- až desetkrát větší. Celková depozice na území ČSR dosáhla pro sulfáty hodnot 40 až 70 kg a pro nitráty 20 až 40 kg na 1 ha za rok, což významně překračuje doporučené zátěže pro krajinu. Průměrná kyselost srážek na území ČSR dosahovala pH 4,2 až 4,4, což představuje nejvyšší průměrnou kyselost srážek v Evropě.

Pomocí směrové analýzy přísunu znečišťujících látek z různých směrů větru bylo prokázáno významné ovlivnění pohraničních hor ze západního a severozápadního směru.

Vstupy cizorodých látek do životního prostředí

Dosud jsou považovány za primární zdroje toxických elementů spalovací procesy (vlastní i získané dálkovým transportem). Znečištění z řady průmyslových technologií (hutnictví, slévárenství, úprava rud) působí komplikace na lokální úrovni a lze je odstranit modernější bezodpadovou technologií. V této souvislosti nelze opomenout také vstup CL do PR ze zemědělské velkovýroby. Agrocentry jsou mladé, nezralé ekosystémy s otevřenými cykly, fungující jen za přítomnosti dodatkových energií.

V současnosti je dostupná velká řada publikací i monografií, které se zabývají CL a jejich vstupy do ŽP. Transport, přeměna a kumulace probíhají v jednotlivých kompartmentech ŽP podle platných fyzikálně-chemických zákonitostí a pro jejich první odhady v chování se využívá znalostí získaných ve vodním médiu, kde pro řadu složenin jsou známy běžné charakteristiky. Avšak jednotlivé kompartmenty ŽP jsou značně různorodé, heterogenní systémy (mnohdy i dosud nepoznané). Z toho důvodu se daří proniknout do některých probíhajících procesů jen za simulovaných podmínek (v izolovaných modelových systémech — mikrokosmech), a proto se zatím nedaří zjištěné jednotlivé závislosti potvrdit u mezokosmů a makrokosmů. Mnohem obtížnější je potom po analýze jednotlivých jevů přistoupit k jejich syntéze. Řada principiálních odhalení čeká ještě na své objevitele, je to např. teorie přechodu toxických elementů (TE) přes biologické membrány a její mechanismus. Z ekotoxikologického hlediska lze tento komplexní problém chápat jako řetěz stresů a zátěží s mnoha synergickými i antagonistickými účinky, jako je znečištění ovzduší, klimatické stresy, okyselování prostředí, toky dodatkové energie. Stres vyvolaný těžkými kovy v agrobiocenózách z atmosférické depozice a okyselování prostředí vede ke zvýšené mobilitě prvků a současně dochází ke zrychlování přirozených geochemických cyklů (Kubizňáková). Např. Sabbionby a kol. (1984) odhadují, že spady TE v okolí tepelných elektráren významně zasáhnou do přirozených biogeochemických cyklů teprve za 20 až 40 let provozu. Neuvažoval však synergismus s kyselými dešti a další antropogenní činností. Existují hypotézy, že rostoucí land-use mobilizuje toky prvků krajinou (kácení, spásání a následná eroze).

Přípustné meze cizorodých látek v médiích

V současnosti je prováděna revize a doplnění ČSN platné pro znečišťovatele vod a ovzduší CL. Doposud u nás pro řadu prvků tyto normy ani neexistují (např. MIK — maximální imisní koncentrace pro volné ovzduší pro beryllium, vanad, talium). U půd jsou tyto normy v návrhu a o řadě prvků se diskutuje, neboť existuje mnoho nejasností. Nutno také vyjít ze znalostí litologie matečných hornin, využít geochemické mapy povrchových vod, které svědčí o mobilitě těchto prvků do ŽP přirozenými procesy zvětrávání. Půda vystupuje jako hlavní zdroj pro všechny potravní řetězce (v čele s primárními producenty). Geneze půd je velmi složitý proces, takže půdu lze chápat jako neobnovitelný a nenahraditelný článek, který je bohužel posledním při likvidaci různorodých odpadů. Je snahou získat výsledky takových pozorování, které dovolí stanovit nejvyšší přípustné biologické koncentrace na všech úrovních trofických řetězců, a z toho zpětně odvodit NPK pro různá prostředí (vzduch-vodu-půdu).

Požadavky na zdravotní nezávadnost požívatín a potravinových surovin jsou ve větším či menším rozsahu stanoveny ve všech zemích. Vycházejí ze základních podkladů vydávaných Světovou zdravotnickou organizací a Organizací pro výživu a zemědělství, dále z materiálů, které jsou připravovány v komisích expertů Codex alimentarius nebo RVHP. Pro většinu závažných toxických látek jsou stanoveny tzv. přijatelné denní dávky, tj. množství látky, které možno denně v průměru přijímat po celý život, aniž by došlo k poškození zdraví. Hodnoty jsou obvykle udávány v mg na 1 kg hmotnosti organismu. Tyto hodnoty vycházejí z krátkodobých pokusů na různých zvířatech a taková množství látky, která nevyvolávají u pokusných zvířat žádné změny zdravotního stavu, jsou pak se sto- až tisícinásobným bezpečnostním koeficientem vyhlášeny jako výše uvedené přijatelné denní dávky (ADI — acceptable daily intake). Průměrné denní množství jednotlivých CL na základě jejich obsahu v jednotlivých potravinách podle laboratorního stanovení a na základě průměrné spotřeby jednotlivých potravin je možno pak s výše uvedenou hodnotou ADI srovnávat.

Z takového srovnání u nás vyplývá, že hodnoty blízké se k vyčerpání přijatelné denní dávky (tj. více než 80 % této hodnoty) máme u kadmia, olova, dusičnanů a polychlorovaných bifenylů (Turek).

Nejzávažnější z kontaminantů anorganické povahy

Kadmium

Ohledně kadmia, jeho vstupu do kontaminaci biosféry byla zpracována samostatná studie (Fáček a kol., 1987), a proto poukazujeme jen na některé současné poznaté skutečnosti.

Literární prameny uvádějí, že za posledních 150 let se zvýšil jeho obsah v půdách o 27 až 55 %. V půdách ČSR se kromě zdrojů (okolí železáren, oceláren a továren na zpracování zinku) pohybuje jeho množství od 0,2 do 1,5 mg na 1 kg půdy. V elektrárenském popílku je koncentrace kadmia tisíckrát vyšší než rtuti (Kováčič).

Kadmium je převážně rostlinami přijímáno z půdy. V silně zatížené oblasti příbramska činil příjem z půdy u kukuřice a ječmene až 90 % (Fáček a kol., 1988). Příjem je vedle druhu i odrůdy také ovlivňován obsahem kadmia v půdě a atmosférické depozici. Kadmium se dostává i do generativních orgánů, ale např. u kukuřice činí jeho obsah v zrna méně než 20 % obsahu v ostatních orgánech. Obilniny také vykazují vyšší nahromadění kadmia ve slámě než zrna. Ječmen se jeví k příjmu kadmia dosti tolerantní, avšak i při vysokých koncentracích v půdě nedošlo z zrna k větší akumulaci (Kulich, 1989).

Průmyslovými hnojivy se v přepočtu na celý ZPF dostává ročně 3,6 až 4,2 g . ha⁻¹ a z atmosférické depozice činní obohacování půdy kadmiem více než dvojnásobek z hnojiv.

Jelikož u pšeničné mouky jsou nezdědky překračovány stanovené limity a lokálně i u některých dalších plodin, což nasvědčuje bodovému znečištění (zemědělsky využitelné odpady), bude nutno provést revizi norem (půdy, komposty). Celosvětový trend tomu také nasvědčuje.

Je třeba dokumentovat, že v Nizozemsku připravovaný limit pro zrna obilnin 0,15 mg . kg⁻¹ nebude činit obtíže v produkci ječmene a žita, u pšenice je tomu však naopak. Francie, Belgie, Anglie a USA vykazují i u této plodiny velmi příznivé výsledky (0,026 až 0,111 mg . kg⁻¹).

V této souvislosti je třeba poznamenat, že vstupy do potravin možno očekávat z pokadmiovaných nástrojů a zařízení, zinkových pigmentů a úletů.

Rtut

Kontaminace PR rtutí je též závažná, i když se uplatňují více problémy lokální než plošné. Základní zdroje kontaminace prostředí sloučeninami rtuti jsou emise z energetických a průmyslových zdrojů, [v Evropě se rtuť vyrábí ve Španělsku, Irsku, Jugoslávii, u nás v ŽB Rudňany — cca 160 t za rok (Kováčič)], průmyslové odpady, odpadní vody a zejména pak výroba a zacházení s rtuťovými prostředky na moření osiva (Agronal — fenymerkuriichlorid). Nutno upozornit, že organické sloučeniny rtuti jsou mnohem toxičtější. Vznik organických sloučenin, zejména metylrtuti je vázán především na biologické procesy ve vodě a sedimentech, kde je čin-

nosti mikroorganismů i vyšších skupin převáděna anorganická forma rtuti na organickou (Turek).

Pokusy v různě zatížených oblastech s obsahem rtuti v půdě od 0 do 7 mg. kg⁻¹ vykazovaly (Siegel et al., 1987) u trav koncentrační faktory (obsah Hg v rostlině/v půdě) od 0 do 7. Při obsahu 0,02 mg v půdě byly faktory velmi vysoké (4 až 7). Z toho vyplývá, že příjem do rostlin se děje u minerální formy rtuti téměř výhradně z atmosféry.

Z pokusů a sledování v okolí Slovnaftu, Bratislavy, Dunajské Stredy (typická zemědělská oblast) a Bezovce (podhorská relativně čistá oblast), a to obsahu rtuti v prašném spadu, vodě, půdě, rostlinách a potravinách (Uhnák, Palušová), vyplývá, že obsah rtuti v těchto médiích je v mediánových hodnotách v rámci platných norem v ČSSR a v rozpětí minimálních a maximálních obsahů je v souladu se zjištěnými hladinami v jiných průmyslově vyspělých zemích.

Velmi nepříznivá situace je v okolí ŽB Rudňany kde jsou mnohonásobně překračovány maximální přípustné hygienické normy ovzduší (Kovačič), což dokumentuje vysoký obsah rtuti v půdě (0,8 až 23,5 mg. kg⁻¹).

Podobně v okrese Ústí nad Orlicí závod Tesla Králupy imituje denně cca 300 g rtuti. V okolí jsou kontaminovány půdy (0,1 až 5 mg na 1 kg půdy), rostliny (cca 0,4 mg na 1 kg sušiny) a vody — sedimenty Kralického potoka (Damaška).

Olovo

Olovo je také významným toxickým prvkem jak v účincích na lidský organismus, tak z hlediska jeho rozšíření. Kontaminace prostředí je dána jeho využitím v průmyslové výrobě — hutnictví, slévárenství, při výrobě baterií, broků, barviv, kabelů aj. Vystupuje také jako výrazný kontaminant při balení konzervovaných potravin do plechu, v glazurách užitné keramiky aj. Při rozvoji dopravy se značně rozšířilo použití olova ve formě tetraethylolova jako antidetonací přísady do benzínu. Významným zdrojem olova jsou emise při spalování tuhých paliv. V popílku se nachází kolem 42 mg. kg⁻¹ a v úletech z oceláren až přes 2000 mg. kg⁻¹. Také se uvádí, že spálením 1 t PVC se uvolňuje 15 kg olova. Toto množství není zanedbatelné, neboť v odpadu je průměrně 8 % umělých hmot a spalovna při ročním spálení 100 tis. t odpadu vyprodukuje 10 až 100 t olova (Kovačič).

Olovo má za poslední období u nás největší nárůst v biosféře. V půdách je možno počítat s průměrnou hodnotou 40 mg. kg⁻¹ (Turek). Kontaminaci půdy olovem představují též průmyslová hnojiva (200 až 250 mg v 1 kg půdy), kaly a znečištěné závlahové vody.

Obdobné pokusy jako s kadmii v zatížené oblasti Příbramska ukázaly, že olovo je u kukuřice a ovsu přijímáno větší měrou z atmosféry (okolo 60 %). Harrison, Johnson (1987) uvádějí, že průnik z atmosféry je různý podle druhů rostlin. Např. u luskovin neproniká v povrchu do jiných orgánů, zatímco u salátu se dostává i do těch, které nejsou vystaveny spadu. Uvedený koncentrační faktor 0,001 až 0,2 znamená, že příjem rostlinou z půdy je velmi nízký. Také radioizotop ²¹⁰Pb není prakticky rostlinou z půdy přijímán.

Olovo v rostlinách snižuje aktivitu pochodů fotosyntézy a snižuje (oproti kadmii) příjem vody, a tím inhibuje růstovou vitalitu rostlin. Tyto okolnosti mohou mít též nepříznivý dopad ve zvýšení koncentrace dusičnanů v rostlinné hmotě (Turek).

Potraviny rostlinného původu představují závažný zdroj kontaminace lidského organismu olovem a právě u něj je z výše uvedených důvodů (povrchová depozice) možné snížit jeho obsah v ovoci a zelenině praním před použitím (v teplé vodě až o 80 %).

Návrh limitu v Nizozemsku 0,5 mg olova v 1 kg zrna se ukazuje pro obilniny (tak jako u kadmia) vyjma pšenice za snadno splnitelný, tak jako v ostatních zemích západní Evropy, USA a Kanady.

Olovo se kumuluje především v kořenech rostlin, což je nebezpečné pro kořenovou zeleninu.

Arzén

Arzén činí velké obtíže již při jeho stanovení v médiích. Je zjišťován často v relativně čistých oblastech a v blízkosti zdrojů, z nichž je imitován, se ve zvýšené koncentraci nenachází. Odhaduje se, že koncentrace arzenu ve světových mořích (Sanders, 1985) vzroste do roku 2000 o 20 %. Z toho vyplývá, že bude podstatně

větší jeho vstup ještě do atmosféry a terrestických systémů. Nutno připomenout, že problematika arzénu v ČSSR (Nováky) se jako exemplární příklad dostala do řady toxikologických monografií.

Arzén se vyskytuje ve čtyřech základních formách: As III, As V, monometyl-arsén a dimetylarsén, přičemž jejich toxicita je různá. Existence uvedených forem závisí na daném prostředí. Arzénové sloučeniny jsou intenzivně absorbovány na koloidy železa a manganu a v rostlinách se arzén dostává do interakcí s manganem. Možná, že je to také jedna z příčin, proč je při různých koncentracích v půdách zjišťována neadekvátní koncentrace v rostlinách a kořenech.

Srovnáme-li příjem arzénu z půdy do rostlin s příjmem olova, je koncentrační faktor u arzénu o řád vyšší.

Organické polutanty

Programové sledování CL organické povahy zahrnuje polychlorované bifenyl (PCB), pesticidy na bázi chlorovaných uhlovodíků (suma DDT, alfa-, gama- HCH, HCB, aldrin, dieldrin, heptachlor) a dalších cca 20 druhů pesticidů na bázi diazinů, triazínů, MCPA, organofosfátů, fenyločoviny aj. Z látek přicházejících z ovzduší je nutno dále sledovat polyaromatické uhlovodíky a estery kyseliny ftalové.

Polychlorované bifenyl (PCB)

PCB patří mezi kontaminanty na bázi chlóru. Jsou součástí kapalinových náplní některých typů kondenzátorů a transformátorů, teplosnosných a hydraulických systémů, používají se jako přísady do barev nátěrových hmot a ohnivzdorných nátěrů, při výrobě kopírovacích a fotografických papírů aj. Zdrojem pro ČR je průmysl.

Některé podniky PCB spalují, ale jelikož je obtížné dosáhnout potřebnou teplotu po dobu nejméně 2 sec, unikají nerozložené PCB a vzniklé dioxiny do ovzduší, potom do půdy, kde se mohou kumulovat, protože jsou velmi stabilní a ve vodě nerozpustné. Zdrojem PCB jsou i spalovny domovního odpadu, v Bratislavě bylo naměřeno několikatisícinásobné překročení povoleného úletu PCB (K o v a č i ě).

V půdě obsah PCB nepřevyšuje 10 ppb, přičemž v blízkosti dálnic jejich koncentrace stoupá. V kalech je jejich obsah o dva až tři řády vyšší. Příjem rostlinou je nízký, např. při obsahu 1000 ppb PCB v kalech činil obsah v hořčici pouze 55 ppb. Původem jsou spady a v půdě dochází k imobilizaci PCB, váží se na půdní částice, a proto se také koncentrují v sedimentech.

Stanovení PCB v rostlinných produktech (celoroční sledování ovocné dětské výživy) ukázalo (H a j š l o v á, K o c o u r e k), že hladiny reziduí nepřekračují 10^{-3} mg . kg⁻¹. O řád vyšší koncentrace reziduí byly nalezeny u výrobků na bázi maso-ninových směsí. Rovněž u vzorků mléka (50) z pražské tržní sítě byla prakticky ve všech případech prokázána kontaminace PCB na hladinách řádově setin až desetin mg v 1 kg (vztaženého na tuk), z toho jedna třetina byla na hladině hygienických limitů. U mořských ryb byly výsledky poněkud méně příznivé.

Pesticidy

Strategie ochrany rostlin doznala v posledních letech zásadních změn. Ustoupilo se především od používání vysoce perzistentních látek na bázi chlorovaných uhlovodíků, které se sice vyznačovaly nízkou akutní toxicitou, ale docházelo k výrazné kumulaci v ČR. Postupně je dáována přednost látkám s vysoce selektivním účinkem, optimální perzistencí při vysoké účinnosti vůči cílovému organismu. Tyto vlastnosti umožňují snížit aplikační dávky, a tím i snížit hladiny terminálních reziduí v ošetřených plodinách.

Vedle mateřských sloučenin je nutné věnovat pozornost i degradačním produktům. V rámci hygienicko-toxikologického hodnocení vlivu pesticidů na jakost zemědělských produktů je třeba uvažovat jednotlivé skupiny metabolitů pesticidů, které lze v zásadě rozdělit (H a j š l o v á, K o c o u r e k) do tří skupin:

Mezi tzv. volné metabolity řadíme primární produkty reakcí jako je dehalogenace, desulfurace, epoxidace, hydroxylace, hydrolýza, oxidace, redukce apod. Produkty této skupiny již dále nereagují s přirozenými složkami rostlinného o živočišného systému, jejich struktura a fyzikálně chemické vlastnosti se příliš neliší od mateřských sloučenin (jsou relativně nepolární) a lze je tudíž extrahovat z matrice pomocí organických rozpouštědel, dále separovat a kvantifikovat. Volné metabolity jsou většinou zahrnuty do hodnot maximálních reziduálních limitů jako součást celkových toxických reziduí.

Druhou skupinu reprezentují konjugované metabolity, produkty sekundárního metabolismu. Tato skupina zahrnuje reakce pesticidů nebo jejich metabolitů (aglykonů) s endogenními substráty, jako jsou cukry, uronové kyseliny, glutathion, aminokyseliny, sulfáty apod. Protože i konjugované metabolity mohou vykazovat toxické účinky, bývají též zahrnovány do reziduálních limitů, i když jejich exaktní kvantifikace je často spojena s obtížemi.

V případě, že dojde k vazbě pesticidů na celulární komponenty za vzniku neendogenních produktů, jde o tzv. vázaná rezidua, která nelze z matrice běžnými způsoby extrahovat, resp. rozrušení vazeb by bylo možné jen za razantních podmínek, kdy dochází i k degradaci analytů. Hygienicko-toxikologické hodnocení neextrahovatelných forem reziduí není dosud dořešeno; pokud se pomocí studií se známými kontaminanty neprokáže jejich podíl na celkové (radio-) aktivitě vyšší než 10 %, případně nepřekročí-li jejich koncentrace 0,01 mg v 1 kg, nejsou tyto zahrnuty do regulačních opatření.

Rozsah reakcí vedoucích ke vzniku zmíněných vázaných forem reziduí je podmíněn vlastnostmi daného polutantu. Např. schopnost vytvářet vazby na rostlinnou matici či půdní částice klesá ve skupině chlorovaných benzenů se vzrůstajícím obsahem atomů chlóru v molekule. Současně s tím klesá i biodegradabilita kongenerů. Tyto závěry lze vztáhnout i na PCB. Lze konstatovat, že vázané formy reziduí jsou sice zpravidla biologicky nevyužitelné, ale činností půdní mikroflóry může docházet k jejich opětovnému uvolnění.

Monitorizační program stále věnuje pozornost výskytu chlorovaných uhlovodíků (izoméry HCH, HCB, DDT, DDE apod.). Z výsledků ČZPI vyplývá, že hladiny těchto vysoce perzistentních sloučenin v PR postupně klesají a výskyt nadlimitních hodnot je zanedbatelný.

Z dalších skupin kontaminantů, které nejsou předmětem celoplošného monitoringu, jsou chlorované fenoly, jejichž původ je jak v průmyslových zdrojích, tak i v zemědělství. S ohledem na masové nasazení herbicidů na bázi fenoxylalkanových kyselin (HCPA; 2,4-D aj.) a s-triazinů (atrazin, prometryn) lze očekávat i přechod jejich reziduí do PR. Tuto skutečnost potvrzují nálezy (Hajšlová, Kocourek) s-triazinů ve vzorcích siláže a mléka (z deseti výrobních podniků Středočeského kraje). V krmivech se hladiny pohybovaly okolo 0,01 mg · kg⁻¹, ve vzorcích mléka (všechny vyšetřované vzorky byly pozitivní) byly cca pětikrát nižší.

Dalším nedostatečně sledovaným problémem je používání přípravků na ochranu zásob zemědělských plodin. Jsou používány látky (fumiganty, insekticidy), které za podmínek skladování podléhají jen velmi pomalé degradaci, popř. účinná látka během skladování proniká do jedlého podílu. Ve vzorcích obilí skladovaného v silech byla zjištěna (Hajšlová, Kocourek) rezidua na hladinách řádově desetin mg na 1 kg, především organofosfátů (např. pirimiphosmethyl), někdy pyrethroidů. Často se lze setkat i s rezidui některých fungicidů ze skupiny dithiokarbamatů (kontaktní fungicidy). Ačkoli mateřské látky jsou prakticky netoxické, tepelné zpracování jimi kontaminovaných surovin vede ke vzniku velmi nežádoucí ethylenthioamocoviny. Monitorování této skupiny látek má tedy své opodstatnění, zejména v případě surovin pro výrobu dětské výživy.

Závěr

Problematikou zahrnutou v tomto tematickém čísle jsou zdroje a vstupy nejzávažnějších cizorodých látek do potravního řetězce a životního prostředí (kadmium, rtuť, olovo, arzén z organických polutantů polychlorovaného bifenylu, pesticidy a jejich rezidua), dále se uvádí v jakých formách se cizorodé látky vyskytují a jaký podíl na kontaminaci rostlin a jejich orgánů má znečištění půdy a atmosférické depozice. Hodnotí se toxicita a přípustné meze cizorodých látek v jednotlivých médiích a případy, u kterých dochází k překračování jejich hladin. Z příspěvků tohoto tematického čísla vyplývá obtížnost exaktnějšího řešení této problematiky, neboť v pokusech s cizorodými látkami je nutno přistupovat k simulaci podmínek a jednotlivých kontaminantů, což nemusí odpovídat výsledkům v přirozených podmínkách.

Současný stav vyžaduje řešení na úseku výzkumu a kontroly:

- sjednotit analytické postupy a interpretace získaných výsledků a za tím účelem zajistit referenční materiály;
- zkoordinovat pracoviště zabývající se problematikou cizorodých látek a rozpracovat jednotný postup minimalizace v potravinovém řetězci a optimalizace v životním prostředí;

- objasňovat dynamiku a interakce v různých kompartmentech a potravinových řetězcích;
- soustavně upřesňovat hygienická, výživářská, agronomická, potravinářská i ekonomická hlediska a limity cizorodých látek v jednotlivých médiích;
- budovat měřicí síť mokré a suché depozice s určením kvantity i kvality koponent v zemědělské krajině;
- stanovit spektra cizorodých látek a teritoriální priority v řešení průniku do potravního řetězce a sjednotit návrhy opatření všech zainteresovaných resortů.

Podklady pro zpracování tohoto příspěvku poskytli tito pracovníci: ing. J. Damaška, CSc., (VÚZP Praha); doc. ing. J. Hajšlová, CSc., (VŠCHT Praha); ing. V. Kocourek, CSc., (ČZPIJ Praha); M. Kovačič, prom. chem., (ŠTIO-SSR Bratislava); RNDr. J. Kubizňáková, CSc., (ÚKE České Budějovice); RNDr. T. Petrůjová, (CHMÚ pobočka Brno); MUDr. B. Turek, CSc., (IHE Praha); ing. J. Uhnák, CSc., ing. O. Palušová, CSc., (VÚPL Bratislava).

Literatura

- FACEK, Z. a kol.: Kvantifikace vstupů kadmia do zemědělského půdního fondu a návrhy opatření ke kompenzaci jeho negativních účinků. Vypracováno pro odbor 410 a 510 MZV ČSR, Praha, 1987, č. 6, 16 s.
- FACEK, Z. — ADAMEC, V. — RYGLEVICZ, J. — SÁŇKA, M. — ROUCHOVAN-SKÁ, J. — JANDERKOVÁ, J. — FIŠEROVÁ, E.: Ověřování možností regulace vstupů znečišťujících látek z půdy do rostlin. [Závěrečná zpráva.] Praha, VÚZP 1988.
- HARRISON, R. M. — JOHNSTON, W. R.: Experimental investigations on the relative contribution of atmosphere and soils to the lead contents of crops. In: Pollutant transport and fate in ecosystems. (Spec. Publ., č. 6), Blackwell Sci. Publ., Oxford, 1987, s. 277-287.
- KULICH, J.: Zhodnotenie vplyvu ťažkých kovov na úrody. In: Sbor. Konf. Ekonomicko-ekologické problémy poľnohospodárskej výroby, Košice, 1989, s. 73-81.
- SABBIONY, E. et al.: Health and environmental implication of heavy metals released from coal-fired power plant: An assessment study of the situation in the European community, Sci. To. Envir., 40, 1984, s. 141.
- SANDERS, J. G.: Mar. Chem., 17, 1985, s. 329.
- SIEGEL, S. M. — SIEGEL, B. Z. — BARGHIGIAN, C. — ARATANI, K. — PENNY, P. — PENNY, D.: A contribution in plants. Water, Air and Soil Pollution, 33, 1987, s. 65-72.

Došlo dne 1. 11. 1989

Вводы чужеродных веществ в жизненную среду

Проблематикой включенной в данном тематическом номере являются источники и вводы наиважнейших чужеродных веществ в пищевую цепь и жизненную среду (кадмий, ртуть, олово, мышьяк, из органических загрязняющих веществ полихлорированные бифенилы, пестициды и их остатки), в дальнейшем приводится в каких формах чужеродные вещества находятся и какая доля в контаминации растений и их органов имеет загрязнение почвы и атмосферические депозиты. Оценивается токсичность и допустимые границы чужеродных веществ в отдельных средах и случаях, при которых наступает превышение их уровня. Из статьи этого тематического номера исходит трудность более точного решения данной проблематики, т. к. в опытах с чужеродными веществами необходимо подходить к моделированию условий и отдельных загрязнителей, что не должно отвечать результатам в естественных условиях. Настоящее состояние требует решения на этапе исследования и контроля.

Contaminants and the environment

This single-subject issue deals with the sources and inputs of the most important contaminants in the food chain and environment (cadmium, mercury, lead, arsenic, and the organic pollutants including polychlorinated biphenyls, pesticides and their residues). It is shown in what forms the contaminants occur and what proportion

of the contamination of plants and their organs is contributed by soil contamination and atmospheric depositions. The toxicity and admissible limits of contaminants in the different media are evaluated, and the cases in which the limits are exceeded are indicated. All the papers in this issue suggest that it is difficult to find an exact solution to these problems because trials with contaminants must involve simulation of the various conditions and individual contaminants, though such an approach may not always correspond with the results obtained in natural conditions. The present status requires solutions in the field of research and control.

Eindringen fremdartiger Substanzen in die Umwelt

Die in diesem, einem Thema gewidmeten Heft behandelte Problematik sind die Quellen der schwerwiegendsten fremdartigen Stoffe und ihre Eintrittsstätten in die Nahrungskette und in die Umwelt (wie z. B. Kadmium, Quecksilber, Blei, Arsen, von den organischen Pollutanten dann polychlorierte Biphenyle, Pestizide und deren Residuen usw.), ferner wird besprochen, in welchen Formen diese fremdartigen Stoffe auftreten und welchen Anteil an der Kontamination von Pflanzen und ihren Organen die Bodenverunreinigung und die atmosphärische Deposition darstellt. Einer Bewertung werden die Toxizität und die zulässigen Grenzen der fremdartigen Stoffe in den einzelnen Medien sowie die Fälle von Überschreitungen deren Niveaus, unterzogen. Aus den Beiträgen dieses thematischen Heftes geht die Schwierigkeit einer exakten Lösung dieser Problematik hervor, da in den Versuchen mit fremdartigen Stoffen eine Simulierung der entsprechenden Bedingungen und der einzelnen Kontaminanten vorzunehmen ist, die nicht unbedingt den Resultaten unter natürlichen Bedingungen gleichkommen muß. Der gegenwärtige Zustand erfordert Lösungen auf dem Gebiet der Forschung und der Kontrolle.

Adresa autora:

Dr. ing. Zbyněk F a c e k, CSc., Výzkumný ústav pro zúrodnění zemědělských půd,
Bažantní 697, 165 00 Praha 6 - Suchbát

DYNAMIKA REZIDUÍ ARYLOXOFENOXYPROPIONÁTŮ V OŠETŘENÝCH PLODINÁCH

J. Hajšlová, Z. Jehličková, J. Davídek

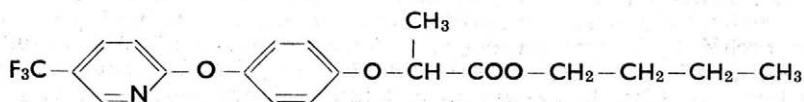
HAJŠLOVÁ, J. — JEHLIČKOVÁ, Z. — DAVÍDEK, J. (Vysoká škola chemicko-technologická, Praha): *Dynamika reziduí aryloxofenoxypionátů v ošetřených plodinách*. Rostl. Vyr., 36, 1990 (4) : 345-354.

Estery aryloxofenoxypionových kyselin představují perspektivní skupinu selektivních systémových herbicidů, které účinně hubí jednoleté trávy a jiné plevele, především pýr plazivý. Pomocí vypracované metody stanovení reziduí těchto látek byl stanoven jejich obsah v jahodách ošetřených přípravky Fusilade Super, Gallant 125 EE a Targa 10 C. Během zrání jahod byla sledována také dynamika reziduí. Dále byla stanovena rezidua aryloxofenoxypionátů v některých druzích zeleniny, a to v zelí a kvěťáku, které mají relativně velký povrch. Jako zástupce kořenové zeleniny byla vybrána mrkev. Použitá analytická metoda umožňuje stanovit nejen účinnou složku těchto herbicidů — estery aryloxofenoxypionových kyselin, ale i jejich hlavní degradační produkt — příslušnou kyselinu.

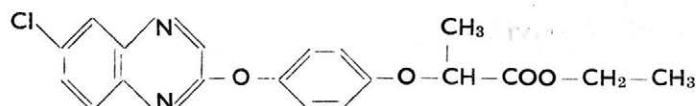
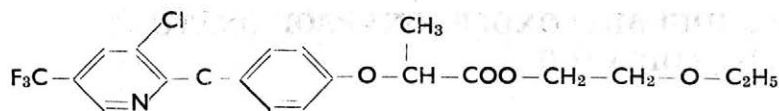
herbicidy; aryloxofenoxypionáty; analytika; rezidua v zelenině a jahodách

První látky z nové skupiny aryloxofenoxypionátů se na trhu objevily již v polovině 70. let. Zhruba o deset let později nastal jejich rychlý rozvoj, neboť bylo zjištěno, že jsou selektivní ve všech dvouděložných plodinách a účinně hubí jednoleté trávy, především pýr plazivý *Agropyron repens* (Sieczka, Creighton, 1982; Banks, Tripp, 1983; Hargrave, Watkins, 1983; Swedish Weed Conference, 1983).

Nejvýznamnějšími herbicidy z této skupiny jsou látky fluazifop-butyl I (účinná složka přípravku Fusilade Super, výrobce firma ICI Plant Protection), haloxyfop-ethoxyethyl II (účinná složka přípravku Gallant 125 EE, výrobce firma Dow Chemical Co.) a quizalofop-ethyl III (účinná složka přípravku Targa 10 C, Nissan Chemical Ind.). Řadí se sem také diclofop-methyl a fenoxaprop-ethyl, které vyrábí firma Hoechst AG pod komerčním označením Iloxan a Furore. Svou chemickou strukturou [1 až 3] jsou aryloxofenoxypionáty podobné fenoxalkanovým kyselinám, lze je považovat za druhou generaci herbicidů na bázi těchto látek.



[1]



Co se týká mechanismu působení aryloxofenoxypropionátů, nebyl princip biochemického a biotyzikálního působení dosud zcela objasněn.

Někteří autoři se domnívají, že aryloxofenoxypropionáty blokují syntézu mastných kyselin, konkrétně acetyl-CoA-karboxylasu (Kobek et al., 1988), jiní zjistili inhibici syntézy ATP, která je pravděpodobně způsobena rozpojením oxidativní fosforylace (Bergmannová et al., 1987). Vzhledem k tomu, že deriváty aryloxofenoxypropionátů mají ve své molekule chirální uhlík, byla zkoumána i stereospecifita jejich účinku (Dicks, Slater, 1985; Massaki et al., 1986). Za herbicidní aktivitu je odpovědný R-enantiomer, S-enantiomer vykazoval účinky v koncentracích až o dva řády vyšších. Sledováním metabolismu pomocí herbicidu označeného radioaktivním izotopem uhlíku ^{14}C byla zjištěna shodná rychlost translokace obou izomerů v rostlinách, což selektivní působení R-enantiomeru jen potvrzuje (Massaki et al., 1986).

Všechny přípravky na bázi aryloxofenoxypropionátů lze využít jako gramini-cidy, což znamená, že jsou účinné proti lipnicovitým rostlinám ve všech dvouděložných plodinách, např. v sóji, cukrovce, bramborách, řepce olejné, slunečnici, obilninách i v některých jednoděložných plodinách, jako je např. česnek, cibule (fy Nis. Chem. Ind., ICI PP, DowCo, Dale; Finney, Sulton, 1980). Aryloxofenoxypropionáty se vyznačují rozsáhlým termínem aplikace, dobrým translokačním účinkem a zvláště účinně potlačují růst pýru plazivého, který se za posledních 10 let téměř v celé Evropě značně rozšířil. Jsou to selektivní systémové herbicidy, vhodné k postemergentní aplikaci na list (Swedish Weed Conference, 1983; Šmírouš, 1984).

Podrobně byly prozatím popsány důsledky aplikace na citlivé plevele. Jedním z prvních příznaků po aplikaci je zežloutnutí mladých listů, retardace růstu nových listů, které se vyvíjejí z oddenků, později se objevují na listech nekrotické skvrny a průměrně po 10 dnech celé rostliny odumírají (fy Nis. Chem. Ind., ICI PP, DowCo; Buuhler, Burnside, 1984; Chandrasena, 1984; Dale, 1985).

V souvislosti se zaváděním aryloxofenoxypropionátů do zemědělské praxe byla sledována stabilita těchto látek *in vitro*, jejich degradace v půdě, metabolismus v rostlinách i v živočišných organismech. Bylo zjištěno, že hlavním degradačním mechanismem esterů aryloxofenoxypropionátů v modelu i v půdě je hydrolýza esterové vazby za vzniku odpovídající kyseliny. Se vzrůstající hodnotou pH stabilita esteru klesá (fy Nis. Chem. Ind., ICI PP, DowCo; Smith, 1985).

Metabolismus v živočišných organismech je ovlivněn pohlavím. U samic pokusných zvířat (krysy, králci) byl zaznamenán kratší biologický poločas než u samců. Rozdíl byl zjištěn i ve způsobu vylučování, u samic se vylučování děje především žlučovými cestami, ledvinami a výkaly, u samic je nejvíce podané látky vyloučeno močí. Uváděná zjištění potvrzují odlišnost detoxikačního mechanismu. Jako hlavní metabolit byla u všech tří látek identifikována příslušná kyselina (fy Nis. Chem. Ind., ICI PP, DowCo).

Z hlediska hygienicko-toxikologického posuzování cizorodých látek je jednou ze základních informací údaj o akutní toxicitě, běžně vyjadřované jako hodnota LD_{50} . Při sledování akutní orální toxicity esterů aryloxofenoxypropionátů kyselin hodnota LD_{50} (pro krysy) neklesla pod hodnotu 2400 mg/kg. Je tedy relativně nízká, což pravděpodobně souvisí mimo jiné se špatnou rozpustností ve vodě (fy Nis. Chem. Ind., ICI PP, DowCo). V dostupných materiálech byla nalezena pouze hodnota LD_{50} pro fluzifop-kyselinu podávanou krysám perorálně činila 5000 mg/kg. Je ve srovnání s mateřskou sloučeninou — fluzifop-butylesterem — nižší (firma ICI PP).

Ze studia degradace aryloxofenoxypropionátů v rostlinách vyplynulo, že ve formě esterů prochází herbicid snadno a rychle membránami do rostlinných pletiv, kde dochází k jeho rychlé hydrolýze na odpovídající kyselinu. Vznikající kyselina je rozváděna po celé rostlině (fy Nis. Chem. Ind., ICI PP, DowCo), přičemž zůstává zčásti ve volné formě a zčásti je vázána na přítomné cukerné složky. Tvorba glyko-

sídlu byla zjištěna i u některých dalších minoritních produktů degradace, jako jsou pyridinoly a fenoly, vznikající rozštěpením etherové vazby, spojující aromatickou a heterocyklickou část molekuly.

Vzhledem ke skutečnostem známým o metabolismu aryloxofenoxypropionátů v rostlinách je snahou vypracovat takový postup stanovení, který by postihl jednotlivé reziduální formy, tzn. mateřský ester (jako původní účinnou složku aplikovaného herbicidu), dále kyselinu (volnou i vázanou v konjugátech). Proto byl zaveden v souvislosti se stanovením reziduí aryloxofenoxypropionátů termín veškerá rezidua (all residues, popř. total residues), který zahrnuje uvedené tři reziduální formy.

Obecně analytické postupy spočívají v izolaci aryloxofenoxypropionátů a jejich hlavních metabolitů (odpovídajících kyselin), dále v čištění extraktů; vlastní stanovení sa provádí nejčastěji některou z chromatografických metod.

Izolace je obvykle prováděna směsí rozpouštědel mísitelných s vodou. Tento krok je zpravidla spojen s hydrolýzou, jejímž cílem je uvolnit kyselinu vázanou v konjugátech a dále i konverze mateřského esteru na odpovídající kyselinu. Veškerá rezidua jsou pak stanovena ve formě kyseliny. Principiálně stejný postup stanovení veškerých reziduí fluazifopu publikoval Clegg (1987), který zvolil alkalickou hydrolýzu. Podobný postup izolace vypracovali Patumi et al. (1987). Pro uvolnění kyseliny z konjugátů byla testována kyselá hydrolýza (firma ICI PP).

V případě využití plynové chromatografie byly aryloxofenoxypropionové kyseliny stanoveny po derivatizaci, nejčastěji jako methylestery. Mateřské estery byly stanoveny přímo. K detekci byl používán detektor elektronového záhytu (fy ICI PP, DowCo; Patumi et al., 1987), případně dusíko-fosforový detektor (firma Nis. Chem. Ind.; Clegg, 1987).

Přečištění extraktů půdy nebo rostlinného materiálu bylo obvykle prováděno na sloupci Florisilu nebo silikagelu.

Pro stanovení reziduí fluazifop-butylu a příslušné kyseliny byla též navržena metoda vysokoučinné kapalinové chromatografie s využitím UV-detektoru (firma ICI PP; Patumi et al., 1987). Také byla vyzkoušena technika plynové chromatografie v kombinaci s hmotnostní spektrometrií (firma ICI PP; Clegg, 1987; Patumi et al., 1987).

Dosud publikované práce se zabývají jen stanovením jednotlivých aryloxofenoxypropionátů v ošetřených zemědělských plodinách. Podobná chemická struktura, a tím i fyzikálně-chemické vlastnosti, stejně tak i příbuzná struktura metabolitů vybraných herbicidů na bázi aryloxofenoxypropionových kyselin vytvářejí předpoklad možnosti stanovení těchto látek multireziduální metodou.

Cílem naší práce bylo pomocí vyvinutého jednotného postupu sledovat rezidua fluazifop-butylesteru, haloxyfop-ethoxyethylesteru a quizalofop-ethylesteru a současně i rezidua jejich hlavního degradačního produktu — odpovídajících kyselin v jahodách a některých druzích zeleniny ošetřených přípravky Fusilade Super, Gallant 125 EE a Targa 10 C (jednotlivě).

MATERIÁL A METODA

Jahody byly ošetřené výše uvedenými přípravky na bázi esterů aryloxofenoxypropionových kyselin jednorázově a jednotlivě postřikem v době květu.

Zelí, květák a mrkev byly ošetřeny stejně jako porost jahodníku. Aplikované množství přípravku a interval od ošetření ke sklizni jsou pro přehlednost uvedeny v tab. I.

Všechny polní pokusy byly založeny a ošetřeny odbornými pracovníky ÚKZÚZ, odboru ochrany a karantény rostlin, Brno.

Chemikálie a činidla

Všechny použité chemikálie byly čistoty p. a., výrobce Lachema n. p. Brno, kromě diazaldy (N-methyl-N-nitroso-p-toluensulfoamid) výrobce Aldrich (Belgie) a bromu research grade — výrobce Merck (NSR).

Rozpouštědla byla před použitím přečištěna a předestilována. Příprava methylačního činidla z diazaldy byla provedena přesně podle návodu (Vogel, 1961).

Analytické standardy

Fluazifop-butyl (98,8%) a fluazifop-kyselina (99,3%) byly získány od firmy ICI Plant Protection Division, Velká Británie; haloxyfop-ethoxyethyl (99,3%) a haloxyfop-kyselina (99,8%) byly získány firmy Dow Chemical Co., Rakousko; quizalofop-ethyl (99%) a quizalofop-kyselina (99,8%) byly získány od firmy Nissan Chemical Industries, Japonsko.

Pracovní postupy

Příprava vzorku rostlinného materiálu

Z jahod byly odstraněny stopky (popř. zbytky půdy). K homogenizaci bylo vždy odebráno 150 g průměrného vzorku. Hlávky zelí byly rozetřeny a po hrubém pokrájení bylo do mixéru opět odebráno vždy 150 g vzorku. Růžice květáku (bez listů) byly k homogenizaci připraveny stejně jako zelí. Mrkev byla po odstranění zbytků půdy rozstrouhána a po promíchání byly připraveny průměrné vzorky po 50 g.

Izolace reziduí aryloxofenoxypropionátů

50 g průměrného vzorku rostlinného materiálu bylo homogenizováno (5 min) s 80 ml směsí aceton-ethanolu (2 : 1, obj.) po přidavku 3,5 ml 2M kyseliny chlorovodíkové. Směs byla dále třepána 60 min a pak odstředěna (-10°C , frekvence otáčení 2000 min^{-1} , 10 min). Supernatant byl filtrován na Buchnerově nálevce za mírného podtlaku (filtrační koláč byl několikrát promyt toutéž směsí rozpouštědel). Objem filtrátu byl zakoncentrován na rotační vakuové odparce (teplota lázně $< 50^{\circ}\text{C}$) cca 100 ml.

Extrakce reziduí fluazifopu a haloxyfopu byla prováděna po přidavku 150 ml vody a 100 ml nasyceného roztoku chloridu sodného 75 ml směsí hexan-diethylether (1 : 1, obj.) dvakrát. Rezidua quizalofopu byla extrahována diethyletherem (dvakrát) po přidavku vody a nasyceného roztoku chloridu sodného a po úpravě pH (2% roztokem hydroxidu sodného) na hodnotu 6. Spojené organické fáze byly přesušeny přes vrstvu bezvodého síranu sodného a zakoncentrovány na rotační vakuové odparce (teplota lázně $< 45^{\circ}\text{C}$) a kvalitativně převedeny (hexanem) do 50ml odměrné baňky.

Derivatizace

Alikvotní podíl extraktu odpovídající 5 g původního vzorku byl methylován diazomethanem (2 ml roztoku diazomethanu v diethyletheru bylo přidáno k suchému odparku extraktu vzorku). Po 6 h byl přebytek methylačního činidla odstraněn proudem dusíku.

V případě GLC-stanovení fluazifopu s využitím detektoru elektronového záchyty byla po methylaci a přečištění vzorku provedena bromace. K frakci obsahující methyl- a butylester fluazifopu bylo odpipetováno 0,5 ml bromu a po dvou minutách byl přebytek bromu důkladně odstraněn proudem dusíku.

Přečištění extraktu

Alikvotní podíl methylovaného extraktu (1–5 g) rozpuštěný v 1 ml hexanu byl nanesen na kolonu silikagelu připravenou takto: 1,5 g aktivovaného (12 h při 130°C) silikagelu bylo suspendováno v 30 ml hexanu. Suspenze byla nalita do skleněné kolony (délky 20 cm, o vnitřním průměru 1 cm) utěsněné skelnou vatou. Vrstva adsorbentu byla rovněž překryta skelnou vatou.

Po vsáknutí vzorku byly rušivé koextrakty odstraněny 10 ml směsí hexan-diethylether (95 : 5, obj.) a rezidua fluazifopu (methyl- a butylester) a quizalofopu (methyl- a ethylester) byla eluována 15 ml směsí hexan-diethylether (1 : 1, obj.). Haloxyfop-methyl- a ethoxyethylester byly kvantitativně vymyty dalšími 10 ml diethyletheru.

Plynová chromatografie

GLC-stanovení bylo prováděno na plynovém chromatografu Hewlett Packard 5880 vybaveném detektorem elektronového záchyty ^{63}Ni .

Pro vlastní GLC-stanovení byla využita skleněná náplňová kolona (2400 $\times$ 2 mm) se stacionární fází OV-17 (3% smočení na Chromosorbu N-AW-DMS, 0,125–0,160 mesh). Teplota nástřiku byla 240°C , detektoru 300°C . Teplota kolony

byla programována na 220 °C do 260 °C a po 8 °C/min. Průtok nosného plynu (dusík) činil 30 ml/min.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Byl vypracován postup stanovení reziduí herbicidů, jejichž účinnou složkou jsou estery aryloxofenoxypropionových kyselin. Zvolený postup izolace a extrakce umožňuje stanovit vedle sebe účinné složky daných herbicidů — esterů aryloxofenoxypropionových kyselin i produkt jejich hydrolýzy — odpovídající kyseliny (Jehličková et al., 1989).

Postup stanovení aryloxofenoxypropionátů byl ověřen pro jahody. Výtěžnost stanovení (při využití ECD) na hladinách kontaminace 0,05—1,0 mg/kg neklesla pro žádnou ze sledovaných látek pod 70 % a hodnota směrodatné odchylky výtěžnosti se pohybovala v rozmezí 3—10 %. Mez stanovitelnosti aryloxofenoxypropionátů v jahodách při použití ECD činila 0,01 mg/kg.

Jednotlivé kroky zvoleného analytického postupu byly podrobně diskutovány v našich publikacích (Hajšlová et al., 1988; Jehličková et al., 1989).

Nejprve bylo provedeno stanovení reziduí fluazifopu, haloxyfopu a quizalofopu v jahodách ošetřených za těchto podmínek: na dvouletou výsadbu jahodníku odrůdy Induka na počátku kvetení byly aplikovány přípravky Fusilade Super (účinná látka: fluazifop-butyl), Gallant 125 EE (účinná látka: haloxyfop-ethoxyethyl) a Targa 10 C (účinná látka: quizalofop-ethyl) jednotlivě postříkem. Zjištěné obsahy reziduí účinné složky každého přípravku i jejího degradačního produktu (odpovídající kyseliny) shrnuje tab. I.

I. Rezidua aryloxofenoxypropionátů v ošetřených jahodách — Residues of aryloxophenoxypropionates in treated strawberries

Účinná složka přípravku	Dávka l/ha	Počet dní po aplikaci	Rezidua* (mg/kg)		
			mateřský ester	kyselina**	suma reziduí
Fluazifop-butyl	4,0	29	0,08	0,08	0,15
Haloxyfop-ethoxyethyl	2,5	29	0,22	0,12	0,31
Haloxyfop-ethoxyethyl	3,0	29	0,20	0,12	0,29
Quizalofop-ethyl	2,5	29	0,02	0,04	0,06
Quizalofop-ethyl	3,0	29	0,03	0,03	0,06

* Uváděné výsledky jsou průměrem tří paralelních stanovení.

** Suma reziduí je vyjádřena jako příslušná kyselina, která byla stanovena ve formě methylesteru.

Z uvedených výsledků je zřejmé, že pro posouzení hygienicko-toxikologické jakosti zemědělských plodin, ošetřených herbicidy na bázi aryloxofenoxypropionátů, je třeba sledovat nejenom mateřský ester, ale i volnou kyselinu vznikající jeho hydrolýzou.

V souvislosti s tím vyvstává problém vyjádření celkového obsahu reziduí jednotlivých aryloxofenoxypropionátů. V zahraničí (Budesgesetz-

II. Výsledky stanovení dynamiky reziduí aryloxofenoxypropionátů v ošetřených jahodách — Results of determination of aryloxophenoxypropionate residues variations in treated strawberries

Počet dní po aplikaci	Rezidua* (mg/kg)					
	fluazifop-		haloxyfop-		quizalofop-	
	ester	kyselina	ester	kyselina	ester	kyselina
43	0,02	0,08	0,01	0,52	1,45	0,89
50	○	0,06	0,01	0,13	0,01	0,01
56	○	0,05	○	0,01	○	○

* Uváděné výsledky jsou průměrem tří paralelních stanovení. Příslušná kyselina byla stanovena jako methylester.

○ Obsah reziduí byl pod hladinou detekce.

blatt, 1989) jsou jejich rezidua vyjadřována jako příslušná kyselina (v závislosti na metodě stanovení). Stejně tak i hodnoty maximálních reziduálních limitů (MRL) pro aryloxofenoxypropionáty jsou vztaženy na kyselinu jako hlavní metabolit těchto systémových herbicidů. V případě stanovení obou forem reziduí je tedy třeba zjištěný obsah původně aplikovaného esteru (jako účinné složky herbicidu) po přepočtu na obsah příslušné kyseliny přičíst k stanovenému množství volné kyseliny.

Dále byla sledována dynamika reziduí v jahodách téže odrůdy, ošetřených na počátku kvetení. Koncentrace jednotlivých přípravků byla v tomto případě stejná, a to 3,0 l/ha. Jahody byly analyzovány (po dosažení konzumní zralosti) během sklizně celkem třikrát, vždy bezprostředně po odběru. Z výsledků uvedených v tab. II je zřejmý postupný pokles obsahu reziduí aryloxofenoxypropionátů. V případě fluazifopu je průběh degradace v relativně dobré shodě s údaji firemní literatury. Pro ostatní aryloxofenoxypropionáty nebyly výsledky sledování dynamiky reziduí v ošetřených plodinách dosud publikovány.

Z nálezů kyselin při prvním odběru (43 dní po aplikaci) je patrný výrazný stupeň konverze mateřských esterů na kyselinu. Při prvním odběru byl obsah reziduí haloxyfopu a quizalofopu podstatně vyšší než fluazifopu, ale jejich pokles v průběhu dalších 13 dní byl relativně rychlejší.

Uvedené výsledky mohou sloužit jako podklad pro určení MRL pro aryloxofenoxypropionáty v těchto plodinách. Herbicidní přípravky byly aplikovány odborně a podle doporučení. Přesto by bylo třeba doplnit tyto údaje výsledky z velkoplošných ošetření, neboť jahody a vybrané druhy zeleniny byly vypěstovány a ošetřeny v rozsahu malé parcely. Dále je třeba vzít kriticky v úvahu, že celkový rozdíl mezi jednotlivými odběry byl pouze 13 dní, šlo tedy o relativně krátký časový interval. Přesto je naznačena klesající tendence v obsahu reziduí v průběhu sklizně, a tím je současně ověřen předpoklad, že přípravek Targa (účinná složka: quizalofop-ethyl) je méně perzistentní než přípravky Fusilade (účinná složka: fluazifop-butyl) a Gallant (účinná složka: haloxyfop-ethoxyethyl).

Sledování dynamiky reziduí má velký význam především pro určení tzv. ochranné lhůty, tj. počtu dní, který je třeba zachovat mezi posledním

III. Stanovení reziduí aryloxofenoxypropionátů v ošetřeném zelí — Determination of aryloxophenoxypionate residues in treated cabbage

Účinná složka přípravku	Dávka l/ha	Počet dní po aplikaci	Rezidua* (mg/kg)		
			materšský ester	kyselina**	suma reziduí
Fluazifop	4,0	43	○	0,05	0,05
	4,0	43	○	0,07	0,07
Haloxifop	3,0	43	0,09	0,08	0,16
	3,0	43	0,09	0,05	0,13
Quizalofop	3,5	43	○	○	○
	3,5	43	0,07	0,08	0,15

* Uváděné výsledky jsou průměrem tří paralelních stanovení.

** Suma reziduí je vyjádřena jako příslušná kyselina, která byla stanovena ve formě methylesteru.

○ Obsah reziduí byl pod hladinou detekce.

ošetřením zemědělské plodiny a datem sklizně. V tomto období by mělo dojít k poklesu reziduí pod hladinu MRL.

V ČSSR dosud tuzemské výsledky stanovení reziduí aryloxofenoxypropionátů nebyly k dispozici. Prozatím je ochranná lhůta pro jahody určena technologickým termínem ošetření a aplikace je povolena jen po sklizni (Seznam . . . , 1989).

Je třeba zdůraznit, že na degradaci pesticidů mají vliv nejrozličnější klimatické faktory (intenzita slunečního záření, množství dešťových srážek atd.), samozřejmě i lokalita. Proto je pro určení ochranné lhůty zapotřebí sledovat dynamiku reziduí aryloxofenoxypropionátů po dobu několika let a v klimaticky odlišných lokalitách, v různých druzích ovoce a zeleniny ošetřených v rozdílných aplikačních dávkách. Teprve tyto výsledky spolu s toxikologickými údaji by se mohly stát základem pro definitivní určení ochranné lhůty pro konkrétní zemědělskou plodinu ošetřenou herbicidy na bázi aryloxofenoxypropionátů.

Zvolený postup stanovení aryloxofenoxypropionátů v jahodách byl aplikován pro zelí, květák a mrkev. Výťažnost stanovení byla ověřena na několika hladinách (0,5—1,0 mg/kg).

Výsledky stanovení reziduí aryloxofenoxypropionátů v zelí odrůdy Zora ošetřeném výše uvedenými přípravky 20 dní po výsadbě (ve stadiu 8 až 10 lístků) uvádí tab. III. Po sklizni byly vzorky skladovány při teplotě —18 °C po dobu 30 až 35 dnů. Pak byly zpracovány tak, jak je uvedeno v experimentální části.

Nálezy příslušných kyselin jako majoritního produktu degradace dobře ilustrují konverzi mateřského esteru. Zajímavé je, že v případě zelí ošetřeného přípravkem Targa (účinná látka quizalofop-ethyl) v jednom z paralelních pokusů nebyla prokázána žádná rezidua, byla pod hladinou detekčního limitu (0,05 mg/kg) a ve druhém suma reziduí činila 0,15 mg/kg.

Srovnáním obsahu reziduí jednotlivých aryloxofenoxypropionátů lze opět konstatovat, že haloxifop i fluazifop jsou relativně více perzistentní než quizalofop.

Dále byla sledována rezidua aryloxofenoxypropionátů v kvěťáku jako dalšího druhu zeleniny s relativně velkým povrchem. Kvěťák byl ošetřen ve fázi dvou pravých lístků, sklizen byl 48 dní po aplikaci a podobně jako v případě vzorků zelí byly vzorky kvěťáku skladovány při teplotě -18°C 30 až 33 dní.

V žádném z ošetřených vzorků kvěťáku nebyla prokázána rezidua fluazifop-butylu, haloxyfop-ethoxyethylu a quizalofop-ethylu a rovněž tak přítomnost jejich hlavního degradačního produktu — odpovídající kyseliny.

Podobně ve vzorcích mrkve, ošetřené jednotlivě přípravky Fusilade Super (3,0 l/ha), Gallant 125 E (3,0 l/ha), Targa 10 C (3,0 l/ha) ve stadiu tří lístků, sklizené 75 dní po aplikaci, nebyla prokázána žádná rezidua účinných složek výše uvedených přípravků nebo jejich degradačního produktu — odpovídající kyseliny. V tomto případě rezidua z půdy do narůstající mrkve nepřecházejí. Translokaci z lístků lze totiž vyloučit, protože ošetření bylo provedeno ve fázi tří pravých lístků, jejichž plocha je relativně velmi malá, a tudíž zachycení plochou listu je zanedbatelné. Další příčinou nepřítomnosti reziduí v mrkvi může být pouze značně dlouhá doba mezi ošetřením a sklizní (75 dní).

Získané výsledky není možné porovnat s literaturou, neboť podobné údaje nebyly v dostupných pramenech dosud publikovány.

Literatura

- BANKS, P. A. — TRIPP, T. N.: Control of Johnsongrass in soy-beans with foilar-applied herbicides. *Weeds Sci.*, 31, 1983, s. 628-633.
- BERGMANNOVÁ, E. — CHODOVÁ, D. — TAINER, L. — KÁNSKÝ, Z.: Vliv herbicidů Fusilade Super, Gallant 125 EE a Targa 10 C na biosynézu ATP ovsa hluchého a hrachu světlého. *Sbor. ÚVTIZ, Ochr. Rostl.*, 23, 1987, s. 209-214.
- BUUHLER, D. D. — BURNISIDE, O. C.: Effect of application factors on postemergence phytotoxicity of fluazifop-butyl, haloxyfop-methyl, and sethoxydim. *Weed Sci.*, 32, 1984, s. 574-583.
- Bundesgesetzblatt 1989 (Teil 1), Bonn (NSR) 1989.
- CLEGG, S. B.: Gas chromatographic analysis of fluazifop-butyl (Fusilade) in potatoes, soybeans and soil. *J. agric. Fd Chem.*, 35, 1987, s. 269-273.
- DALE, J. F.: Soybean weed control by chloramben granules coated with haloxyfop-methyl. *Weed Res.*, 25, 1985, s. 231-238.
- DICKS, J. — SLATER, J. W.: PP-005-the R-enantiomer of fluazifop-butyl. *Proc. Brit. Crop Conf. Weeds (1)*, 1985, s. 271-280.
- FINNEY, J. A. — SUTTON, P. B.: *Proc. Brit. Crop. Protect. Weed Conf.* 1980.
- HAJŠLOVÁ, J. — PUDIL, F. — JEHLÍČKOVÁ, Z. — DAVÍDEK, J.: Gas-chromatographic-mass spectrometric investigation of phenoxypropanoic acid derivatives possessing herbicidal activity. *Z. Lebens.-Unters. Forsch.*, 438, 1988, s. 55-60.
- HARGRAVE, M. R. — WATKINS, S. D.: Control of perennial grasses in cotton with fluazifop-butyl. *Proc. West. Soc. Weed Sci.*, 36, 1983, s. 130-136.
- CHANDRASENA, J. P. N. R.: Effects of fluazifop-butyl on shoot growth and rhizome buds of *Elymus repens* Gould. *Weed Res.*, 24, 1984, č. 297-303.
- JEHLÍČKOVÁ, Z. — HAJŠLOVÁ, J. — POUSTKA, J. — DAVÍDEK, J.: Residues of phenoxypropanoic acids derivatives in crop treated with herbicidal sprays. *Z. Lebens.-Unters. Forsch.*, 1990, (v tisku).
- KOBEK, et al.: Fatty-acid biosynthesis and acetyl-CoA carboxylase as target of Diclofop, Fenoxaprop and other aryloxy-phenoxy-propionic acid herbicides. *Z. Naturforsch.*, 43 C, 1988, s. 47-54.
- MASSAKI, U. — NAKO, W. et al.: Mechanism of action of the herbicide quizalofop-ethyl I, stereospecific responses. *Nippon, Noyaku Gakkaishi VII*, 459, 1986.
- PATUMI, M. et al.: An analytical method for determination of fluazifop-butyl and fluazifop residues in soil. *Festic. Sci.*, 21, 1987, s. 193-201.

Seznam povolených přípravků na ochranu rostlin pro rok 1985—1989. MZVŽ ČSR. SIECZKA, J. B. — GREIGHTON, J. F.: Annual grass control in potatoes on Long Island. Proc. News, 36, 1982, s. 164-167.

SMITH, A. E.: Transformation and persistence of the herbicide ^{14}C haloxyfop-methyl in soil under laboratory conditions. J. agric. Fd Chem., 33, 1985, s. 972-976.

24th Swedish Weed Conference, Weeds and Weed Control, Uppsala 26.—27. January, 1983, Vol. 1, 2.

SMIROUS, P.: Hodnocení vlivu gramicidních herbicidů na hrách setý. Rostl. Výr., 30, 1984, č. 5, s. 515-522.

Technical reports fy Nissan Chemical Industries.

Technical reports fy ICI Plant Protection Division.

Technical reports fy DOW Chemical Co.

VOGEL, A. I.: Practical organic chemistry, Longmans, London, 1961 (3 Edrd).

Došlo dne 1. 11. 1989

ГАЙШЛОВА, Я. — ЕГЛИЧКОВА, З. — ДАВИДЕК, Й. (Химико-технологический институт, Прага): Динамика остаточных арилоксифеноксипропионатов в обработанных культурах. Rostl. Výr., 36, 1990 (4) : 345-354.

Эфиры арилоксифенопропионовых кислот — перспективная группа селективных системных гербицидов, которые действительно истребляют 1-летние злаки и другие сорняки, главное пырей ползучий. С помощью разработанного метода определяли их остатки в клубнике, обработанной препаратами Фузилад Супер, Галлант 125 ЭЭ и Тарга 10 Ц, а в ходе поспевания клубники прослеживали и за их динамикой. Те же остатки устанавливали и в некоторых овощах (капуста и цветная капуста), отличающихся относительно большой поверхностью. В качестве представителя корнеплодных овощей выбрали морковь. Метод позволяет определять не только действующий компонент этих гербицидов — эфиры арилоксифенопропионовых кислот, — но и их главный продукт деградации: соответствующую кислоту.

гербициды; арилоксифеноксипропионаты; аналитики; остатки в овощах и клубнике

HAJŠLOVÁ, J. — JEHLIČKOVÁ, Z. — DAVÍDEK, J. (Institute of Chemical Technology, Praha): Variations of aryloxophenoxypropionate residues in treated plants. Rostl. Výr., 36, 1990 (4) : 345-354.

Aryloxophenoxypropionic acid esters represent a promising group of selective systemic herbicides which are efficient in the control of annual grasses and other kinds of weeds, mainly of quack grass. Using the worked-out method of residue assay, the content of these residues was determined in strawberries treated with the chemicals Fusilade Super, Gallant 125 EE and Targa 10 C. Residue variations were also determined during strawberry ripening. Aryloxophenoxypropionate residues were also determined in some kinds of vegetables, in cabbage and cauliflower, which have relatively large leaf surface. Carrot was chosen as a species of root vegetables. By the above-mentioned analytical method it is possible to determine not only the active ingredient of these herbicides, aryloxophenoxypropionic acid esters, but also their main degradation product, respective acids.

herbicides; aryloxophenoxypropionates; analytical methods; residues in vegetables and strawberries

HAJŠLOVÁ, J. — JEHLIČKOVÁ, Z. — DAVÍDEK, J. (Chemisch-technologische Hochschule, Praha): Dynamik von Aryloxophenoxypropionatresiduen in behandelten Pflanzen. Rostl. Výr., 36, 1990 (4) : 345-354.

Ester der Aryloxophenoxypropionsäuren stellen eine perspektivische Gruppe selektiver Systemherbizide dar, die wirksam einjährige Gräser und weitere Unkräuter, vor allem dann die Gemeine Quecke, vertilgen. Mit Hilfe der erarbeiteten Methode der Residuermittlung dieser Stoffe wurde deren Gehalt in durch die Präparate Fusilade Super, Gallant 125 EE und Targa 10 C behandelten Erdbeeren bestimmt. Während der Reifung der Erdbeeren wurde auch die Dynamik der Residuen unter-

sucht. Ferner wurden ebenfalls Residuen Aryloxophenoxypropionate in einigen Gemüsearten, u. zw. in Kohl und Blumenkohl, die eine relativ große Oberfläche haben, bestimmt. Als Vertreter der Gruppe der Wurzelgemüse wurde die Möhre gewählt. Die angewandte analytische Methode ermöglicht nicht nur die Wirkstoffkomponente dieser Herbizide — die Ester der Aryloxophenoxypropionsäuren — sondern auch ihr Degradationshauptprodukt — die entsprechende Säure — zu bestimmen.

Herbizide; Aryloxophenoxypropionate; Analytik; Residuen in Gemüse und Erdbeeren

Adresa autorů:

Doc. ing. Jana Hajšlová, CSc., ing. Zuzana Jehličková, prof. ing. Jiří Dá-
víděk, DrSc., Vysoká škola chemicko-technologická, Suchbátarova 5, 166 28 Praha 6

ZMĚNY V OBSAHU CELKOVÉHO A DUSIČNANOVÉHO DUSÍKU U RŮZNÝCH ODRŮD BRAMBOR A HNOJENÍ

B. Míča, B. Vokál

MÍČA, B. — VOKÁL, B. (OSEVA — Výzkumný a šlechtitelský ústav bramborářský, Havlíčkův Brod): *Změny v obsahu celkového a dusičnanového dusíku u různých odrůd brambor a hnojení*. Rostl. Výr., 36, 1990 (4) : 355-366.

V letech 1986 až 1988 byly sledovány v přesných polních pokusech změny v obsahu celkového a dusičnanového dusíku u tří odrůd brambor s různou délkou vegetační doby a za různých podmínek hnojení. Obsah celkového dusíku v půdní hmotě hlíz byl nejvýrazněji ovlivněn ročníkem 1986, významný vliv variant hnojení se prokázal pouze v roce 1988. Obsah celkového dusíku se zvyšoval s prodlužující se délkou vegetační doby. Obsah celkového dusíku v sušině hlíz byl výrazně ovlivněn pouze ročníkem. Nebyl prokázán významný vliv odrůdy, i když u převážné většiny případů klesal od velmi rané odrůdy Resy k pozdní odrůdě Kamýk. Hnojení se prakticky neuplatnilo. Obsah dusičnanového dusíku v původní hmotě hlíz ovlivnil především ročník a do určité míry i zkoušené odrůdy při převažující, ale nejednotné tendenci ke snižování obsahu se stoupající délkou vegetační doby. Vliv hnojení se neuplatnil. Obsah dusičnanového dusíku v sušině hlíz ovlivnil charakter ročníku a uplatnil se i vliv odrůd. U nich byla zvýrazněna tendence poklesu obsahu s délkou vegetační doby brambor. Vliv variant hnojení byl nevýznamný. Podíl dusičnanového dusíku v celkovém obsahu dusíku byl variantami hnojení ovlivněn nepodstatně. Jednoznačně se projevil pokles podílu od velmi rané odrůdy k odrůdě pozdní. Vliv ročníku byl opět statisticky významný. Obsah dusičnanů ovlivnil opět především ročník a do určité míry i odrůdy s nejednoznačnou tendencí poklesu obsahu od velmi rané k pozdní odrůdě. Významný vliv hnojení byl ojedinělý.

brambory; hnojení; celkový dusík; dusičnany

Dusíkaté látky jako celek tvoří velmi důležitý podíl sušiny bramborových hlíz. Dusíkaté látky jsou tvořeny řadou sloučenin, z nichž dusičnany představují velmi důležitou složku. Obsah dusičnanů v bramborách není vysoký, představuje zhruba 4 % celkového dusíku, je však svým dopadem v potravinářské sféře významný. Podmínky hromadění dusičnanů v bramborách však nejsou do dnešní doby zcela objasněny. Je známo, že dusík dodávaný ve vysokých dávkách nestačí rostliny spotřebovat v mezích svého normálního metabolismu a dochází tak k jeho hromadění, a to především ve formě dusičnanů. Značnou roli zde hrají i světelné podmínky v porostu. Příjem dusičnanů rostlinou a jejich akumulaci mohou ovlivnit i další faktory, jako je nedostatek některých mikroelementů, nevyhovující půdní reakce, poškození porostů apod. (Míča, 1986). Dosavadní výsledky výzkumu prokázaly, že schopnost akumulace dusičnanů závisí především na vnějších podmínkách prostředí (Míča, Bečka, 1984). S ohledem na dynamiku obsahu dusičnanů a jejich podíl v celkovém obsahu dusíku při různých hladinách dusíkatého

Varianty	N	P	K
1	120	52,4	132,8
2	80	52,3	132,8
3	160	52,3	132,8
4	120	78,5	132,8
5	120	52,3	199,2
6	120	78,5	199,2

hnojení bylo zjištěno maximum obsahu dusičnanů i nejvyšší podíl dusičnanového dusíku bramborových hlíz v celkovém obsahu dusíku při dosažení vrcholu tuberizace. Minimum uvedených hodnot bylo nalezeno ve fázi maximálního přírůstku hmotnosti nasazených hlíz (Bečka, Míča, 1986).

Vzhledem k tomu, že v současné době je obsah dusičnanů v bramborách limitován, je jejich hromadění a podmínky tohoto hromadění stěžejní otázkou, které je věnována i tato práce.

MATERIÁL A METODA

V letech 1986 až 1988 byly založeny na Šlechtitelské stanici Valečov přesné polní pokusy s třemi odrůdami brambor (Resy, Radka, Kamýk) s různou délkou vegetační doby. Schéma hnojení udává tab. I.

Dusík byl aplikován v močovíně, fosfor v superfosfátu a draslík jako draselná sůl. Pokusy proběhly ve třech opakováních. Ve fázi zralosti byly odebrány vzorky hlíz, z každého opakování 10 trsů. Celkem 30 trsů tvořilo vzorek. Obsah celkového dusíku byl stanoven podle Kjedahla, obsah dusičnanového dusíku iontově selektivní elektrodou (Davídek, 1977).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Výsledky byly sestaveny do tab. II až VII. Obsah celkového dusíku v procentech původní hmoty bramborových hlíz (tab. II) byl variantami hnojení ovlivněn významně pouze u odrůdy Radka v roce 1988 ($F = 3,57^*$). Významné působení bylo zaznamenáno i v průměru roku 1988 ($F = 3,65^*$). Při hodnocení jednotlivých odrůd za celé pokusné období však bylo zjištěno, že vliv variant hnojení byl nevýznamný. I když v celkovém hodnocení nebyl vliv odrůd statisticky zajištěn, je zajímavá v průměru jednoznačná tendence zvyšování obsahu se vzrůstající délkou vegetační doby. Toto zjištění bylo jednoznačně potvrzeno i při hodnocení průměru jednotlivých variant a platilo i v letech 1986 a 1988. Vliv stanovištních podmínek ročníku byl vždy významný až vysoce významný.

Obsah celkového dusíku (tab. III) v sušině hlíz byl variantami hnojení statisticky významně ovlivněn pouze při hodnocení průměrných výsledků roku 1980 ($F = 4,56^*$). Významný vliv nebyl zjištěn ani při hodnocení odrůd, na rozdíl od jednoznačného působení ročníku. Tato významnost souvisela s poklesem obsahu celkového dusíku v roce 1987. S výjimkou roku 1986 u odrůdy Radka klesal obsah dusíku od velmi

II. Obsah celkového dusíku (v procentech původní hmoty) — Total nitrogen content (percentage of original matter)

Varianta	1986				1987				1988				Průměr 1986 — 1988		
	Resy	Radka	Kamýk	Ø	Resy	Radka	Kamýk	Ø	Resy	Radka	Kamýk	Ø	Resy	Radka	Kamýk
1	0,297	0,358	0,380	0,345	0,282	0,267	0,303	0,284	0,276	0,284	0,290	0,283	0,285	0,303	0,324
2	0,289	0,342	0,376	0,335	0,248	0,269	0,262	0,259	0,306	0,320	0,338	0,322	0,281	0,310	0,325
3	0,304	0,326	0,360	0,330	0,280	0,299	0,281	0,286	0,317	0,316	0,340	0,324	0,300	0,313	0,327
4	0,295	0,316	0,368	0,326	0,270	0,280	0,288	0,280	0,291	0,297	0,334	0,307	0,285	0,298	0,330
5	0,278	0,321	0,358	0,319	0,271	0,275	0,288	0,278	0,319	0,329	0,357	0,335	0,289	0,308	0,334
6	0,290	0,334	0,354	0,326	0,269	0,251	0,295	0,272	0,299	0,336	0,346	0,327	0,286	0,307	0,332
Ø	0,292	0,333	0,366	0,330	0,270	0,273	0,286	0,277	0,302	0,314	0,334	0,317	0,288	0,307	0,329
F — hodnota															
— pro varianty	0,89	0,73	0,53	0,74	3,74*	2,19	0,58	1,68	0,78	3,57*	1,51	3,65*	0,84	0,51	0,15
— odrůdy				8,15*				1,79				5,81			
— varianty × odrůdy				0,62				0,94				0,29			
— roky													29,73**	9,68*	18,19**
— varianty × roky													1,14	2,17*	1,32
Průkazný rozdíl pro varianty															
P = 0,05	0,046	0,088	0,072	0,052	0,031	0,052	0,091	0,037	0,091	0,052	0,092	0,048	0,031	0,033	0,043
0,01	0,061	0,115	0,094	0,068	0,040	0,069	0,119	0,049	0,120	0,068	0,120	0,063	0,038	0,041	0,053
— odrůdy															
P = 0,05				0,065				0,032				0,035			
P = 0,01				0,105				0,051				0,056			
— roky															
P = 0,05													0,013	0,042	0,041
P = 0,01													0,019	0,061	0,060

III. Obsah celkového dusíku (v procentech sušiny) — Total nitrogen content (percentage of dry matter)

Varianta	1986				1987				1988				Průměr 1986—1988		
	Resy	Radka	Kamýk	Ø	Resy	Radka	Kamýk	Ø	Resy	Radka	Kamýk	Ø	Resy	Radka	Kamýk
1	1,533	1,750	1,517	1,600	1,483	1,290	1,217	1,330	1,403	1,373	1,200	1,326	1,473	1,471	1,311
2	1,520	1,633	1,490	1,548	1,277	1,283	1,153	1,238	1,570	1,540	1,467	1,526	1,456	1,486	1,370
3	1,553	1,580	1,457	1,530	1,430	1,433	1,200	1,354	1,613	1,570	1,443	1,542	1,532	1,528	1,367
4	1,493	1,537	1,457	1,496	1,377	1,387	1,273	1,346	1,527	1,490	1,430	1,482	1,466	1,471	1,387
5	1,440	1,583	1,413	1,479	1,380	1,320	1,183	1,294	1,653	1,577	1,487	1,572	1,491	1,493	1,361
6	1,473	1,627	1,420	1,507	1,343	1,193	1,243	1,260	1,577	1,620	1,473	1,557	1,464	1,480	1,379
Ø	1,502	1,618	1,459	1,526	1,382	1,318	1,212	1,304	1,557	1,528	1,417	1,501	1,480	1,488	1,362
F — hodnota pro															
— varianty	1,09	0,72	0,46	0,82	2,51	1,94	0,45	1,95	1,22	2,35	2,25	4,56*	0,72	0,28	0,51
— odrůdy				1,56				3,35				2,78			
— varianty × odrůdy				0,54				1,15				0,20			
— roky													8,32*	6,80*	6,58*
— varianty × roky													1,83	1,95	1,54
Průkazný rozdíl pro varianty															
P = 0,05	0,196	0,425	0,287	0,235	0,220	0,297	0,312	0,168	0,386	0,279	0,354	0,210	0,142	0,172	0,161
P = 0,01	0,257	0,556	0,376	0,308	0,288	0,389	0,409	0,219	0,505	0,366	0,464	0,275	0,173	0,210	0,197
— odrůdy															
P = 0,05				0,333				0,236				0,224			
P = 0,01				0,537				0,381				0,361			
— roky															
P = 0,05													0,135	0,257	0,224
P = 0,01													0,197	0,374	0,326

rané odrůdy Resy k pozdní odrůdě Kamýk. V průměru byl nejnižší obsah dusíku v sušině hlíz zjištěn u varianty 1 a u odrůdy Kamýk. Opačně nejvyšší u varianty 3 a odrůdy Resy. Ze zjištěných tendencí vyplývá předpoklad pro pokles obsahu dusíku v sušině hlíz se stoupající délkou vegetační doby.

Obsah dusičnanového dusíku v procentech původní hmoty hlíz brambor (tab. IV) byl ovlivněn variantami hnojení ($F = 5,06^*$) pouze v roce 1988, a to jen při hodnocení průměrných výsledků. Vliv odrůd byl výraznější a v letech 1987 a 1988 přesáhl hranice významnosti. Důvodem byl především pokles obsahu u pozdní odrůdy Kamýk, který byl vždy průkazný (k odrůdě Radka v roce 1987) až vysoce průkazný. Za zaznamenání stojí skutečnost, že obsah u odrůdy Kamýk byl výrazně nižší než u ostatních odrůd i v roce 1986, ale rozdíl nedosáhl hranice významnosti. V roce 1986 byl zaznamenán poměrně vysoký obsah dusičnanového dusíku u odrůdy Radka (významně vyšší i k odrůdě Resy) a ten do určité míry narušil tendenci zjištěnou v ostatních letech, ve kterých klesl jeho obsah od velmi rané k pozdní odrůdě.

Obsah dusičnanového dusíku (tab. V) v procentech sušiny nebyl variantami hnojení významně ovlivněn v žádném případě. V průměru nejvyšší obsah u odrůd Resy a Radka byl zjištěn při zvýšené dávce dusíkatých hnojiv varianty 3, u odrůdy Kamýk při zvýšení dávky fosforečných a draselných hnojiv (varianta 6). Na rozdíl od hnojení je jednoznačně působení zkoušených odrůd, v jejichž případě byl zjištěn významný (1986) a vysoce významný (1987 a 1988) vliv, projevující se především v rozdílu hodnot odrůdy Kamýk s ostatními odrůdami. Je otázkou, souvisí-li pokles obsahu dusičnanového dusíku u odrůdy Kamýk s délkou vegetační doby anebo ve větší míře s geneticky založeným předpokladem pro dosažení vysokého obsahu škrobu. U všech odrůd zařazených v pokuse se vysoce významně uplatnil vliv ročníku (výrazněji u odrůdy Kamýk).

Podíl dusičnanového dusíku z celkového dusíku v sušině hlíz (tab. VI) byl variantami hnojení ovlivněn významně pouze u odrůdy Kamýk v letech 1987 a 1988. Nejednoznačnost, zaznamenaná u statisticky průkazných výsledků a navíc nepotvrzená u ostatních odrůd a let, ukazuje na okolnost, že vliv variant hnojení na změnu podílu dusičnanového dusíku byl nepodstatný. Naproti tomu byl zaznamenán významný vliv ročníku, a to především pro pokles podílu zaznamenaném v roce 1987. U odrůdy Resy a Kamýk byl rozdíl vždy vysoce průkazný, u odrůdy Radka pouze průkazný ve srovnání s rokem 1988. Poměrně jednoznačný byl pokles podílu od velmi rané k pozdní odrůdě (až na výjimku u odrůdy Radka v roce 1988), a to se projevilo i tím, že vliv odrůdy nebyl významný pouze v roce 1986.

Obsah dusičnanů v původní hmotě hlíz brambor (tab. VII) nebyl variantami hnojení prakticky ovlivněn. Výjimka vyplynula pouze z hodnocení roku 1988. Vliv odrůd byl vysoce významný v letech 1987 a 1988 a souvisel se snížením obsahu u pozdní odrůdy Kamýk. Tato tendence byla zaznamenaná i v roce 1986, ale rozdíl nepřesáhl hranice významnosti. S výjimkou roku 1986 (odrůda Radka) byla patrná tendence poklesu obsahu od velmi rané k pozdní odrůdě. Skutečností je, že rozdíl mezi velmi ranou odrůdou Resy a poloranou odrůdou Radka byl minimální a s ohledem na výsledky roku 1988 byl v průměru celého pokusného období obsah u této odrůdy dokonce nevýznamně vyšší.

IV. Obsah dusičnanového dusíku (v mg na 100 g původní hmoty) — Nitrate nitrogen content (mg per 100 g original matter)

Varianta	1986				1987				1988				Průměr 1986–1988		
	Resy	Radka	Kamýk	Ø	Resy	Radka	Kamýk	Ø	Resy	Radka	Kamýk	Ø	Resy	Radka	Kamýk
1	5,687	6,063	4,140	5,297	3,230	2,733	2,060	2,674	5,120	2,097	4,443	5,220	4,679	4,964	3,548
2	5,723	5,130	3,687	4,847	2,973	2,740	2,010	2,574	4,820	5,950	3,990	4,920	4,506	4,607	3,229
3	5,720	5,833	4,030	5,194	3,037	2,937	2,030	2,668	6,023	6,327	4,293	5,548	4,927	5,032	3,451
4	5,497	5,083	3,917	4,832	3,030	2,350	2,177	2,519	5,800	6,177	3,763	5,247	4,776	4,537	3,286
5	5,570	5,557	5,817	4,981	3,010	2,643	2,287	2,647	5,197	6,100	4,217	5,171	4,592	4,767	3,440
6	5,550	5,660	4,143	5,101	3,050	2,823	2,070	2,648	5,647	6,250	4,330	5,409	4,732	4,911	3,514
Ø	5,616	5,554	3,956	5,042	3,055	2,704	2,106	2,622	5,434	6,150	4,173	5,252	4,702	4,803	3,411
F – hodnota pro															
– varianty	0,08	0,23	0,57	0,51	0,19	1,28	1,12	0,30	3,23	0,63	2,28	5,06*	0,76	0,52	1,51
– odrůdy				3,43				26,58**				56,71**			
– varianty × odrůdy				0,14				1,03				1,65			
– roky													21,29**	13,92**	77,42**
– varianty × roky													0,98	0,18	0,93
Průkazný rozdíl pro varianty															
P = 0,05	1,871	3,929	1,186	1,293	1,019	0,865	0,490	0,551	1,258	0,812	0,816	0,468	0,722	1,197	0,444
P = 0,01	2,450	5,140	1,554	1,693	1,335	1,132	0,641	0,722	1,647	1,063	1,069	0,613	0,880	1,459	0,541
– odrůdy															
P = 0,05				2,564				0,469				0,670			
P = 0,01				4,131				0,756				1,079			
– roky															
P = 0,05													1,344	2,142	0,560
P = 0,01													1,960	3,124	0,817

V. Obsah dusičnanového dusíku (v mg na 100 g sušiny) — Nitrate nitrogen content (mg per 100 g dry matter)

Varianta	1986				1987				1988				Průměr 1986–1988		
	Resy	Radka	Kamýk	Ø	Resy	Radka	Kamýk	Ø	Resy	Radka	Kamýk	Ø	Resy	Radka	Kamýk
1	29,42	29,66	16,54	25,21	16,23	13,20	7,87	12,45	26,03	29,44	18,31	24,59	23,89	24,10	14,24
2	30,22	26,49	14,62	23,78	15,37	13,09	7,98	12,15	24,82	28,59	18,92	24,11	23,47	22,72	13,84
3	29,18	28,12	16,31	24,54	15,53	14,07	8,06	12,55	30,65	31,43	18,25	26,78	25,12	24,54	14,21
4	28,09	24,73	15,53	22,78	15,40	11,60	8,70	11,90	30,44	30,90	16,11	25,82	24,64	22,41	13,45
5	28,97	27,22	15,11	23,77	15,34	12,65	9,41	12,47	26,97	29,24	17,58	24,59	23,76	23,04	14,04
6	27,96	27,47	16,42	24,02	15,30	13,40	8,53	12,41	29,85	30,16	18,43	26,15	24,37	23,67	14,53
Ø	28,97	27,28	15,79	24,02	15,53	13,00	8,43	12,32	28,13	29,96	17,93	25,34	24,21	23,41	14,05
F – hodnota pro															
– varianty	0,15	0,23	0,75	0,46	0,08	1,06	2,50	0,21	2,15	1,23	2,45	1,97	0,38	0,47	0,87
– odrůdy				7,77*				49,77**				44,71**			
– varianty × odrůdy				0,17				0,66				1,97			
– roky													16,46**	12,78**	78,73**
– varianty × roky													0,99	0,28	1,65
Průkazný rozdíl pro varianty															
P = 0,05	10,50	16,68	4,67	5,89	6,11	3,95	1,81	2,64	8,38	4,76	3,10	3,69	4,31	5,19	1,72
P = 0,01	13,75	21,85	6,12	7,71	8,00	5,17	2,37	3,46	10,98	6,23	4,06	4,83	5,25	6,33	2,10
– odrůdy															
P = 0,05				12,97				2,57				4,88			
P = 0,01				20,90				4,14				7,87			
– roky															
P = 0,05													8,05	11,07	2,44
P = 0,01													11,75	16,15	3,56

VI. Podíl dusičnanového dusíku v celkovém dusíku (v procentech sušiny) — The share of nitrate nitrogen in total nitrogen (percentage of dry matter)

Varianta	1986				1987				1988				Průměr 1986–1988		
	Resy	Radka	Kamýk	Ø	Resy	Radka	Kamýk	Ø	Resy	Radka	Kamýk	Ø	Resy	Radka	Kamýk
1	1,920	1,727	1,090	1,579	1,097	1,027	0,667	0,930	1,910	2,147	1,550	1,869	1,642	1,633	1,102
2	1,980	1,630	0,980	1,530	1,197	1,030	0,693	0,973	1,580	1,863	1,290	1,578	1,586	1,508	0,988
3	1,873	1,790	1,130	1,598	1,080	0,980	0,673	0,911	1,900	2,003	1,267	1,723	1,618	1,591	1,023
4	1,880	1,603	1,067	1,517	1,120	0,847	0,690	0,886	1,990	2,087	1,127	1,734	1,663	1,512	0,961
5	2,007	1,797	1,063	1,622	1,113	0,970	0,793	0,959	1,633	1,853	1,183	1,557	1,584	1,540	1,013
6	1,930	1,780	1,170	1,618	1,137	1,130	0,690	0,986	1,897	1,863	1,257	1,672	1,646	1,591	1,039
Ø	1,927	1,721	1,083	1,577	1,124	0,997	0,701	0,941	1,818	1,969	1,279	1,689	1,623	1,563	1,021
F — hodnota pro															
— varianty	0,14	0,12	1,39	0,25	0,34	1,32	4,31*	0,78	0,97	2,78	3,33*	2,76	1,17	0,31	2,11
— odrůdy				4,33				68,89**				143,15**			
— varianty × odrůdy				0,14				1,32				0,98			
— roky													18,25**	6,29*	73,65**
— varianty × roky													0,81	0,51	3,13**
Průkazný rozdíl pro varianty															
P = 0,05	0,708	1,209	0,270	0,436	0,338	0,397	0,110	0,214	0,839	0,377	0,393	0,339	0,335	0,387	0,143
P = 0,01	0,927	1,583	0,354	0,570	0,442	0,520	0,144	0,281	1,098	0,494	0,514	0,444	0,409	0,472	0,174
— odrůdy															
P = 0,05				1,066				0,132				0,153			
P = 0,01				1,718				0,212				0,246			
— roky															
P = 0,05													0,443	0,874	0,149
P = 0,01													0,646	1,275	0,217

VII. Obsah dusičnanů (v mg NaNO₃ na 1 kg půdní hmoty) — Nitrate content (mg NaNO₃ in 1 kg original matter)

Varianta	1986				1987				1988				Průměr 1986—1988		
	Resy	Radka	Kamýk	Ø	Resy	Radka	Kamýk	Ø	Resy	Radka	Kamýk	Ø	Resy	Radka	Kamýk
1	344,8	367,6	251,2	321,2	187,7	165,8	125,1	159,6	310,6	369,9	269,5	316,6	218,0	301,1	215,3
2	347,1	335,7	223,8	302,2	180,4	166,3	121,9	156,2	292,3	360,8	242,1	298,4	273,3	287,6	195,9
3	347,1	353,9	244,3	315,1	184,1	178,1	123,3	161,8	365,3	383,6	260,3	336,4	298,2	305,2	209,3
4	333,4	308,3	237,5	393,1	183,6	142,5	131,9	152,7	351,6	374,5	228,4	318,2	289,5	275,1	199,3
5	337,9	337,0	231,5	302,2	182,7	160,3	138,8	160,6	315,1	369,9	255,7	313,6	278,6	289,1	208,7
6	366,7	343,4	251,2	324,0	184,9	171,3	125,6	160,6	342,5	379,0	262,6	328,0	298,0	297,9	213,1
Ø	346,2	341,0	239,9	309,0	183,9	164,1	127,8	158,6	329,6	372,9	253,1	318,5	286,6	292,7	206,9
F — hodnota pro															
— varianty	0,27	0,21	0,57	0,53	0,03	1,28	1,12	0,22	3,24	0,64	2,28	5,02*	1,13	0,52	1,51
— odrůdy				3,70				25,69**				56,23**			
— varianty × od růdy				0,14				0,97				1,66			
— roky													22,4**	12,35**	77,85**
— varianty × roky													0,97	0,18	0,92
Průkazný rozdíl pro varianty															
P = 0,05	107,6	211,9	72,0	77,4	64,7	52,6	29,8	36,0	76,2	48,9	49,3	28,48	42,8	65,3	26,9
P = 0,01	140,7	277,5	94,3	101,4	84,8	68,9	39,0	47,2	99,7	64,1	64,6	37,29	52,2	79,6	32,8
— odrůdy															
P = 0,05				157,0				28,3				40,8			
P = 0,01				152,9				45,6				65,7			
— roky															
P = 0,05													81,9	138,9	33,8
P = 0,01													119,5	202,7	49,4

Ze všech těchto údajů vyplývá, že vliv hnojení a odrůd na jednotlivé ukazatele nelze sledovat odtrženě od vlivu roku a vzájemných interakcí. Vysoká průkaznost vlivu ročníku byla podmíněna i rozdílností průběhu počasí v jednotlivých letech. Zatímco roky 1986 a 1988 byly teplotně nadnormální, byl rok 1987 pouze mírně nad dlouhodobým průměrem. Srážkově však rok 1987 vysoce překročil dlouhodobý průměr, a to o 33,5 %, zatímco rok 1986 pouze o 5,2 % a v roce 1988 dokonce byly srážky po celou dobu pod dlouhodobým průměrem. Takto lze též vysvětlit odlišnosti roku 1987 od ostatních ročníků ve sledovaných hodnotách.

Spojitosť obsahu celkového dusíku, vyjádřeného v procentech původní hmoty, s délkou vegetační doby byla v průměru všech roků jednoznačná, což se projevilo i v jednotlivých letech. Toto zjištění podporuje i vysoká průkaznost, zjištěná u sledovaných odrůd v jednotlivých letech. Souvislost délky vegetační doby s hnojením prakticky prokázána nebyla, je tedy možno hodnotit tento vztah se schopností odrůdy využít nabídky dusíku, která je i v případě nižších dávek dostatečná. Zcela opačná tendence vyplynula při vyjádření obsahu celkového dusíku v procentech sušiny. Tento rozdíl lze odůvodnit tím, že při vyjádření obsahu celkového dusíku v procentech sušiny jde o hodnotu, která není ovlivněna nízkým obsahem vody, jako je tomu při vyjádření v procentech původní hmoty. K tomu přistupuje ještě jeden faktor, a to je změna v obsahu hlavní sušiotvorné substance — škrobu, jehož podíl se u odrůd s delší vegetační dobou zvyšuje oproti odrůdám s kratší vegetační dobou. Vliv ročníku je však i na této hodnotě patrný, i když jenom významně.

Obsah dusičnanového dusíku v procentech původní hmoty je hodnota vyjadřující obsah významné složky dusíkatého komplexu. I když vliv variant hnojení jako celku byl nevýznamný, přesto lze z údajů vyvodit tendenci ke zvýšení obsahu dusičnanového dusíku se zvyšující se dávkou dusíku (porovnání variant 1, 2, 3). Současně lze vyvodit i tendenci k poklesu obsahu této hodnoty mezi odrůdou velmi ranou a pozdní. Poloraná odrůda Radka v průměru roků z této tendence vybočila, což však bylo způsobeno podmínkami roku 1986. Ze statistického hodnocení opět vyplývá, že i vliv vegetačního roku je dominantní, a to vysoce významně. Je však důležité, že oproti obsahu celkového dusíku se u pozdních odrůd projevuje tendence k nižší akumulaci dusičnanového dusíku.

Obsah dusičnanového dusíku (v procentech sušiny) byl vysoce významně ovlivněn vedle vegetačního roku i odrůdou, přičemž tendence k poklesu obsahu u odrůd s delší vegetační dobou zůstala zachována. Výrazný pokles u odrůdy Kamýk napovídá, že geneticky fixovaná nízká akumulace dusičnanového dusíku v procentech sušiny může být, jak již bylo uvedeno, i ve spojitosti s vyšším hromaděním škrobu. Je tedy nutné porovnat tuto tendenci s pozdní odrůdou, avšak konzumního užitkového směru. Podíl dusičnanového dusíku z celkového obsahu dusíku je veličinou indikující v podstatě schopnost odrůd metabolizovat přijatý dusík do příslušné formy. Této schopnosti odpovídají i příslušné statistické hodnoty. S délkou vegetační doby klesá i podíl dusičnanového dusíku, a to u odrůdy Kamýk velmi výrazně.

Z hodnocení obsahu dusičnanů je zřejmé, že tendence k poklesu obsahu ve vztahu k délce vegetační doby zůstala v průměru všech hodnot zachována. Rovněž tak vliv vegetačního roku, který je vysoce průkazný, byl zejména u pozdní odrůdy Kamýk nejvyšší. Z porovnání obsahu dusičnanů s limitními hodnotami (300 mg . kg⁻¹ pro rané, 250 mg . kg⁻¹

pro pozdní) vyplývá, že limitní hodnota pro odrůdy Resy a Kamýk překročena nebyla. Odrůda Radka však tomuto limitu nevyhověla. Příčinu této odchylky lze hledat spíše v tom, že v době největšího metabolismu dusíkatých látek (fáze plného květu a odkvětu) nebyly příznivé podmínky k přeměně přijatých dusičnanů v další složky. Nelze hovořit o předávkování dusíkem, protože vliv variant nebyl významný. Vztah obsahu dusičnanů k výsledné kvalitě produkce se projevuje tím, že by brambory byly po stránce stolní hodnoty méně kvalitní. Jde v tomto případě spíše o záležitost zdroje dusičnanů v celodenní přípustné dávce člověka, která podle WHO činí 300 mg NaNO_3 na osobu o hmotnosti 60 kg. Uvažujeme-li o denní dávce brambor 200 g, pak při obsahu 300 mg na 1 kg syrových hlíz (limit pro rané) kryjí brambory denní možnou dávku dusičnanů z 20 %. Je zřejmé, že při nižším obsahu dusičnanů v bramborách je krytí dávky dusičnanů bramborami pro lidský organismus výhodnější.

Literatura

BEČKA, J. — MÍČA, B.: Obsah dusičnanů a jejich podíl v celkovém obsahu dusíku v hlízách brambor během vegetace. Acta Univ. agric. (Brno) Řada A, 34, 1986, č. 2, s. 129-142.

DAVÍDEK, J.: Laboratorní příručka analýzy potravin. Praha, SNTL 1977.

MÍČA, B.: Kvalita brambor. In: Sbor. Věd. techn. spol. Kvalita stolních a konzumních brambor a její ovlivnění. Havlíčkův Brod, 1986.

MÍČA, J. — BEČKA, J.: Obsah dusičnanů a jejich podíl v celkovém obsahu dusíku v hlízách brambor z různých stanovišť. Acta Univ. agric. (Brno), Řada A, 32, 1984, č. 1, s. 9-15.

Došlo dne 1. 11. 1989

МИЧА, Б. — ВОКАЛ, Б. (ОСЕВА — Научно-селекционный институт картофеля, Г. Брод): Изменения в содержании всего и нитратного азота в разных сортах картофеля под влиянием удобрения. Rostl. Vyr., 36, 1990 (4) : 355-366.

В период 1986—88 гг. в ходе точных полевых опытов прослеживали за упомянутыми изменениями у 3 сортов с разными условиями удобрения и периодом вегетации. В первоначальной массе клубней содержание всего азота больше всего зависит от года посева, тогда как сильное влияние сортов отмечено лишь в 1986 г., а удобрения — в 1988 г., причем оно растет с продолжительностью вегет. периода. В сухом же веществе клубней на него влияет лишь год посева. Заметного влияния сорта не отмечено, хотя у большинства сортов оно понижалось, начиная с раннего сорта Реси к позднему Камыку. Влияние же удобрения себя практически не проявило. На содержание нитратного азота в первоначальной массе клубней влиял прежде всего год посева, в некоторой мере и сорт при тенденции к сокращению этого содержания с продолжительностью периода вегетации. Удобрение же себя не проявило. В сухом веществе клубней на него влияют как год посева, так и сорт с заметной тенденцией к понижению содержания с продолжительностью вегет. периода. Варианты же удобрения влияли незначительно, как и на долю нитр. азота в общем его объеме. Единственно понижалась эта доля в направлении от самого раннего сорта к позднему. Влияние года посева опять же значимо. На содержание нитратов влияют опять год посева и в меньшей мере сорт с той же тенденцией. Удобрение влияет заметно лишь в отдельных случаях.

картофель; удобрение; общее содержание азота; нитраты

MÍČA, B. — VOKÁL, B. (OSEVA — Research and Breeding Institute of Potato-growing, Havlíčkův Brod): Changes in total and nitrate nitrogen contents in potato varieties and at different fertilizing. Rostl. Vyr., 36, 1990 (4) : 355-366.

In 1986 to 1988 exact field trials were performed to investigate changes in total and nitrate nitrogen contents in three potato varieties with different vegetation period and fertilizing. Total nitrogen content in the tuber original matter was influenced most markedly by the year; significant influence of the variety was observed only

in 1986, significant influence of fertilizing treatments was demonstrated only in 1988. The longer the period, the higher was the total nitrogen content. Total nitrogen content in tuber dry matter was influenced markedly only by the year. No significant influence of the variety was demonstrated, even though it was decreasing from the very early variety, Resy, to the late variety, Kamýk. Practically no influence of fertilizing was observed. The content of nitrate nitrogen in the tuber original matter was influenced first of all by the year, to a certain extent also by the variety; a tendency of the lower content at the longer vegetation period prevailed, but it was not uniform. No influence of fertilizing was observed. The content of nitrate nitrogen in the tuber dry matter was influenced by conditions of the year and also by the variety. In the varieties a tendency of the lower content at the longer vegetation period of potatoes was manifest. The influence of fertilizing treatments was insignificant. The share of nitrate nitrogen in total nitrogen content was not influenced to a great extent by fertilizing treatments. An explicit decrease of this share from very early varieties to late varieties was found out. The influence of the year was statistically significant. Nitrate content was also influenced first of all by the year, then by the variety; certain tendency of the lower content decreasing from the very early to the late variety was not uniform.

potatoes; fertilizing; total nitrogen; nitrates

MÍČA, B. — VOKÁL, B. (OSEVA — Institut für Kartoffelzüchtung und -forschung, Havlíčkův Bod): *Veränderungen des Gesamt- und Nitratstickstoffgehalts bei verschiedenen Kartoffelsorten und unterschiedlicher Düngung*. Rostl. Vyr., 36, 1990 (4) : 355-366.

In exakten Feldversuchen in den Jahren 1986 bis 1988 wurden Veränderungen des Gesamt- und des Nitratstickstoffgehalts bei drei verschiedenen Kartoffelsorten mit unterschiedlich langer Vegetationszeit und unter verschiedenen Bedingungen der Düngung untersucht. Der Gehalt an Gesamtstickstoff in der ursprünglichen Knollenmasse war am signifikantesten durch den Jahrgang beeinflusst, ein signifikanter Anteil der Sorten konnte ausschließlich im Jahr 1986 verzeichnet werden, ein signifikanter Einfluß der Düngungsvarianten wurde nur für das Jahr 1988 nachgewiesen. Der Gesamtstickstoffgehalt stieg mit der sich verlängernden Vegetationszeit an. Der Gesamtstickstoffgehalt in der Trockensubstanz der Knollen wurde nur durch den Jahrgang signifikant beeinflusst. Ein signifikanter Einfluß der Sorte konnte nicht nachgewiesen werden, obwohl bei den meisten Fällen dieser Einfluß von der sehr frühen Sorte Resy zur späten Sorte Kamýk hin zurückging. Die Düngung machte sich praktisch nicht geltend. Der Gehalt des Nitratstickstoffs in der ursprünglichen Knollenmasse war vor allem durch den Jahrgang und in gewissem Maße auch durch die untersuchten Sorten, bei zwar überwiegender, aber uneinheitlicher Tendenz zu einer Verminderung des Gehalts mit zunehmender Länge der Vegetationszeit, beeinflusst. Ein Einfluß der Düngung kam nicht zur Geltung. Der Gehalt des Nitratstickstoffs in der Knollentrockensubstanz war durch den Jahrgang charakter beeinflusst und auch der Sorteneinfluß machte sich bemerkbar. In dieser Beziehung war eine Tendenz des Gehaltrückgangs im Zusammenhang mit der Länge der Vegetationszeit der Kartoffeln betont. Der Einfluß der Düngungsvarianten war hier unsignifikant. Der Anteil des Nitratstickstoffs am Stickstoffgesamtgehalt war durch die Düngungsvarianten kaum wesentlich beeinflusst. Eindeutig kam der Rückgang des Anteils von der sehr frühen zu der späten Sorte hin zum Ausdruck. Der Einfluß des Jahrgangs war wiederum statistisch signifikant. Der Nitratgehalt war auch hier vor allem durch den Jahrgang und in gewissem Maße auch durch die Sorten beeinflusst, mit keineswegs eindeutiger Tendenz einer Gehaltsverminderung von der sehr frühen zur späten Sorte hin. Ein markanter Einfluß der Düngung war nur vereinzelt zu verzeichnen.

Kartoffeln; Düngung; Gesamtstickstoff; Nitrate

Adresa autorů:

Ing. Bohumil Míča, CSc., ing. Bohumil Vokál, CSc., OSEVA — Koncernový výzkumný a šlechtitelský ústav bramborářský, Dobrovského 2366, 580 01 Havlíčkův Brod

VÝSKYT IMISÍ V OVZDUŠÍ A OBSAH TĚŽKÝCH KOVŮ V ZEMĚDĚLSKÝCH PLODINÁCH

V. Petříková

PETŘÍKOVÁ, V. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně): *Výskyt imisí v ovzduší a obsah těžkých kovů v zemědělských plodinách*. Rostl. Výr., 36, 1990 (4) : 367-378.

Sledováním výskytu SO_2 (NO_x) byla charakterizována imisní situace zemědělské krajiny v pěti vybraných oblastech ČSR. Zvýšená kontaminace SO_2 byla pravidelně zaznamenána v zimním období, výskyt NO_x byl v průběhu celého roku téměř rovnoměrný. V návaznosti na lokality, kde byl sledován SO_2 , byly odebírány vzorky rostlin z provozních honů za účelem stanovení obsahu těžkých kovů (TK). V řadě případů nekorespondoval zvýšený obsah TK v rostlinách se zvýšenou koncentrací SO_2 v ovzduší. Dosavadní výsledky naznačují, že významnějším zdrojem kontaminace rostlin těžkými kovy je znečištěné ovzduší než jejich příjem kořenovým systémem z půdního substrátu.

imise; SO_2 ; NO_x ; těžké kovy; kontaminace rostlin

Zemědělská výroba je stále více ovlivňována nežádoucími vlivy vnějšího prostředí, zejména splodinami koncentrované průmyslové činnosti. Za nejzávažnější jsou považovány imise, obsahující celou škálu látek plyných, pevných i aerosolů, které jsou v rozptýleném ovzduší nesnadno identifikovatelné. Problematikou kontaminace rostlin a půdy se zabývala celá řada autorů (Guderian, Haut, 1970; Cibulka et al., 1983; Kabata et al., 1984; Jonáš, 1985; Klocke, 1985; Kolář, 1988 aj.), avšak dosavadní výsledky jsou často nejednotné. Je to dáno tím, že se účinky cizorodých látek (prvků) mohou měnit velmi snadno vlivem vnějších podmínek (půdní vlastnosti, klima, způsob hnojení, druh rostliny, roční období a další). Významný může být též rozdíl mezi působením látek jednotlivě nebo souborně v interakci. Závěry, které lze na základě literárních údajů alespoň částečně zobecnit, lze vyjádřit stručně takto:

- příjem většiny toxických prvků (TP) z půdy kořenovým systémem je intenzivnější v kyselém prostředí (vyjma Mo), takže výskyt kyselých imisí podporuje vstup TP do rostlin;
- na přímém poškození rostlin má významný podíl výskyt ozónu v ovzduší;
- cizorodé látky mohou rostliny přijímat též přímo z vnějšího prostředí povrchovými pletivami;
- zdrojem kontaminace rostlin TP je pravděpodobně ve větší míře znečištěné ovzduší než půda;
- nejzávažnější ze zdravotního hlediska je kontaminace kadmíem, rtutí, olovem a arzénem (Cd, Hg, Pb a As).

V našich podmínkách je nejsledovanější kyslíčník siřičitý, který je též považován za index znečištění ovzduší.

MATERIÁL A METODA

Pro účely sledování intenzity výskytu imisí (u nás SO_2) ve vztahu ke kontaminaci zemědělských plodin cizorodými látkami bylo nezbytné vybudovat vlastní modelovou síť, neboť ve volné zemědělské krajině není dostatečně hustá. Ve spolupráci s Agrostavem Liberec a HMÚ bylo vybráno pět lokalit, kde byla stávající síť HMÚ doplněna o dalších 41 stanic měřících SO_2 podle přehledu:

- oblast středně zasažená imisemi:
 1. okresy Liberec + Jablonec nad Nisou
- pánevní oblast (s předpokládaným největším imisním zatížením)
 2. okres Chomutov
 3. okres Žatec
 4. okres Sokolov
- referenční oblast (s předpokládaným minimálním zatížením imisemi)
 5. okres Žamberk

Měření výskytu SO_2 se provádí metodou West-Gaeke; jde o standardní metodu používanou v HMÚ. Pro účely hodnocení našich experimentů využíváme též údaje ze stanic HMÚ, pokud jsou vhodně umístěny ve volné zemědělské krajině. Dosud sledujeme pouze SO_2 (a NO_x), i když by bylo potřebné zjišťovat i další polutanty v ovzduší, což zatím není z technických důvodů proveditelné.

V zájmové oblasti jednotlivých měřicích stanic jsou každoročně odebírány vzorky různých zemědělských plodin, ve kterých jsou stanoveny obsahy těžkých kovů. Předmětem tohoto příspěvku je hodnocení výsledků analýz dosud zpracovaných 555 vzorků rostlin.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Souhrnná měření SO_2 v přepočtu na aritmetický průměr denních koncentrací (resp. za 24 h) jsou uvedeny v tab. I. Jsou to veškeré stanice (včetně HMÚ), v jejichž zájmovém území jsou odebírány vzorky rostlin pro stanovení toxických prvků. Z těchto údajů vyplývá, že se výskyt SO_2 velmi silně mění v průběhu ročního období. Nejnížší výskyt je v létě, nejvyšší v zimních měsících, zejména v lednu a únoru. Nejvíce je zatížena v průměru oblast Chomutova (roční průměr $85 \mu\text{g SO}_2 \cdot \text{m}^{-3}$ vzduchu), dále Žatec ($65 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$), Sokolova ($54 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$), Liberce a Jablonce nad Nisou ($48 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) a nejnižší výskyt SO_2 má oblast Žamberka ($44 \mu\text{g SO}_2 \cdot \text{m}^{-3}$ vzduchu).

Plošné rozložení výskytu SO_2 jako příklad znázorňuje situaci pouze v roce 1987. Výskyt SO_2 v závislosti na plošném rozložení bude sledován i v dalších letech a vývoj zatížení atmosféry vlivem SO_2 bude i nadále důkladně ověřován.

Oblast okresů Liberec a Jablonec nad Nisou patří v rámci vybraných pěti oblastí mezi středně zasažené plynnými imisemi (tab. I). Vzhledem k časovému předstihu měření výskytu SO_2 je lze hodnotit již také v závislosti na čase, jak vyplývá z tab. II. Průměrný výskyt SO_2 v oblasti se plynule zvyšuje, a sice z $26 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ v roce 1985 na $46 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ v roce 1987. Znamená to, že byl výskyt SO_2 oproti roku 1985 zvýšen o 23 % v roce 1986 a o 77 % v následujícím roce 1987. Absolutní hodnoty nejsou v průměru sice zvlášť vysoké, avšak tento nepříznivý vývoj je velmi závažným signálem zhoršování podmínek pro zemědělskou výrobu ve sledované oblasti. Je znepokojující především proto, že se v tak krátké době — tři roky výskyt SO_2 téměř zdvojnásobil.

I. Výskyt SO_2 ($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ vzduchu); měsíční průměr denních koncentrací v jednotlivých oblastech (průměr měřicích stanic) — SO_2 contents (μg per m^3 air); monthly average values of daily concentrations in the given regions (average values of monitoring stations)

Oblast	Měsíce (rok 1987)											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Liberec + Jablonec nad Nisou	150	116	60	40	25	16	12	13	19	20	41	58
Chomutov	225	196	130	71	47	28	34	25	27	69	68	94
Žatec	202	185	104	57	36	13	15	18	18	28	31	81
Sokolov	165	177	95	32	21	6	9	9	12	23	39	54
Žamberk	196	97	42	22	29	25	8	6	9	14	30	46

II. Vývoj znečištění ovzduší SO_2 v okrese Liberec a Jablonec nad Nisou (průměr denních koncentrací v $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ vzduchu) — The pattern of SO_2 air pollution in the Liberec and Jablonec nad Nisou districts (average daily concentrations in μg per m^3 air)

Stanice	Rok			Procenta roku 1985	
	1985	1986	1987	1986	1987
Bulovka	29	29	35	0	+ 20
Dětrichov	24	38	56	+58	+133
Družcov	21	22	36	+ 4	+ 71
Svijany	27	46	60	+70	+ 30
Sychrov	16	24	34	+50	+112
Všelibice	28	35	42	+25	+ 50
Maxov	36	42	46	+16	+ 27
Smržovka	25	34	46	+36	+ 84
Pulečný	38	33	49	-17	+ 28
Zásada	23	20	38	-17	+ 65
Zlatá Olešnice	27	31	47	+15	+ 74
Železný Brod	42	34	58	+23	+ 38
Průměr	26	32	46	+23	+ 77

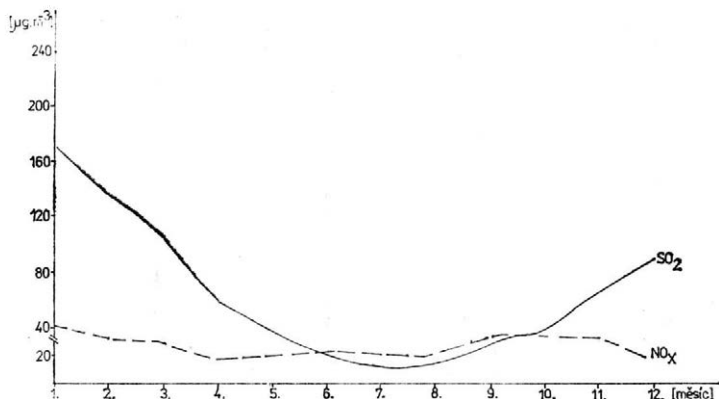
Na rozdíl od výskytu SO_2 , který se výrazně mění v průběhu ročního období, je výskyt NO_x téměř rovnoměrný během celého roku (tab. III). Příklad těchto rozdílů je uveden na obr. 1, který znázorňuje obě kyselé imise (SO_2 a NO_x) zjištěné ve stanici Chrastava.

Z hlediska kontaminace potravních řetězců jsme se zaměřili na sledování obsahu nejzávažnějších toxických prvků ve sklizených plodinách. Vedle čtyř prvků (Cd, Hg, Pb a As), které jsou ze zdravotního hlediska nejnebezpečnější, jsme soubor doplnili dále o analýzy chrómu, niklu, kobaltu, zinku, manganu, mědi a železa (Cr, Ni, Co, Zn, Mn, Cu a Fe).

III. Průměrný obsah těžkých kovů v rostlinách v jednotlivých lokalitách v roce 1986 a 1987 v mg . kg⁻¹ suché hmoty — Average contents of heavy metals in plants at different localities in 1986 and 1987 (mg per kg dry mass)

	Oblast	Plodina	Cd	Hg	Pb	As	Cr	Ni	Co	Zn	Mn	Cu	Fe
	Limit podle vyhlášky č. 117	objemná krmiva suchá	1	0,3	15	6	15	15	6	500	300	100	2500
		obilniny — zrno	0,3	0,1	2	2	3	5	2	250	100	50	1250
Obilniny — zrno	1. Liberec—Jablonec n. N.		0,096	0,056	0,152	—	0,170	1,254	—	27,992	—	3,670	—
	2. Chomutov — 1986		0,118	—	1,188	—	0,958	0,745	0,443	20,210	34,565	3,655	460,048
	— 1987		0,097	0,019	0,997	0,200	0,990	0,990	0,990	—	—	—	—
	3. Žatec		0,110	—	0,370	—	0,190	0,380	0,500	12,820	20,040	3,550	51,380
	4. Sokolov		0,096	—	0,676	—	1,208	1,374	0,400	19,234	35,738	3,310	133,160
	5. Žamberk		0,070	—	0,160	—	0,040	0,040	0,010	15,350	22,260	2,630	32,210
Sláma	1. Liberec—Jablonec n. N.		0,300	0,097	0,592	—	1,018	4,102	—	25,548	—	3,016	—
	2. Chomutov — 1986		0,103	—	1,658	—	1,398	0,843	0,713	11,558	39,278	2,440	625,768
	— 1987		0,088	0,025	0,995	0,400	0,990	0,990	1,243	—	—	—	—
	3. Žatec		0,110	—	0,710	—	0,750	1,400	0,530	8,450	19,370	2,030	131,920
	4. Sokolov		0,102	—	0,992	—	1,754	0,624	0,562	14,014	40,416	2,534	139,462
	5. Žamberk		0,040	—	0,260	—	0,130	0,070	0,120	6,110	30,050	1,450	45,670

Kukuřice	1. Liberec — Jablonec n. N.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2. Chomutov — 1986	0,025	—	0,700	—	0,930	0,650	0,570	19,900	19,810	10,210	242,100
	— 1987	0,150	0,020	1,500	0,350	0,996	0,993	0,990	—	—	—	—
	3. Žatec — 1986	0,100	—	2,960	—	2,230	1,150	0,800	19,330	36,210	18,390	225,900
	— 1987 P	0,094	0,026	1,500	0,130	<1,000	3,290	<1,000	—	—	—	—
	S	0,240	0,068	2,630	0,520	<1,000	1,230	<1,000	—	—	—	—
Řepa — buřty	4. Sokolov	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	5. Žamberk	0,000	—	0,300	—	0,650	0,100	0,200	18,030	17,170	3,430	141,530
	1. Liberec — Jablonec n. N.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2. Chomutov — 1986	0,120	—	0,600	—	1,520	1,180	0,690	15,760	27,370	4,680	511,860
	— 1987	0,100	0,019	3,000	1,300	3,000	1,000	1,000	—	—	—	—
	3. Žatec — 1986	0,050	—	1,320	—	1,320	1,210	0,600	17,640	26,280	23,550	391,830
Řepa — chřást	— 1987	0,140	0,061	2,750	0,410	2,130	1,130	8,000	—	—	—	—
	4. Sokolov	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	5. Žamberk	0,000	—	0,650	—	0,350	0,300	0,250	29,450	30,500	0,540	70,400
	1. Liberec — Jablonec n. N.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2. Chomutov — 1986	0,260	—	1,780	—	2,840	2,070	0,900	18,210	80,640	2,710	531,190
	— 1987	0,125	0,019	3,500	1,450	2,500	1,000	0,950	—	—	—	—
Řepa — chřást	3. Žatec — 1986	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	— 1987	0,190	0,086	6,000	0,910	2,250	1,380	1,000	—	—	—	—
	4. Sokolov	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	5. Žamberk	0,200	—	2,050	—	1,300	1,100	0,950	14,150	109,250	2,200	272,000



1. Měsíční koncentrace SO₂ a NO_x (µg·m⁻³) na stanici Chrastava v okrese Liberec (aritmetický průměr; 1987) — Monthly concentrations of SO₂ and NO_x (mg per m³) recorded at the Chrastava station in the Liberec district (arithmetic mean; 1987)

V roce 1986 bylo odebráno a zpracováno celkem 555 vzorků rostlin, z toho 75 v okrese Liberec a Jablonec nad Nisou, 179 — Chomutov, 146 — Žatec, 74 — Sokolov, 81 — Žamberk. Přehled o podílu kontaminovaných vzorků toxickými prvky z tohoto souboru ve vztahu k limitním hodnotám daným vyhláškou FMZVŽ č. 117/1987, je uveden v tab. III. Z vyhodnocení dosavadních výsledků nevyplyvá jednoznačná závislost zvyšování obsahu těžkých kovů (TK) na intenzitě výskytu SO₂: nejvyšší hodnoty TK nejsou vždy v oblasti s nejvyšším výskytem SO₂ (Chomutov).

Intenzitu kontaminace rostlin TK je nezbytné posuzovat též v závislosti na druhu plodin. V tab. IV jsou uvedeny průměrné hodnoty obsahu TK v hlavních zemědělských plodinách bez ohledu na lokalitu. Z těchto údajů je zřejmé, že je všeobecně zvýšen obsah TK v plodinách, sklízených jako celková nadzemní hmota. Opakovaně se potvrdil např. vyšší obsah TK ve slámě obilnin oproti zrnu obilnin. Vyšší obsahy TK jsou též ve vojtěšce, v seně z trvalých travních porostů (TTP) i v řepném chrástu. Uvedené výsledky jsou v souladu s pořadím stupně kontaminace jednotlivých druhů zemědělských plodin (u kterých však nebylo přihlíženo k selektivním schopnostem rostlinných druhů), sestaveným na základě těchto výsledků. Tato stupnice byla vypracována na základě nejnižšího a nejvyššího obsahu čtyř nejzávažnějších prvků (Cd, Hg, Pb a As) a je znázorněna v tomto přehledu:

Pořadí kontaminace							
nejvyšší					nejnižší		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
hrách	zrno	sláma	brambory	cukrovka	vojtěška	kukuřice	jetelotráva

Uvedené hodnocení nasvědčuje tomu, že hlavním zdrojem kontaminace rostlin je zřejmě znečištěné ovzduší. Nejvyšší obsah TK je v objemné píce, nejnižší v zrninách, zejména v luskovinách, které jsou vůči ovzduší chráněny nejdokonaleji uvnitř lasku. Tento závěr potvrzuje též vztah obsahu toxických prvků v lučním seně k intenzitě výskytu velmi omezených atmosférických srážek, jak je zřejmé z obr. 2. Vypočítaný korelační koeficient svědčí o vysoké statistické významnosti uvedeného vztahu: čím méně pršelo, tím vyšší obsah Cd, Pb a As byl nalezen v lučním seně.

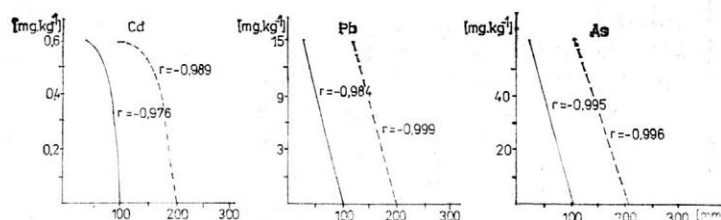
Na základě dosud uvedených závěrů byly výsledky analýz jednotlivých vzorků z okresu Chomutov z roku 1987 sestaveny podle délky ve-

IV. Obsah těžkých kovů v jednotlivých druzích rostlin (bez ohledu na lokality) v mg.kg⁻¹ suché hmoty — Heavy-metal contents in different species of plants (regardless of the localities) in mg per kg dry mass

Plodina		Cd	Hg	Pb	As	Cr	Ni	Co	Zn	Mn	Cu	Fe
Limit podle vyhlášky č. 117	objemná krmiva	1	0,3	15	6	15	15	6	500	300	100	2500
	obilniny zrno	0,3	0,1	2	2	3	5	2	250	100	50	1250
Obilniny — zrno		0,098	0,037	0,590	0,200	0,593	0,797	0,468	19,121	28,150	3,363	169,199
Obilniny — sláma		0,124	0,061	0,620	0,400	1,007	1,338	0,634	13,136	32,278	2,294	235,705
Vojtěška		0,213	0,030	2,692	2,150	1,305	1,479	0,960	16,185	24,110	8,300	345,165
Seno z TTP		0,285	0,023	3,653	1,708	1,663	1,275	0,992	—	—	—	—
Kukuřice		0,101	0,038	1,598	0,333	1,134	1,235	0,760	19,086	24,396	10,676	203,176
Řepa — bulvy		0,082	0,040	1,664	0,855	1,664	0,964	2,108	20,950	28,050	9,560	324,690
Řepa — chrást		0,194	0,052	3,332	1,180	2,222	1,387	0,961	16,180	94,945	2,455	401,595

V. Obsah těžkých kovů v rostlinách z okresu Chomutov v roce 1987 v závislosti na délce vegetačního období ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ suché hmoty) — Heavy metal contents in plants coming from the Chomutov district in 1987 in dependence on the duration of vegetation period (mg per kg dry mass)

Plodina	Termín odběru (měsíc)	Počet vegetačních dnů	Cd	Hg	Pb	As	Cr	Ni	Co
Vojtěška	7.	211	0,183	0,019	1,997	0,233	1,000	1,333	0,990
	8.	242	0,150	0,019	3,000	0,300	1,000	5,000	1,000
	11.	333	0,275	0,030	3,500	1,600	1,000	0,995	0,990
Kukuřice	7.	121	0,133	0,027	1,667	0,267	0,997	0,993	0,990
	9.	182	0,200	0,020	1,000	0,500	1,000	0,990	0,990
TTP	7.	212	0,079	0,033	1,284	0,386	0,999	1,137	0,991
	8.	243	0,233	0,019	2,333	0,800	0,993	0,997	0,990
	10.	303	0,425	0,021	5,500	2,950	2,330	1,497	0,993
Směsky	7.	122	0,062	0,020	1,495	0,475	0,998	0,990	0,990
	8.	152	0,075	0,020	1,000	0,400	0,990	0,995	0,990
Korelační koeficient			+0,776	+0,180	+0,785	+0,314	+0,451	+0,208	+0,281



Vysvětlivky:

r — v mm srážek v posledním měsíci (—) a v posledních dvou měsících (---) vegetace

2. Obsah těžkých kovů v sušině lučního sena ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) v závislosti na atmosférických srážkách (mm) a délce vegetace — Heavy metal contents in the dry matter of meadow hay (mg per kg) in dependence on atmospheric precipitation (mm) and on the duration of vegetation period

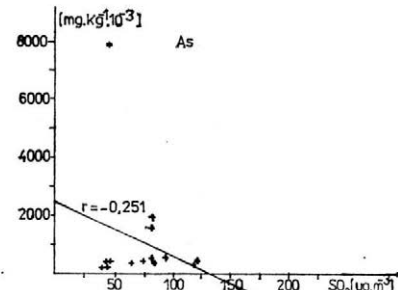
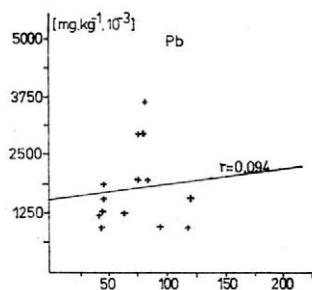
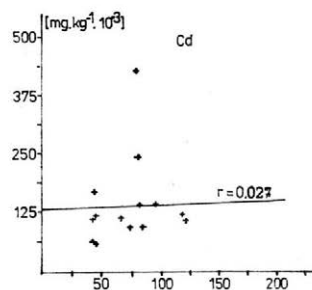
getace do tab. V (etapové odběry vzorků). Z výpočtu regresní analýzy vyplývá, že sice statistická významnost závislosti obsahu TK na délce vegetace nebyla prokázána, avšak pozitivní korelace se projevila.

Luční porost pocházel ve většině případů z vyšších horských poloh, proto byly výsledky analýz pícnin sestaveny v závislosti na nadmořské výšce. Z těchto údajů vyplývá, že obsah některých TK se zvyšuje v přímé závislosti na nadmořské výšce. Jde zejména o obsah As a Cd, u kterých byl nalezen dokonce statisticky významný rozdíl mezi vzorky z nižších a vyšších poloh (As — vojtěška, Cd — TTP). Uvedené hodnocení výsledků analýz dobře koresponduje s nejvyšším stupněm poškození lesních porostů ve vyšších polohách Krušných hor. Proto nabývají stále více na významu výše vyhodnocené výsledky. Nelze je sice ještě zcela zobecnit,

VI. Průměrný obsah těžkých kovů v zemědělských plodinách v mg . kg⁻¹ suché hmoty z různých lokalit, vyhodnocený statisticky analýzou rozptylu při dvojném třídění (F-hodnoty při 0,05% hladině významnosti) — Average contents of heavy metals in agricultural crops (mg per kg dry mass) coming from different localities, evaluated statistically by analysis of variance with two-way classification (F-values at the 0.05% significance level)

Plodina	Popel	Výsypka	Zemědělská půda		Počet roků	Popel	Výsypka	Zemědělská půda		Počet roků
			Chomutov	Benešov				Chomutov	Benešov	
	Cd					Hg				
Zrno — pšenice	0,101	0,080	0,101	0,145	5	0,004	0,003	0,004	0,004	3
— žito	0,052	0,066	0,132	0,068	5	0,024	0,008	0,029	0,005	3
— ječmen	0,072	0,063	0,116	0,055	5	0,006	0,003	0,006	0,004	3
— oves	0,057	0,133	0,085	0,089	5	0,007	0,007	0,007	0,015	2
Sláma — pšenice	0,130	0,214	0,134	0,174	4	0,017	0,025	0,010	0,012	2
— žito	0,102	0,131	0,069	0,134	4	0,008	0,010	0,005	0,010	2
— ječmen	—	—	—	—	—	0,009	0,014	—	0,020	2
— oves	0,090	0,069	—	0,229	5	0,048	0,014	—	0,019	2
Brambory	0,067	0,190	0,085	0,224	3	0,005	0,012	0,005	0,004	2
Cukrovka	0,090	0,125	0,340	0,240	2	—	—	—	—	—
Kukuřice	0,149	0,189	0,089	0,269	3	0,013	0,028	0,021	0,016	2
Plodina	Pb					As				
Zrno — pšenice	2,17	0,22	1,04	5,19	5	0,57	1,08	0,27	0,77	2
— žito	1,51	1,02	0,90	0,86	5	2,04	1,13	2,59	1,70	2
— ječmen	1,03	1,94	1,57	1,12	5	1,52	1,43	1,21	1,46	2
— oves	2,45	2,33	0,42	1,82	5	1,68	1,47	1,38	1,42	2
Sláma — pšenice	1,39	2,78	1,27	1,55	4	0,46	0,19	0,24	0,30	2
— žito	1,00*	0,28*	0,80	0,47	4	—	—	—	—	—
— oves	0,91	3,08	—	0,94	5	—	—	—	—	—
Brambory	4,63	4,02	1,46	4,12	3	1,50	1,46	1,14	0,43	2
Cukrovka	2,80	2,05	2,25	1,40	2	—	—	—	—	—
Kukuřice	—	—	—	—	—	7,65	2,58	3,29	2,74	2

* statisticky významný rozdíl (podle lokalit)



3. Obsah těžkých kovů v zemědělských plodinách v závislosti na výskytu SO_2 (průměr denních koncentrací v $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$); Chomutov 1987 — Heavy metal contents in agricultural crops in dependence on SO_2 contents (average values of daily concentrations in μg per m^3); Chomutov 1987

avšak naznačují již nyní, že kvalita objemné píče ve vyšších polohách Krušných hor může být problematická z hlediska obsahu některých TK, i když zatím nebylo zjištěno obecné překročení limitních hodnot pro krmiva (podle vyhlášky FMZV č. 117/1987).

Uvedené dosavadní výsledky je však nezbytné dále důkladně ověřovat a upřesňovat, a to především s ohledem na nebezpečí kontaminace potravních řetězců cizorodými látkami.

Obsah TK v pícninách pocházejících z horské oblasti má i další důležitý význam pro hodnocení kvality, resp. poškozování zemědělských plodin. Intenzita škod na zemědělských plodinách vlivem průmyslových imisí je podle platné metodiky MZVŽ ČSR posuzována především podle intenzity výskytu SO_2 . Jak vyplývá z výše vyhodnocených údajů o výskytu SO_2 , není jeho intenzita vždy nejvyšší v těchto nejvyšších polohách. Proto byl vypočítán vztah výskytu SO_2 ve vzduchu k obsahu TK v plodinách, sklízených v zájmové oblasti jednotlivých měřicích stanic. Relativně nejpresnější údaje lze získat na příkladu stejné plodiny. K tomu účelu byla zvolena vojtěška, pocházející z Chomutovska a Žatecka z roku 1987. Výsledky naznačují, že nebyla nalezena statisticky významná závislost obsahu TK na výskytu SO_2 ani v jednom případě. Obsah Cd sice vzrůstá s intenzitou výskytu SO_2 (jen nevýznamně), avšak v případě všech dalších tří nejnebezpečnějších TK (Hg, Pb a As) byla zjištěna dokonce korelace negativní. Není sice rovněž statisticky významná, ale tendence negativní korelace tohoto vztahu dokazuje, že intenzita škod způsobených průmyslovými imisemi nemusí spočívat pouze ve výskytu SO_2 a že bude nezbytné pro upřesňování podkladů pro odhad škod hledat i další faktory, které mohou být i závažnější.

Pro ověření uvedeného hodnocení obsahu TK ve vojtěšce byla vypočítána též lineární závislost obsahu TK na výskytu SO_2 v ovzduší v různých zemědělských plodinách v okrese Chomutov. Získané výsledky vyplývají z obr. 3. Velmi nízké korelační koeficienty v případě Cd a Pb a dokonce záporný v případě As prokázaly, že obsah těchto TK není přímo závislý na intenzitě výskytu SO_2 v ovzduší. Na základě rozptylu hodnot na obr. 3 lze usuzovat, že nejvyšší obsah TK byl nejčastěji nalezen při intenzitě výskytu SO_2 v rozmezí cca 50 až 80 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Podle metodiky odhadu škod jde tedy o druhou exhalační zónu (od 50 do 100 $\mu\text{g} \text{SO}_2$),

kde je finanční částka za škody vlivem imisí stanovena o stupeň nižší než v následující třetí exhalační zóně (100 až 150 $\mu\text{g SO}_2$). Pro konečné výsledky hospodaření zemědělských podniků má toto posuzování rozhodující význam, neboť se přímo odráží ve finančním objemu závodu. Důkladné ověřování uvedených výsledků má proto velmi důležitý praktický význam pro zajišťování širších podkladů, potřebných pro objektivizaci škod na zemědělských plodinách vlivem imisí.

Výše uvedená vyhodnocení obsahu těžkých kovů v zemědělských plodinách směřují k závěrům, že rozhodujícím zdrojem kontaminantů je znečištěné ovzduší. Imise však mohou působit na rostliny dvojím způsobem, a to buď přímým kontaktem ze vzduchu, nebo nepřímo prostřednictvím kontaminované půdy.

Pro jednoznačné posouzení podílu uvedených zdrojů kontaminace rostlin není však zatím dostatek obecně platných objektivních experimentálních výsledků. Ve snaze nalézt alespoň přibližnou odpověď na tuto zásadní otázku jsme využili výsledků získaných při řešení problematiky biologických rekultivací průmyslových odpadů (P e t ř í k o v á, 1987). Jde zejména o elektrárenského popeloviny, které jsou všeobecně považovány za vydatný zdroj řady kontaminantů, zvláště toxických prvků. Pěstováním rostlin v těchto materiálech by proto bylo možné očekávat významné zvýšení TK v těchto rostlinách. Výsledky analýz rostlin (zpravidla pětiletý průměr) pěstovaných v odpadech a kontrolní zemědělské půdě jsou shrnuty v tab. VI, kde je rovněž znázorněno jejich statistické hodnocení (analýzou rozptylu). Z těchto údajů je zřejmé, že nebyl nalezen vždy nejvyšší obsah toxických prvků v rostlinách pěstovaných dokonce i přímo v elektrárenském popelu (bez jeho překrytí zemínou) oproti rostlinám pěstovaným na zemědělské půdě. Tyto výsledky svědčí o tom, že substrát, ve kterém jsou rostliny pěstovány, je s největší pravděpodobností menším zdrojem kontaminace rostlin těžkými kovy než bezprostřední vliv znečištěného ovzduší. Zásadní výjimkou může však být nejnebezpečnější TK, a sice kadmium, které je kořenovým systémem rostlin relativně dobře přijímáno (na rozdíl od většiny ostatních toxických prvků). Svědčí o tom též údaje tab. VI, kde je obsah Cd vždy vyšší v rostlinách ze zemědělské půdy, a to i v oblasti dosud čisté z okresu Benešov, než v rostlinách z popele. Vysvětlení lze hledat s největší pravděpodobností v kontaminaci této půdy Cd z průmyslových hnojiv, které obsahovaly ve zvýšené míře doprovodné Cd.

Literatúra

- CIBULKA, J. — SOVA, Z. — MADER, P.: Pohyb olova, kadmia a rtuti v zemědělské výrobě v biosféře. Praha, VŠZ 1985.
- GUDERIAN, R. — HAUT, H.: Staub - Reinhalt, Luft, 30, 1970, s. 17.
- JONÁŠ, F.: Vliv průmyslových imisí na zemědělskou a lesní produkci. Stud. Inform. ÚVTIZ, 1985.
- KABATA, J. — PENDIAS, A. — PENDIAS, H.: Trace elements in soils and plants. Boca Raton, Florida, CRC Press 1984.
- KLOKE, A.: Richt- und Grenzwerte zum Schutz des Bodens vor Überlastungen mit Schwermetallen. Bodensforschungs-Anstalt für Landeskunde und Raumordnung. 1985, sv. 14.
- KOLÁŘ, L.: Cesty k omezení vstupu těžkých kovů do zemědělské produkce. In: Sbor. Cizorodé látky v půdě a v rostlině. Tábor, září 1988, s. 116.
- PETŘÍKOVÁ, V.: Hnojení při biologické rekultivaci důlních výsypek a složišť popílků. [Závěrečná zpráva.] 1987.

Došlo dne 1. 11. 1989

ПЕТРЖИКОВА, В. (Научно-исследовательский институт растениеводства, Прага-Рузыне): **Промышленные выбросы в атмосфере и уровень тяжелых металлов в полевых культурах.** Rostl. Výr., 36, 1990 (4) : 367-378.

Путем прослеживания за наличием SO_2 (NO_x) охарактеризовано загрязнение агро-местности в 5 районах ЧСР. Повышенную концентрацию SO_2 регулярно отмечали в зимний период, а NO_x встречался почти равномерно круглый год. С участков, где следили за SO_2 , брали образцы растений, чтобы определить в них тяжелые металлы (ТМ). В ряде случаев их рост в растениях не отвечал росту SO_2 в атмосфере. Как показывают данные, источником их поражения металлами является загрязненная атмосфера в большей мере, чем корневая система в почвенном субстрате.

выбросы; SO_2 ; NO_x ; тяжелые металлы; загрязнение растений

PETŘÍKOVÁ, V. (Research Institute for Crop Production, Praha-Ruzyně): *Occurrence of pollutants in the atmosphere and heavy metal contents in agricultural crops.* Rostl. Výr., 36, 1990 (4) : 367-378.

The pollution situation of agricultural landscape in five regions of the Czech Socialist Republic could be characterized by monitoring SO_2 (NO_x) contents. Higher SO_2 contamination was observed at regular intervals in the winter season, NO_x contents were almost uniform all the year round. At the localities where SO_2 contents were monitored, samples were taken from plants grown in farmed plots to determine heavy metal contents. In a number of cases the higher content of heavy metals in plants did not correlate with the increased SO_2 concentration in the atmosphere. The results indicate that air pollution is the more important source of plant heavy-metal contamination than the soil substrate from which the pollutants are taken by the root system.

pollutants; SO_2 ; NO_x ; heavy metals; plant contamination

PETŘÍKOVÁ, V. (Forschungsinstitut für Pflanzenproduktion, Praha-Ruzyně): *Vorkommen von Immissionen in der Atmosphäre und Schwermetallgehalt in landwirtschaftlichen Kulturen.* Rostl. Výr., 36, 1990 (4) : 367-378.

Durch Untersuchungen über das Vorkommen von SO_2 (NO_x) wurde die Immissions-situation der landwirtschaftlich genutzten Landschaft in fünf ausgewählten Gebieten der ČSR charakterisiert. Eine erhöhte SO_2 -Kontamination wurde regelmäßig in der Winterperiode verzeichnet, das Vorkommen von NO_x war im Verlauf des Jahres nahezu gleichmäßig verteilt. In Verbindung zu Lokalitäten, wo SO_2 verfolgt wurde, wurden Pflanzenproben aus Betriebsschlägen zur Ermittlung des Schwermetallgehalts entnommen. In einer Reihe von Fällen korrespondierte der erhöhte Schwermetallgehalt in den Pflanzen mit einer erhöhten SO_2 -Konzentration in der Luft nicht. Die bisherigen Ergebnisse deuten darauf hin, daß bei der Kontamination der Pflanzen durch Schwermetalle die Verunreinigung der Atmosphäre eine bedeutsamere Rolle spielt als die Aufnahme der Schwermetalle durch das Wurzelsystem aus dem Bodensubstrat.

Immissionen; SO_2 ; NO_x ; Schwermetalle; Kontamination von Pflanzen

Adresa autorky:

Ing. Vlasta Petříková, CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, 161 06 Praha 6 - Ruzyně

PODÍL ATMOSFÉRICKÉ DEPOZICE NA KONTAMINACI ROSTLINNÉ PRODUKCE TĚŽKÝMI KOVY

V. Adamec, M. Sánka

ADAMEC, V. — SÁNKÁ, M. (Výzkumný ústav pro zúrodnění zemědělských půd, Praha, pobočka Brno): *Podíl atmosférické depozice na kontaminaci rostlinné produkce těžkými kovy*. Rostl. Výr., 36, 1990 (4) : 379-386.

Na přirozeně kontaminovaných půdách byly ze sedmi pásem znečištění (vytyčených podle rozptylové studie) odebrány vzorky k založení vegetačního nádobového pokusu. Cílem bylo přispět k objasnění podílu atmosférické depozice na kontaminaci rostlinné produkce olovem, kadmii, chromem a zinkem. Při výběru lokalit byly dodrženy podmínky stejného půdního typu (HP) a půdního druhu (ph-h). Testovací plodinou ve vegetačních nádobách (ve fóliovníku), stejně jako v terénu v místech odběru vzorků, byl oves. Vyhodnocení pokusu bylo provedeno pomocí koncentračních faktorů, které charakterizují intenzitu přechodu daného prvku z půdy do rostliny, a dále pak srovnáním těchto koncentračních faktorů mezi prostředím s atmosférickou depozicí a s vyloučením atmosférické depozice. Z výsledků je patrné, že absolutní hodnoty obsahů sledovaných prvků klesají se vzdáleností od zdroje znečištění a poměr příjmů prvků z půdy a atmosféry rostlinou neprojevil závislost na vzdálenosti od zdroje, čili na absolutním obsahu prvků v půdě. Srovnání koncentračních faktorů naznačuje, že olovo je prvek rostlinou výrazně přijímaný z atmosféry, zatímco kadmium a zinek jsou převážně přijímány z půdy, podíl přijatého chromu z půdy lze jen těžko stanovit z důvodu malé korelační závislosti s obsahem v rostlině

atmosférická depozice; těžké kovy; příjem; půda; plodina; koncentrační faktor

Objasnění mechanismů vstupu cizorodých látek do rostlin by výrazně přispělo ke snížení kontaminace zemědělské produkce těmito látkami. Mezi faktory, které se nejvíce podílejí na výši příjmu prvku z půdy nebo z atmosféry, patří fyzikálně-chemické vlastnosti sledovaného prvku a půdy, druh, stáří a část rostliny, charakter a intenzita znečištění půdy a atmosféry, klimatické podmínky dané oblasti apod. Z důvodu široké variability těchto faktorů je nesnadné předem stanovit výslednou koncentraci potenciálně toxické látky v rostlině; lze se k ní pouze rámcově přiblížit, a to tím více, čím přesněji budou tyto ovlivňující faktory specifikovány. Proto prozatím selhávají snahy sestavit obecný matematický model pro pohyb toxických látek v systému půda — rostlina a pro praxi použitelné se ukazují pouze dílčí modely pro určité prvky, rostliny, oblasti apod. Celkový obsah makro- i mikroelementů v rostlině je výsledkem jejich příjmu buď z půdy, nebo z atmosféry, a proto je stanovení podílu těchto dvou složek nezbytné k sestavení i dílčích modelů. Cílem této práce je zhodnotit, do jaké míry se tyto dvě základní složky život-

ního prostředí — půda a atmosféra podílejí na kontaminaci rostlin některými těžkými kovy v podmínkách bodového zdroje znečištění.

MATERIÁL A METODA

V hospodářském obvodu JZD Lhota u Příbrami byly ve směru převládajících větrů od zdroje znečištění (s. p. Kovohutě Příbram) odebrány vzorky půdy pro vegetační nádobový pokus. Vzorky byly odebrány ze sedmi lokalit, které odpovídaly sedmi pásmům znečištění, vytyčeným podle rozptylové studie, přičemž poslední sedmé pásmo leží již v oblasti považované za znečištěnou. Na těchto kontaminovaných půdách byl založen vegetační nádobový pokus v podmínkách vyloučení atmosférické depozice. Při výběru lokalit byly dodrženy podmínky stejného půdního typu (HP) a půdního druhu (ph-h). Testovací rostlinou v nádobách, stejně jako v terénu v místech odběru vzorků, byl oves. Ve vegetačních nádobách byl pokus veden ve čtyřech opakováních, při odběru plodin před sklizní v terénu byl vytvořen jeden smíšený vzorek ze čtyř odběrů. Zálivka v průběhu vegetace byla u nádob doplňována destilovanou vodou. Pro analýzy byly v terénu i v nádobách před sklizní odebrány vzorky půd a rostlin ke stanovení olova, kadmia, chromu a zinku (Pb, Cd, Cr, Zn). Nadzemní části rostlin nebyly před analýzou omyty. Odebrané vzorky byly analyzovány na obsah Pb, Cd, Cr, Zn metodou AAS. V půdách byl zjišťován obsah uvedených prvků ve výluhu 2M HNO_3 , v rostlinném materiálu celkový obsah (rozklad směsí HNO_3 a HClO_4), a to zvlášť v kořenech, stéble a latě. Srovnání obsahů prvků v půdách a rostlinách v oblasti s atmosférickou depozicí a bez atmosférické depozice byla provedena pomocí koncentračního faktoru (C_f), který je měřítkem intenzity přechodu daného prvku z půdy do rostliny a poměrně objektivně ukazuje rozdíly v příjmu jednotlivých prvků. Přitom koncentrační faktory prostředí s atmosférickou depozicí byly vzaty za 100 % k tomu základu pak byly vyjádřeny C_f prostředí bez atmosférické depozice.

$$C_f = \frac{\text{koncentrace prvku v rostlině (mg . kg}^{-1}\text{)}}{\text{koncentrace prvku v půdě (mg . kg}^{-1}\text{)}}$$

Tím byly také eliminovány chyby, které by vznikly srovnáním absolutních hodnot obsahů v rostlinách ve znečištěné a neznečištěné oblasti, protože zjištěné koncentrace prvků v půdách v terénu a ve vegetačním nádobovém pokusu se plně neshodovaly, přestože byly v rámci pásma odebrány ze stejného místa. Koncentrační faktor byl u každého prvku vypočítán zvlášť pro kořeny, stéblo a latu.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Pokusem sledovaný pohyb čtyř těžkých kovů (Pb, Cd, Zn, Cr) v systémech půda — rostlina je v závislosti na vlastnostech uvedených prvků velice rozdílný. Obsah těchto prvků v rostlinách je navíc ovlivňován jejich koncentrací v půdě, vzájemným poměrem mezi sebou a k ostatním prvkům, vlastnostmi půdy, druhem rostliny, atmosférickým spadem, klimatickými podmínkami a dalšími vlivy. Proto nepřekvapuje, že výsledky pokusu nejsou ve všech případech jednoznačné (rozdíly mezi pásmy znečištění). Přesto lze dobře popsat relace mezi sledovanými prvky, zejména co se týká vlivu půdy a atmosféry na výsledný obsah prvků v rostlině.

Jak vyplývá z tab. I, absolutní hodnoty obsahů všech sledovaných prvků v půdě klesají se vzdáleností od zdroje znečištění, přičemž v 5. a 6. pásmu lze pozorovat mírný nárůst, což lze vysvětlit působením konfigurace terénu (návětrná strana mírného svahu). V 7. pásmu, které bylo cca 6 km od zdroje znečištění, hodnoty již opět klesají až na úroveň pozadí. Poměr příjmů prvků z půdy a atmosféry neprojevil závislost na vzdálenosti od zdroje čili na absolutním obsahu prvků v půdě.

I. Obsahy sledovaných prvků v půdě a v rostlinách ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$); srovnání prostředí s atmosférickou depozicí (A) a prostředí s vyloučením atmosférické depozice (B) — The contents of test elements in the soil and plants (mg per kg); comparison of the environment with atmospheric deposition (A) and the environment where atmospheric deposition is excluded (B)

Prvek	Materiál	Pro- středí	Pásmo znečištění						
			1	2	3	4	5	6	7
Pb	půda	A	1400	788	368	197	256	192	69
		B	1337	681	457	308	281	129	83
	kořeny	A	850	232	136	89	154	88	23
		B	235	132,75	88,5	97,75	86,75	51,5	22,75
	stéblo	A	56	33	17	10	13	19	11
		B	33	15,5	14,25	10	7,25	8,5	3,25
	klas	A	14	13	2	1	4	4	1
		B	1,6	2,25	2,25	1	1	0,5	0,5
Cd	půda	A	7,1	3,8	2,1	1,3	1,9	1,2	0,7
		B	6,45	4,15	2,8	2,15	1,97	1,1	0,72
	kořeny	A	10,1	2,1	1,7	1,4	2,3	5,3	0,6
		B	11,42	3,4	2,24	2,7	6,25	2,27	1,14
	stéblo	A	2,2	0,3	0,2	0,9	0,3	2,5	0,1
		B	4,7	1,2	1,05	1,05	1,6	0,72	0,3
	klas	A	0,3	0,2	0,1	0,4	0,1	1,0	0,1
		B	3,24	1,1	0,86	1,07	1,5	0,8	0,3
Zn	půda	A	211	469	78	79	115	44	81
		B	221	213	150,7	73,25	81,25	28	39
	kořeny	A	269	104	96	79	110	181	72
		B	179	122	69,75	100,75	96	70,75	49,5
	stéblo	A	62	27	25	32	39	103	25
		B	67,5	40,25	35	36,25	37,5	26,5	19,5
	klas	A	54	46	33	43	41	72	28
		B	84,7	78,25	52,5	57	53,75	47,75	71,25
Cr	půda	A	3,8	5,4	5,1	4,1	3,3	1,8	5,8
		B	4,8	7,2	4,4	5,2	4,15	4,42	5,6
	kořeny	A	280	227	106	263	346	95	91
		B	10	14,4	13	12,7	12,75	13,6	9,6
	stéblo	A	10	3	4	6	6	4	6
		B	2,9	1,7	2,2	2,02	1,72	2,27	2,2
	klas	A	17	3	1	4	2	2	2
		B	5,25	5,75	5,5	6,9	7,75	6,1	6,1

Srovnání koncentračních faktorů (tab. I až IV) naznačuje, že olovo je prvek rostlinou výrazně přijímaný z atmosféry. Je možno konstatovat, že tento podíl činí pro nadzemní části rostlin více než 50 %. Z toho však podstatná část je povrchová depozice na vegetačních orgánech a jen malý podíl penetruje do tkání. Olovo v kořenech testovacích rostlin vykazuje již vyšší podíl příjmu z půdy, avšak i zde prostřednictvím translokačních pochodů hraje svoji roli atmosféra.

II. Koncentrační faktor C_f (kořeny — půda) — Concentration factor C_f (roots — soil)

Prvek	Prostředí	Pásmo znečištění							Ø
		1	2	3	4	5	6	7	
Pb	A	0,607	0,294	0,370	0,452	0,602	0,458	0,333	—
	B	0,176	0,195	0,194	0,317	0,309	0,399	0,274	—
%		29,0	66,3	52,4	70,1	51,3	87,1	82,3	62,6
Cd	A	1,423	0,553	0,900	1,077	1,211	1,208	0,857	—
	B	1,771	0,819	0,800	1,256	3,173	2,064	1,583	—
%		124,5	148,1	88,9	116,6	262,0	170,9	184,7	156,5
Zn	A	1,27	0,222	1,231	1,000	0,957	4,114	0,889	—
	B	0,810	0,573	0,463	1,375	1,182	2,527	1,269	—
%		63,5	258,1	37,6	137,5	123,5	61,4	142,7	117,8
Cr	A	73,684	42,037	20,784	64,146	104,848	52,778	15,690	—
	B	2,083	2,000	2,955	2,442	3,072	3,077	1,714	—
%		2,8	4,8	14,2	3,8	2,9	5,8	10,9	6,5

III. Koncentrační faktor C_f (stéblo — půda) — Concentration factor C_f (stem — soil)

Prvek	Prostředí	Pásmo znečištění							Ø
		1	2	3	4	5	6	7	
Pb	A	0,040	0,042	0,046	0,051	0,051	0,099	0,159	—
	B	0,025	0,023	0,031	0,032	0,026	0,066	0,040	—
%		62,5	54,8	67,4	62,7	51,0	66,7	25,7	55,8
Cd	A	0,310	0,079	0,095	0,692	0,158	0,168	0,143	—
	B	0,729	0,289	0,375	0,488	0,912	0,655	0,417	—
%		235,2	365,8	394,7	70,5	513,9	392,2	291,6	323,4
Zn	A	0,294	0,059	0,321	0,405	0,339	2,341	0,309	—
	B	0,305	0,189	0,232	0,495	0,462	0,946	0,500	—
%		103,7	325,9	72,3	122,2	136,3	40,4	161,8	137,5
Cr	A	2,632	0,556	0,784	1,463	1,818	2,222	1,034	—
	B	0,604	0,236	0,500	0,388	0,414	0,514	0,393	—
%		22,9	42,4	63,8	26,5	22,8	23,1	38,0	34,2

Kadmium a zinek jsou prvky s naprostou převahou svého vstupu do rostlin z půdy. Je to dáno jejich vysokou mobilitou v půdním profilu, která je silně závislá na půdním pH, což platí především pro kadmium. V nádorovém pokusu vykazovaly rostliny rostoucí bez vlivu atmosférické depozice dokonce vyšší hodnoty těchto prvků než rostliny rostoucí v pro-

Prvek	Prostředí	Pásmo znečištění							Σ
		1	2	3	4	5	6	7	
Pb	A	0,010	0,016	0,005	0,005	0,016	0,021	0,014	—
	B	0,002	0,003	0,005	0,003	0,004	0,003	0,006	—
%		20,0	18,7	100,0	60,0	25,0	14,3	42,9	40,1
Cd	A	0,042	0,053	0,048	0,308	0,053	0,083	0,143	—
	B	0,502	0,265	0,307	0,498	0,761	0,727	0,417	—
%		1195,2	500,0	639,6	161,7	1435,8	875,9	291,6	728,5
Zn	A	0,256	0,098	0,423	0,544	0,357	1,636	0,346	—
	B	0,383	0,367	0,348	0,778	0,662	1,705	1,827	—
%		149,6	374,5	82,3	14,0	185,4	104,2	528,0	223,9
Cr	A	4,474	0,556	0,196	0,976	0,606	1,111	0,345	—
	B	1,094	0,799	1,250	1,327	1,867	1,380	1,089	—
%		24,5	143,7	637,8	130,0	308,1	124,2	315,7	241,4

středí s atmosférickou depozicí. Pravděpodobný důvod tohoto jevu je třeba hledat ve specifickém prostředí, kterému byly rostliny v nádobovém pokusu vystaveny na rozdíl od prostředí v terénu (např. vliv rozdílné zálivky, teploty, narušení půdního profilu při plnění do vegetačních nádob apod.). Tyto vlivy zřejmě působí i na translokační pochody v rostlině. U obou prvků je koncentrační faktor prostředí bez atmosférické depozice vyšší než v prostředí s atmosférickou depozicí, přičemž tento poměr vykazuje vzrůstající trend ve směru kořeny — stéblo — lata. V latě ovsa činí pro zinek 223,9 : 100 a pro kadmium dokonce 728,5 : 100.

Při srovnání obsahu chrómu v prostředí bez atmosférické depozice a s atmosférickou depozicí je pravděpodobné, že vliv specifických podmínek nádob na kontaminaci rostlin v tomto případě převládá nad vlivem atmosférické depozice. Srovnání koncentračních faktorů vykazuje stejně jako u kadmia a zinku vzrůstající trend od kořenů k latě, avšak s tím, že u kořenů činil C_f prostředí bez atmosférické depozice jen 6,5 % C_f prostředí s atmosférickou depozicí a u lavy již tento poměr vzrostl na 241,4 %. Jinými slovy obsah chrómu v nádobovém pokusu byl u kořenů poměrně nízký (cca 10 mg · kg⁻¹), což jsou hodnoty vzhledem k hodnotám naměřeným v terénu poměrně vyrovnané. Zde měly rostliny velmi vysokou koncentraci prvku v kořenech (přes 300 mg · kg⁻¹), o řád se snížily u stébel a pak mírně poklesly v latách. Uvážíme-li působení imisí, dalo by se očekávat v terénu opačný trend (vzhledem k relativně vyrovnaným hodnotám u nádobového pokusu), čili spíše vyšší nebo alespoň stejné hodnoty prvku v nadzemních částech jako v kořenech. Přes tyto anomálie se chróm řadí k prvkům, které jsou z podstatné části přijímány z půdy.

Teoreticky by se dalo předpokládat (pomineme-li translokační pochody uvnitř rostliny), že obsahy prvků ve srovnávaných oblastech by

měly být v kořenech přibližně shodné a ve stéblech a klasech pak v podmínkách s vyloučením atmosférického spadu nižší v důsledku zamezení ukládání částic ve vegetačních orgánech. Tento předpoklad se však částečně potvrdil pouze u olova, kde koncentrace v kořenech rostlin v nezatížené oblasti byla 62,6 %, ve stéblech 55,8 % a v klasech už jen 40,1 % koncentrace v rostlinách rostoucích pod vlivem imisí. U ostatních prvků, jak bylo uvedeno výše, byl tento trend opačný.

Z uvedených výsledků lze předpokládat, že u zinku, kadmia a chrómu bude podstatnými zdrojem jejich obsahu v rostlinách půda, zatímco u olova se na kontaminaci do značné míry podílí přímý atmosférický spad. To je v souladu s výsledky, které publikovali Fruchtenicht, Vetter (1981), kteří uvádějí příjem z půdy pro olovo 20 % a pro kadmium 80 až 90 %. Také Petříková (1987) uvádí pro kadmium vysoký podíl příjmu z půdy, avšak tento prvek považuje spíše za výjimku s tím, že u ostatních prvků hraje podstatnou úlohu znečištěné ovzduší. Výsledkům práce odpovídají i zjištění (Crump, Barlow, 1980), že z celkového množství olova v travním porostu pochází z půdy 20 až 55 %. Otázkou podílu příjmu olova z půdy a atmosféry různými druhy rostlin se podrobně zabývali Harrison, Johnston (1987). Prostřednictvím pokusů s izotopem ^{210}Pb , dávkovaným do půdy k rostlinám v kontrolovaném prostředí růstových komor, odvodili podíl půdy na kontaminaci plodin, který je ve většině případů nižší než 40 %.

To, že u kadmia, zinku a v klasech i u chrómu byly koncentrace vyšší v rostlinách rostoucích bez vlivu atmosférické depozice, by snad bylo možno vysvětlit tím, že tyto rostliny byly vystaveny specifickým fyzikálně-chemickým podmínkám v pokusných nádobách a také jejich hmotnost byla nižší, což následně může vést k vyšší koncentraci prvku. O tom, že transport chrómu v atmosféře podléhá zřejmě jiným zákonitostem než olova a kadmia, svědčí skutečnost, že neexistuje korelační vztah mezi olovem a chrómem, ani kadmii a chrómem v ornici, zatímco korelace mezi olovem a kadmii je významná.

Literatura

- CRUMP, D. R. — BARLOW, P. J.: Sci. total Envir., 15, 1980, s. 269-274.
FRUCHTENICHT, K. — VETTER, H.: Charakterisierung der Schwermetallbelastung durch Messung der Schwermetallgehalte in Pflanzen. Jena, VEB 1981.
HARRISON, R. M. — JOHNSTON, W. R.: Experiment investigations on the relative contribution of atmosphere and soil to the lead content of crops. In: Pollutant transport and fate in ecosystems (Spec. Publ. č. 6). Oxford, Blackwell Sci. Publ. 1987, s. 277-287.
PETŘÍKOVÁ, V.: Vliv průmyslové činnosti na rostlinnou výrobu. In: Hygiena pôd a poľnohospodárskej produkcie. Tále, ČSVTS Žilina, 1987, s. 40-44.

Došlo dne 1. 11. 1989

АДАМЕЦ, В. — САНЬКА, М. (Научно-исследовательский институт плодородия почв, Прага, раб. объект Брно): Участие атмосферной депозиции в загрязнении растительной продукции тяжелыми металлами. Rostl. Výr., 36, 1990 (4) : 379-386.

На контаминированных естественным образом грунтах из 7 таких зон (выделенных на основе дисперсионных обзоров) брали образцы, которые послужили основой,

вегетационного опыта в сосудах. Цель состояла в определении участия атмосфер. депозиции в контаминировании растительной продукции свинцом, кадмием, хромом и цинком. Участки выбирали с учетом аналогичного типа почвы (ph-h). Тест-растением как в фольговой оранжерее, так и в местах полевого взятия пробы служил овес. Опыт оценивали с помощью факторов концентрации, характеризующих интенсивность перевода микроэлемента из грунта в растение, как и с помощью их сопоставления с атмосфер. депозицией и с ее исключением. Как показали данные, абсолютные их величины понижаются с расстоянием от источника загрязнения, а соотношение между усвоением микроэлементов из атмосферы и почвы не зависит от этого расстояния, т.е. от абсолютного их содержания в почве. Сравнение факторов концентрации показывает, что если свинец усваивается растением отчетливо из воздуха, то кадмий и цинк — из почвы, а долю усваиваемого из почвы хрома определить трудно из-за слабой корреляции с его наличием в растении.

атмосферная депозиция; тяжелые металлы; усвоение; почва; полевая культура; фактор концентрации

ADAMEC, V. — SÁŇKA, M. (Research Institute for Soil Improvement, Praha, Brno branch): *A share of atmospheric deposition in the heavy metal contamination of plant products*. Rostl. Výr., 36, 1990 (4) : 379-386.

Samples to lay out a vegetation pot trial were taken from naturally contaminated soils in seven pollution zones (determined on the basis of dissipation analysis). The objective of the trial was to investigate a share of atmospheric deposition in the lead, cadmium, chromium and zinc contamination of plant products. The conditions of the same soil type (HP) and soil kind (ph-h) were respected for the choice of localities. Oat was a test plant used in vegetation pots (in a plastic house) as well as in the field at sampling sites. To evaluate the results of the trial, concentration factors were used which describe the intensity of plant uptake of the given element from the soil; these concentration factors for the environment and atmospheric deposition were compared; the third step was a comparison of these concentration factors excluding atmospheric deposition. The results demonstrate that the greater is the distance from the source of pollution, the lower are the absolute values of contents of the given elements; the ratio of plant uptake of the elements from soil and atmosphere did not depend on the distance from a pollution source, that means on the absolute content of the elements in soil. The comparison of concentration factors indicates that lead is an element taken up by the plant preferably from the atmosphere while cadmium and zinc are mostly taken from the soil; the share of uptaken chromium from the soil is hard to determine due to weak correlations with its content in the plant.

atmospheric deposition; heavy metals; uptake; soil; crop; concentration factor

ADAMEC, V. — SÁŇKA, M. (Forschungsinstitut für Bodenfruchtbarkeit, Praha, Zweigstelle Brno): *Anteil atmosphärischer Deposition auf die Kontamination der Pflanzenproduktion durch Schwermetalle*. Rostl. Výr., 36, 1990 (4) : 379-386.

Auf natürlich kontaminierten Böden wurden aus sieben Verunreinigungszone (die einer Streuungsstudie nach abgesteckt wurden) Proben zum Anlegen eines Gefäßversuchs entnommen. Das Ziel der Versuche war, zur Aufklärung des Anteils der atmosphärischen Deposition auf die Kontamination der Pflanzenproduktion durch Blei, Kadmium, Chrom und Zink beizutragen. Bei der Auswahl der Lokalitäten wurden Bedingungen gleichen Bodentyps (HP) und gleicher Bodenart (ph-h) eingehalten. Als Testpflanze wurde in den Vegetationsgefäßen (Folienzelten) ebenso wie im Terrain an den Probeentnahmestellen, Hafer eingesetzt. Die Auswertung des Versuchs wurde mit Hilfe von Konzentrationsfaktoren, die die Intensität des Übergangs des gegebenen Elements aus dem Boden in die Pflanze charakterisieren, und ferner dann durch Vergleichung dieser Konzentrationsfaktoren zwischen Umwelt mit atmosphärischer Deposition und mit Ausschluss der atmosphärischen Deposition, vorgenommen. Aus den Ergebnissen geht hervor, daß die Absolutwerte der Gehalte der untersuchten Elemente proportional der Entfernung von der Verunreinigungsquelle sinken und daß das Verhältnis der Aufnahme dieser Elemente durch die Pflanze

sowohl aus dem Boden als auch aus der Atmosphäre keine Abhängigkeit von der Entfernung von der Verunreinigungsquelle, d. h. vom absoluten Gehalt der Elemente im Boden, aufweist. Ein Vergleich der Konzentrationsfaktoren deutet darauf hin, daß die Pflanze das Element Blei markant aus der Atmosphäre aufnimmt, während Kadmium und Zink überwiegend aus dem Boden aufgenommen werden; der Anteil des aus dem Boden aufgenommenen Chroms läßt sich nur schwierig bestimmen u. zw. wegen der geringen Korrelationsabhängigkeit mit dem Gehalt in der Pflanze.

atmosphärische Deposition; Schwermetalle; Aufnahme; Boden; Feldfrucht; Konzentrationsfaktor

Adresa autorů:

Ing. Vladimír A d a m e c, ing. Milan S á ň k a, Výzkumný ústav pro zúrodnění zemědělských půd, Lidická 25/27, 657 20 Brno

OBSAH KOVŮ V ZELENINĚ PESTOVANÉ V OKOLÍ ZÁVODU NA VÝROBU NIKLU

J. Uhnák, A. Rippel

UHNÁK, J. — RIPPEL, A. (Výskumný ústav preventívneho lekárstva, Bratislava): *Obsah kovů v zelenině pěstované v okolí závodu na výrobu niklu*. Rostl. Vyr., 36, 1990 (4) : 387-384.

Uvádžajú sa výsledky dvojročného sledovania obsahu niektorých kovov (olova, kadmia, kobaltu, chrómu, medi, zinku, mangánu a niklu) v mrkve, petržlene, zemiakoch, cibuli, hlávkovom šaláte, kapuste, keli, uhorkách, rajčiakoch a v paprike. Vzorky sa analyzovali atómovou absorpčnou spektrometriou po mineralizácii mokrou cestou. Zistené obsahy olova ($0,016\text{--}0,138\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) nepresahujú limity platné v ČSSR, ale obsahy kadmia ($0,002\text{--}0,076\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) tieto limity v mnohých prípadoch prekračujú. Hladiny oboch kovov sú však vyššie ako v rovnakých vzorkách v SSR. Hladiny ostatných sledovaných kovov sú všeobecne nižšie ako ich povolené limity v potravinách, sú však vyššie oproti iným oblastiam v SSR a v zahraničí. Medzi jednotlivými rokmi sledovania sa nezistili podstatné rozdiely v obsahoch. Vzhľadom na zvýšené obsahy kovov sa neodporúča v blízkosti závodu pestovať zeleninu na priamy konzum.

výroba niklu; kovy v zelenine; atómová absorpčná spektrometria

Je všeobecne známe, že znečistenie životného prostredia v okolí závodu na spracovanie nerastných surovín je značné. Ide najmä o zlúčeniny zdraviu škodlivých kovov (As, Cd, Hg, Pb), ale aj iných kovov, ktoré vo vyšších množstvách môžu nepriaznivo vplývať nielen na rastliny, ale môžu znamenať aj zdravotné riziko pre ľudský organizmus, kde sa okrem ovzdušia môžu dostať aj cestou potravinového reťazca. Preto tejto problematike treba venovať pozornosť a sledovať nielen ich obsah v potravinách, ale aj ich dynamiku v životnom prostredí.

Vo svetovej literatúre sú známe práce už z minulosti. Vetter et al. (1974) zistili, že dôležitým faktorom je vzdialenosť zdroja, ďalej umývanie, prípadne očistenie plodín, čím sa dosiahlo výrazne zníženie obsahu olova, kadmia, medi a zinku v plodinách. Až vo vzdialenosti viac ako 4 km od hút sa hodnoty toxických kovov blížili k normálnym hladinám.

Börritz et al. (1976) sledovali pôsobenie emisií z hút, v ktorých sa vyrábali farebné kovy na poľnohospodárske plodiny. Z hľadiska fyto-toxicity sú v okolí hút dôležité na posúdenie tieto kovy: Pb, As, Zn, Cu, Cd, Cr, Hg, Mo a V.

Výšetrenie potravín rastlinného pôvodu v okolí závodu na výrobu olova popisujú Auermann et al. (1976, 1979). Priemerný obsah olova v zelenine sa pohyboval od 2 do $150\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a v ovocí od 4 do $35\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny vzorky. Priemerný obsah kadmia bol $0,25\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvej hmoty a v ovocí $0,060\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvej hmoty.

D ä s s l e r et al. (1982) sa zaoberali vplyvom emisií na obsah niklu v listoch ovocných stromov v okolí Ni-huty. Až vo vzdialenosti 3 km od huty klesá obsah niklu v listoch na normálnu hodnotu.

Obsahy olova a kadmia popisuje K a m p e (1981, 1983), ktorý zistil, že najmä maximálne hodnoty obsahu kovov dva- až trikrát prekračujú maximálne prípustné hodnoty olova a kadmia. Priemerné hodnoty boli u oboch kovov v rámci tolerovateľných hodnôt.

U nás sme sa touto problematikou zaoberali už dávnejšie v okolí závodu na výrobu hliníka (R i p p e l, 1967) a v okolí tepelnej elektrárne na spaľovanie menejhodnotného uhlia (B a l á ě ť o v á et al. 1980). Vo vzorkách zeleniny bol obsah kovov zvýšený oproti kontrolnej oblasti, ale v priemerných hodnotách neprekročil povolené najvyššie prípustné množstvá kovov v potravinách.

Aby sme poznali situáciu v oblasti závodu na výrobu niklu, ktorý je umiestnený na nížine v intenzívne obrábanej poľnohospodárskej oblasti, sledovali sme počas dvoch rokov vo vybraných druhoch zeleniny tieto kovy: Cd, Pb, Cu, Zn, Cr, Ni, Co a Mn.

MATERIÁL A METÓDA

Vzorky zeleniny sa odoberali na JRD a ŠM vo vzdialenosti 1 až 8 km od závodu v stave vegetačnej zrelosti v rokoch 1981 a 1982. Ročne sa odobralo z každého druhu zeleniny 5 až 14 vzoriek. Vzorky sa najprv dôkladne umyli, zbavili nejedlých častí, zhomogenizovali na mixéri a podrobili analýze podľa metód uvedených v prílohe AHEM (1981). Kovy sa stanovili atómovou absorpčnou spektrometriou (AAS) na prístroji Perkin Elmer 5000.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Zistené obsahy kovov v sledovaných druhoch zeleniny za obidva sledované roky sú uvedené v tab. I až V. Pri hodnotení zdraviu škodlivých kovov (tab. I) možno konštatovať, že obsah olova je na úrovni normálnych hodnôt, lebo ani v jednom druhu zeleniny a ani v maximálnych hodnotách sa neprekročila najvyššia prípustná koncentrácia (NPK) $0,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ podľa Úpravy hygienických požiadaviek na cudzorodé látky v požívatinách (1986). Najvyšší obsah bol zistený v hlávkovom šaláte a v mrkve, najnižší v uhorkách. Medzi obsahom olova v jednotlivých rokoch neboli zistené významnejšie rozdiely.

Pri hodnotení obsahu kadmia aj priemerné hodnoty v niektorých druhoch vzoriek (hlávkový šalát, cibuľa) prekračujú NPK pre kadmium $0,03 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Podobne ako u olova, aj najvyšší obsah kadmia bol zistený v šaláte, ale na druhom mieste je cibuľa, a nie mrkva ako u olova. V mrkve bol zistený práve najnižší obsah zo sledovaných druhov zelenín najmä v prvom roku sledovania.

Z porovnania obsahu týchto dvoch kovov v troch rovnakých druhoch zelenín s výsledkami zistenými v hlavných úlohách hygienickej služby v SSR vyplýva, že všetky výsledky obsahov kadmia a olova sú v oblasti niklovej huty vyššie ako v ostatných oblastiach SSR (tab. II). Z tohto vzájomného porovnania vyplýva, že najmä v listovej zelenine dochádza

Druh	Rok sledovania	Pb		Cd	
		$\bar{x}$	$x_{\min} - x_{\max}$	$\bar{x}$	$x_{\min} - x_{\max}$
Mrkva	1.	0,087	0,053—0,098	0,011	0,005—0,030
	2.	0,093	0,043—0,110	0,025	0,002—0,037
Hlávkový šalát	1.	0,103	0,054—0,136	0,054	0,010—0,076
	2.	0,093	0,078—0,138	0,043	0,008—0,064
Zemiaky	1.	0,072	0,018—0,113	0,022	0,008—0,046
	2.	0,062	0,016—0,123	0,030	0,005—0,065
Cibuľa	1.	0,042	0,030—0,055	0,031	0,009—0,065
	2.	0,035	0,023—0,063	0,035	0,005—0,069
Kapusta	1.	0,062	0,023—0,079	0,028	0,006—0,049
	2.	0,053	0,018—0,090	0,032	0,008—0,070
Kel	1.	0,033	0,018—0,078	0,030	0,006—0,056
	2.	0,050	0,027—0,082	0,021	0,004—0,045
Uhorky	1.	0,033	0,016—0,113	0,018	0,004—0,047
	2.	0,024	0,018—0,076	0,020	0,010—0,053
Paprika	1.	0,068	0,031—0,093	0,029	0,004—0,061
	2.	0,072	0,026—0,096	0,037	0,008—0,053
Rajčiaky	1.	0,052	0,023—0,085	0,028	0,009—0,037
	2.	0,071	0,050—0,096	0,024	0,003—0,043

jednoznačne k zvyšovaniu oboch toxických kovov v dôsledku vzdušnej kontaminácie.

Čo sa týka obsahu medi a zinku (tab. III), možno konštatovať, že hladiny obidvoch týchto prvkov sú v priemere hlboko pod povolenú NPK (10,0 mg . kg⁻¹) a ani v maximálnych nálezoch nedosahujú NPK.

Pri hodnotení obsahu chrómu a niklu (tab. IV) zisťujeme, že u chrómu maximálne hodnoty nedosahujú NPK (0,2 mg . kg⁻¹). U niklu len dve maximálne hodnoty v rajčiakoch prekračujú tento limit. Značná časť maximálnych nálezov u okolia niklovej huty ako aj všetky priemerné obsahy niklu v zelenine sú zvýšené takmer dvojnásobne voči literárnym údajom (Takťakišvili, 1963; Balážová et al., 1980; Ellen et al., 1987).

Pretože nie sú doposiaľ uvádzané limitné hodnoty pre kobalt a mangán v potravinách, možno iba konštatovať, že obsah týchto kovov je tiež asi trojnásobne zvýšený voči literárnym údajom (Poljakova et al., 1968; Ellen et al., 1978). Pomerne vyšší je obsah kobaltu u petržlenu (koreň), čo asi bude súvisieť s pomerne vyšším obsahom kobaltu v pôde.

Pri porovnaní maximálnych hodnôt mangánu, ako ich zistili Tuček

II. Porovnanie priemerných obsahov olova a kadmia v zelenine z okolia Ni-huti a SSR ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ čerstvej hmoty) — Comparison of the average contents of lead and cadmium in vegetables from the surroundings of a nickel works and from the SSR (mg per kg fresh mass)

Druh	Pb		Cd	
	Ni-huta	SSR	Ni-huta	SSR
Mrkva	0,090	0,050	0,018	0,030
Hlávkový šalát	0,098	0,068	0,049	0,030
Kapusta	0,058	0,017	0,030	0,012

III. Obsah medi a zinku v zelenine (v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ čerstvej hmoty) — Copper and zinc contents in vegetables (mg per kg fresh mass)

Druh	Rok sledovania	Cu		Zn	
		$\bar{x}$	$x_{\min} - x_{\max}$	$\bar{x}$	$x_{\min} - x_{\max}$
Mrkva	1.	1,20	0,60 – 1,50	4,1	3,1 – 6,4
	2.	1,00	0,52 – 1,74	3,4	2,1 – 5,5
Zemiaky	1.	1,03	0,45 – 1,34	3,9	2,5 – 6,8
	2.	1,13	0,65 – 1,65	4,2	1,8 – 7,3
Cibuľa	1.	0,50	0,20 – 0,85	3,8	1,6 – 6,9
	2.	0,60	0,83 – 0,96	3,5	1,4 – 8,7
Kapusta	1.	0,63	0,43 – 1,18	3,5	2,1 – 5,3
	2.	0,56	0,28 – 1,06	4,0	2,1 – 6,3
Kel	1.	0,55	0,23 – 1,32	4,1	1,8 – 8,5
	2.	0,76	0,23 – 1,62	4,2	3,2 – 5,2
Uhorky	1.	0,65	0,23 – 1,23	2,3	1,5 – 3,6
	2.	0,76	0,13 – 1,23	2,7	1,6 – 3,1
Paprika	1.	1,42	0,32 – 1,73	3,5	0,3 – 6,3
	2.	1,24	0,94 – 1,72	3,2	1,6 – 5,8
Rajčiaky	1.	1,04	0,65 – 1,57	3,8	2,1 – 5,6
	2.	1,43	0,47 – 1,63	5,2	2,4 – 8,9

et al. [1978] v okolí Plzne, a hodnôt v našich vzorkách zeleniny vidieť, že naše zistenia sú takmer dvojnásobné.

Pri porovnaní hladín obsahov kovov medzi dvomi rokmi sa nezistili významnejšie rozdiely. Rozptyl obsahov kovov je v rozmedzí ± 10 až 25 %. Je veľmi obtiažne zhodnotiť tieto rozdiely, pretože na druhý rok už tá istá zelenina nebola na tom istom hone (láne) ako minulý rok.

Druh	Rok sledovania	Cr		Ni	
		$\bar{x}$	$x_{\min} - x_{\max}$	$\bar{x}$	$x_{\min} - x_{\max}$
Mrkva	1.	0,063	0,020—0,100	0,310	0,150—0,450
	2.	0,072	0,021—0,095	0,260	0,110—0,330
Zemiaky	1.	0,082	0,026—0,120	0,170	0,150—0,200
	2.	0,047	0,020—0,096	0,143	0,110—0,230
Cibuľa	1.	0,032	0,043—0,097	0,158	0,050—0,400
	2.	0,042	0,023—0,135	0,132	0,080—0,350
Kapusta	1.	0,048	0,013—0,093	0,192	0,050—0,330
	2.	0,053	0,012—0,087	0,148	0,040—0,300
Kel	1.	0,079	0,031—0,110	0,143	0,040—0,280
	2.	0,093	0,028—0,126	0,175	0,040—0,310
Uhorky	1.	0,023	0,014—0,039	0,110	0,075—0,150
	2.	0,032	0,014—0,045	0,175	0,110—0,210
Paprika	1.	0,044	0,010—0,092	0,268	0,050—0,350
	2.	0,038	0,009—0,098	0,241	0,030—0,290
Rajčiaky	1.	0,093	0,032—0,162	0,350	0,250—0,550
	2.	0,084	0,025—0,137	0,283	0,176—0,630

ZÁVER

Pri celkovom hodnotení ovplyvňovania poľnohospodárskych plodín kovmi v okolí niklovej huty treba v prvom rade prihliadať na rozhodujúci faktor, t. j. vzdialenosť závodu a druhovú skladbu poľnohospodárskych plodín a hlavne vyberať tie druhy, ktoré nemajú veľký povrch listov. Je treba sledovať, aby pôda nemala kyslú reakciu, kedy môže prichádzať k zvýšeniu príjmu olova a kadmia do koreňov rastlín.

Na základe dosiahnutých výsledkov je možné odporúčať tieto opatrenia:

V okruhu do 1 km pestovať len tie plodiny, ktoré sa použijú na priemyselné spracovanie a nedostanú sa tak priamo na spotrebiteľský trh, napr. obilie, kukurica, technické plodiny.

Všestrannou propagáciou upozorniť okolité obyvateľstvo na význam dodržiavania hygienických zásad prípravy základných surovín, pochádzajúcich z tejto oblasti, spočívajúcich v dôkladnom očistení, umytí a odstránení povrchových častí plodín.

Zeleninu vypestovanú do okruhu cca 4 km presúvať do iných oblastí, kde nie je taká intenzívna kontaminácia kovmi, alebo použiť na konzervárské účely.

Druh	Rok sledovania	Co		Mn	
		$\bar{x}$	$x_{\min} - x_{\max}$	$\bar{x}$	$x_{\min} - x_{\max}$
Mrkva	1.	0,062	0,020 — 0,076	4,76	1,83 — 10,28
	2.	0,087	0,032 — 0,117	3,25	1,36 — 12,85
Zemiaky	1.	0,090	0,030 — 0,140	3,96	3,08 — 4,81
	2.	0,083	0,018 — 0,125	4,46	3,02 — 5,74
Cibuľa	1.	0,094	0,010 — 0,120	2,50	1,32 — 4,65
	2.	0,082	0,012 — 0,110	3,73	1,63 — 6,38
Petržlen	1.	0,125	0,048 — 0,137	5,23	2,81 — 10,75
	2.	0,143	0,068 — 0,154		
Kapusta	1.	0,099	0,050 — 0,132	8,49	3,63 — 15,73
	2.	0,114	0,047 — 0,145	9,36	2,35 — 16,81
Kel	1.	0,094	0,047 — 0,117	6,32	1,84 — 10,64
	2.	0,135	0,078 — 0,156	7,11	1,98 — 9,83
Uhorky	1.	0,051	0,032 — 0,065	2,37	1,35 — 6,83
	2.	0,029	0,010 — 0,042	2,86	1,23 — 8,32
Paprika	1.	0,097	0,030 — 0,142	1,68	1,18 — 2,95
	2.	0,096	0,032 — 0,157	2,06	1,03 — 2,63
Rajčiaky	1.	0,122	0,011 — 0,147	5,73	1,03 — 8,94
	2.	0,092	0,060 — 0,104	7,36	1,53 — 11,43

Zaviest dôkladnú a systematickú kontrolu všetkých druhov zeleniny vypestovaných vo vzdialenosti do 4 km od závodu na obsah toxických kovov už pred distribúciou týchto plodín do obchodnej siete.

Zosúladiť poľnohospodársky výrobný program s hygienickými požiadavkami na špecializovanú výrobnú prax a rešpektovanie zvláštností tejto poľnohospodárskej oblasti.

Nepoužívať v tejto oblasti priemyselné hnojivá, ktoré obsahujú prídavok mangánu a iných stopových mikroelementov, napr. Cererit, Synborit, Superstop a pod.

Literatúra

- AHEM — Acta hygienica, epidemiologica et microbiologica, Príloha, 1981, č. 19.
 AUERMANN, E. — DÄSSLER, H. G. — CUMBROWSKI, J. — KNAUER, K. — JACOBI, J.: Cadmiumgehalt pflanzlicher Nahrungsmittel im Wirkungsbereich einer Bleihütte. Nahrung, 23, 1977, č. 9/10, s. 875-890.
 AUERMANN, E. — JACOBI, J. — ETERNACH, R. — KÜHN, J.: Untersuchungen über den Bleigehalt pflanzlicher Nahrungsmittel im Wirkungsbereich eines bleiemitierenden Betriebes, Nahrung, 20, 1976, č. 5, s. 509-518.

BALÁŽOVÁ, G. a kol.: Kovy v životnom prostredí. [Závěrečná správa.] Bratislava, VÚPL 1980.

BORTITZ, S. — DÄSSLER, H. G. — ENGMANN, F.: Wirkungen von Hüttenstaub auf landwirtschaftliche Pflanzen. Techn. u. Umweltsch., 15, 1976, č. 3, s. 247-245. DÄSSLER, H. G. — BORTITZ, S. — AUERMANN, E. — JACOBI, J.: Untersuchungen zum Nickelgehalt von Stäuben und Pflanzenmaterial aus Immissionsgebiet. Nahrung, 26, 1982, č. 4, s. 351-361.

ELLEN, G. — BOSCH-TIBLESMA, F. — DOUMA, F.: Nickel content of various Dutch food-stuff. Z. Lebensm. — Unters. Forsch., 166, 1978, č. 2, s. 145-147.

KAMPE, W.: Die pflanzenliche Bedeutung von Schwermetallen. Fortschr. Städt. — Hyg., 32, 1981, s. 36-40.

KAMPE, W.: Blei und Cadmium in der Nahrung — eine aktuelle Gefahr? Fortschr. Städt. — Hyg., 34, 1983, č. 5, s. 236-241.

POLJAKOVÁ, A. N. — ROGACEVA, L. S. — ILJIN, V. P.: Soderžanije Cu, Co i Ni v piščevych produktach. Vopr. Pitan., 2., 1968, č. 1, s. 66-70.

RIPPEL, A.: Sledovanie obsahu fluóru v poľnohospodárskych plodinách a produktoch. [Závěrečná správa.] Bratislava, VÚH 1967.

TAKTAŠVILI, S.: Soderžanije kobalta i nikelja v nekotorych piščevych produktach Gruzii. Vopr. Pitan., 25, 1963, č. 22, s. 73-74.

TUČEK, J. — WALDMAN, J. — TUREK, B. — HLAVSOVÁ, D.: Zinek a mangan v poživatinách. In: Sbor. Prací Minerální látky v poživatinách, Plzeň, KHS 1978, s. 28-32.

Úprava o hygienických požiadavkách na cudzorodé látky v poživatinách. Vest. MZ SSR, 1986, č. 12-13.

VETTER, H. — MÄHLHOP, R. — FRÜCHTENIECHT, F.: Immissionsstoffbelastung in Nachbarschaft einer Blei- und Zinkhütte, Ber. Landwirtsch., 52, 1974, č. 2, s. 327-350.

Došlo dňa 1. 11. 1989

УГНАК, Я. — РИППЕЛ, А. (Научно-исследовательский институт профилактической медицины, Братислава): Содержание металлов в овощах, возделываемых вблизи никельного завода. Рostl. Výr., 36, 1990 (4) : 387-394.

Приводятся результаты проводимого в течение 2 лет прослеживания за содержанием некоторых металлов (свинца, кадмия, кобальта, хрома, меди, цинка, марганца и никеля) в моркови, петрушке, картофеле, луке, салате, капусте, цве. капусте, помидорах и перце стручковом. Микродозы свинца ($0,016-0,138 \text{ мг. кг}^{-1}$) не превышают действующие в ЧССР лимиты, тогда как у кадмия они во многих случаях превышают ($0,002-0,076 \text{ мг. кг}^{-1}$), но оба элемента содержатся в овощах в большем количестве, чем в одинаковой пробе из Словакии. Уровни же остальных элементов повсеместно ниже допустимых лимитов для продуктов питания, но выше, чем в иных словацких областях и за рубежом. Между годами прослеживания существенной разницы не отмечено. Ввиду этих данных не рекомендуется выращивать овощи для непосредственного потребления вблизи заводов.

производство никеля; металлы в овощах; атомная абсорбционная спектроскопия

UHNÁK, J. — RIPPEL, A. (Research Institute of Preventive Medicine, Bratislava): Element contents in vegetables grown in the surroundings of a nickel works. Rostl. Výr., 36, 1990 (4) : 387-394.

For two years the contents of some elements (lead, cadmium, cobalt, chromium, copper, zinc, manganese and nickel) were investigated in carrots, parsley, potatoes, onion, lettuce, cabbage, savoy cabbage, cucumbers, tomatoes and pepper. The samples were analyzed by atom absorption spectrometry after wet mineralization. The lead contents which were found out in the given kinds of vegetables do not exceed the limits valid in the CSSR, but the cadmium contents ($0.002-0.076 \text{ mg per kg}$) exceed these limits in a number of cases. The contents of these two elements are higher than in the same samples taken in the SSR. The contents of the other elements are in general lower than are their admissible values in foods, but they are higher than in the other regions in the SSR and in foreign countries. No greater differences in the element contents were found in the individual years of investi-

gation. The growing of vegetables for direct consumption in the surroundings of a nickel works cannot be recommended due to the increased contents of heavy metals. nickel production; heavy metals in vegetables; atom absorption spectrometry

UHNÁK, J. — RIPPEL, A. (Forschungsinstitut für Präventivmedizin, Bratislava): *Metallgehalt von in der Nähe eines Nickelproduktionsbetriebs angebautem Gemüse*. Rostl. Výr., 36, 1990 (4) : 387-394.

Es werden Ergebnisse einer zweijährigen Verfolgung des Gehalts einiger Metalle (Blei, Kadmium, Kobalt, Chrom, Kupfer, Zink, Mangan und Nickel) in Möhren, Petersilie, Kartoffeln, Zwiebel, Kopfsalat, Wirsingkohl, Gemüsekohl, Gurken, Tomaten und Gemüsepaprika angeführt. Die Proben wurden mittels Atomabsorptionsspektrometrie nach Mineralisierung auf nassem Wege analysiert. Die ermittelten Bleigehalte ($0,016 - 0,138 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) überschreiten zwar die in der ČSSR geltenden Limits nicht, die Kadmiumgehalte jedoch ($0,002 - 0,076 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) reichen in vielen Fällen über diese Limits hinaus. Die Niveaus beider Metalle sind allerdings höher als die in denselben Proben aus anderen Regionen der Slowakischen SR. Die Niveaus der übrigen getesteten Metalle sind allgemein niedriger als ihre, für Lebensmittel zugelassenen Limits, auch in diesem Fall sind sie jedoch höher gegenüber anderen Regionen der SSR und gegenüber dem Ausland. Zwischen den einzelnen Jahren der Untersuchung wurden in bezug auf den Gehalt der angeführten Metalle keine wesentlichen Unterschiede festgestellt. Im Hinblick auf die erhöhten Metallgehalte wird von einem Anbau von Gemüse für den Direktkonsum in der Nähe des Nickelproduktionsbetriebs abgeraten.

Nickelproduktion; Metallgehalt in Gemüse; Atomabsorptionsspektrometrie

Adresa autorov:

Ing. Ján Uhnák, CSc., Ing. Adolf Rippel, CSc., Výskumný ústav preventívneho lekárstva, Limbová 14, 833 01 Bratislava

J. Kulich

KULICH, J. (Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra): *Fytotoxický vplyv arzénu v synergickej sústave so sírou*. Rostl. Výr., 36, 1990 (4) : 395-405.

Pri hodnotení fytotoxicity arzénu (As) a synergickej sústavy As + S v biologických testoch, nádobových a poloprevádzkových pokusoch sme získali tieto poznatky: Už pri krátkodobej expozícii rastlín synergická sústava As + S nepôsobí na rastliny tak toxicky ako samotný As. Fytotoxicita samotného As pretrváva počas vegetácie. Pri kombinácii As + S v porovnaní s As sme zistili preukazne zvýšenie úrody bôbu a ovsu a zníženia obsahu As v sušine. Pri porovnaní vplyvu samotného As so sústavou As + S reagujú obilniny a krmoviny na prírastok síry malým zvýšením úrody, ale znížením obsahu As v sušine v priemere o 21,6 %. Poloprevádzkový pokus s použitím síranu amónneho oproti kontrole potvrdil kladný vplyv síry v priemere o 0,26 t. ha⁻¹ pri ozimnej pšenici.

fytoxicita; synergická sústava; úroda; obsah arzénu v sušine; expozícia

Zložitost interakcií toxická látka — živý organizmus v závislosti od expozície, dávky, času a biotransformácie prináša mnohé ťažkosti aj preto, že funkčný priebeh je obmedzený krátkym časovým intervalom v nedeinovanom systéme. Dôvody pre neustále upresňovanie v tejto oblasti sú jednoznačné preto, že pri veľkej väčšine toxických látok, zvlášť ťažkých kovoch prestávame hovoriť len o lokálnom, ale hovoríme o ich plošnom prieniku do biosféry. Tomuto stavu zodpovedá prudký vzrast srdcovocievnych ochorení (Pb, Sd, Sb, Co), ale aj genetických deštrukcií (As, Be, Cd, Se), čo do druhej svetovej vojny nebolo poznané (prevládali infekčné choroby), nakoľko skladba toxických škodlivín vo vzduchu, vode i pôde a nakoniec i v potravinových článkoch mala celkom iné kvalitatívne i kvantitatívne parametre.

O škodlivosti arzénu v ekosystéme sa vyslovili viacerí autori (Rosiál, Szokolay, 1969; Blažej a kol., 1981; Holobradý, 1982; Kulich, 1986; Tölgyessy a kol., 1989), ktorí skúmali fytotoxické vplyvy a celkom logicky ich pokladajú z nakumulovaných zlúčenín arzénu v sušine rastlín tiež za jednu z príčin zdravotných komplikácií.

Zriedka sa však stretávame s možnosťami obmedzenia prieniku arzénu do priamej výživy rastlín, keďže jeho zlúčeniny (arzenitany, ale hlavne arzeničnany) sú zvlášť mobilné pre svoju chemickú podobu s fosforečnanmi. Vlastná toxicita arzénu je (Koštíř, 1974) inhibíciou niektorých enzýmov oxidačnej fázy fosforylácie. Arzén síce zaujal miesto fosforu, ale nie je schopný vysokoenergetickej väzby, čím dochádza k retardácii rastu a vývinu a kvantitatívnemu zvyšovaniu obsahu arzénu v biomase.

Vzhľadom k spomenutému problému plošnej kumulácie arzeničnanov (Horná Nitra, Rudňany, Košice) sme sa viac rokov snažili uplatniť také opatrenia, pri ktorých by sa stabilizovala úrodnosť a obsah arzenu v sušine rastlín nestúpali. Odpoveď do určitej miery možno nájsť v samotných emisných areáloch — na pôdach s obsahom arzenu ďaleko vyšším, ako sa v pokusných podmienkach ešte pestujú rastliny, ktoré na pokusných parcelách mimo emisného areálu už nie sú schopné vegetácie.

Príčina spočíva v tom, že prakticky všade tam, kde je zvýšená hladina arzenu v pôde, je aj vysoká hladina síry emitovanej vo forme oxidov. Už v roku 1952 bol vyslovený názor, ktorý publikovali Barker a kol. (1966), že medzi obsahom siričitanov a tvorbou sulfhydrilových skupín musí existovať dynamická rovnováha, ktorá je zárukou optimálneho delenia buniek, a tým aj normálneho rastu a vývinu. Keď sa k posunutiu rovnováhy v neprospech SH-skupín pričlenia aj arzeničnany, na ktoré sa viažu, a v prostredí je síry nedostatok, môže sa účinok dávok arzenu prejavovať vysoko toxicky.

Košťiř (1974) sa domnieva, že je možné túto arzenovú blokádu SH-skupín enzýmov uvoľniť práve redukovanými zlúčeninami síry. Takto postavená naša hypotéza by v podmienkach opakovateľného pokusu mala synergickú sústavu As + S proti kontrolnému variantu, kde bol použitý len čistý arzén, potvrdiť nepriamo prírastok v nadzemnej hmote a úbytok arzenu v sušine.

MATERIÁL A METÓDA

V celej sérii nádobových pokusov, založených podľa Mitscherlicha, bola použitá zemina piesačnato hlinitá, illimerizovaná s 0,9 % humusu, pH (H₂O) = 6,3; pH (KCl) = 5,9; so slabou zásobou základných živín. Substrát do nádob sme pripravili miešaním s kremičitým pieskom v pomere 1 : 1 na hmotnosť 1 kg v biologických testoch a 6 kg do nádobového pokusu.

K základnému hnojeniu sme použili dusičnan amónny, superfosfát a chlorid draselný v pomere NPK 1 : 1,2 : 1,5 g čistých živín do nádoby. Arzén bol aplikovaný do nádoby ako NaH₂AsO₄ a síra ako Na₂SO₄ v zodpovedajúcich návažkách na 1 kg substrátu.

Schéma variantov v biologických testoch (kukurica, mätonoh):

Variant — hnojenie

- A NPK — kontrola
- B NPK + 30 mg As
- C NPK + 30 mg As + 30 mg S

Schéma variantov v nádobových pokusoch (ovos, bôb, ďatelina):

Variant — hnojenie

- A NPK — kontrola
- B NPK + 30 mg As
- C NPK + 30 mg As + 30 mg S

Schéma variantov v nádobových pokusoch (ovos, jačmeň, lucerna):

Variant — hnojenie

- A NPK — kontrola
- B NPK + 20 mg As
- C NPK + 20 mg As + 20 mg S
- D NPK + 40 mg As
- E NPK + 40 mg As + 40 mg S
- F NPK + 60 mg As
- G NPK + 60 mg As + 60 mg S
- H NPK + 80 mg As
- I NPK + 80 mg As + 80 mg S

Schéma variantov v nádobovom pokuse (ďatelina, bôb):

Variant — hnojenie

A	NPK — kontrola	
B	NPK + 30 mg As	1 : 0
C	NPK + 20 mg As + 20 mg S	1 : 1
D	NPK + 20 mg As + 40 mg S	1 : 2
E	NPK + 20 mg As + 60 mg S	1 : 3
F	NPK + 20 mg As + 80 mg S	1 : 4

Kontrolou uplatnenia použitej síry v nádobovom pokuse bol poloprevádzkový pokus na JRD Prievidza, kde na stredne humóznej, slabo kyslej pôde sme na výmere 1 ha päťkrát opakovaného aplikovali len síran amónny na hladinu 75 kg čistých živín oproti kontrolným dusíkatým hnojivám bez síry LAV. Obsah celkového arzenu bol 17,6 až 27,2 mg . kg⁻¹ pôdy, sledovaná bola úroda ozimnej pšenice.

Odrodová skladba pestovaných plodín v pokusoch bola: kukurica siata — *Zea mays* L. (CE IV), mätonoh trváci — *Lolium perenne* L. (Rožnovský), ovos siaty — *Avena sativa* L. (Diadém), jarný jačmeň siaty — *Hordeum vulgare* L. (Diamant), bôb obyčajný *Faba vulgaris* Moench (Povážsky), ďatelina lúčna — *Trifolium pratense* L. (Podtatranská), lucerna siata — *Medicago sativa* L. (Flamende), ozimná pšenica — *Triticum aestivum* L. (Hana).

Zber sme robili v biologických testoch po 21 dňoch od plného vzídenia, v nádobových pokusoch — obilniny v plnej zrelosti, ďatelinu, lucernu a bôb v čase kvitnutia. Výsledky sme zhodnotili podľa Gärtnera (1955) a relatívnym zvýšením úrod a znížením úrod a znížením obsahu v sušine v percentách. Chemické analýzy na obsah arzenu podľa publikovanej metodiky (Vašák, Sedivec, 1964) a niektoré kontrolovali aj metódou atómovej absorpčnej spektrofotometrie prístrojom SR-9.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Krátkodobý časový interval sledovania plodín kukurice a mätonohu v biologických testoch (tab. I) je poznačený pozitívnym znížením tvorby biomasy vplyvom použitej dávky arzenu. Záporný rozdiel $-2,56 \pm 0,41$ g pri kukurici a $-2,24 \pm 0,46$ g v nádobe pri mätonohu je preukazný. Menší výrazný je rozdiel spôsobený kombináciou As + S. Zvýraznenie efektu samotnej síry pri porovnaní variantov v kombinácii As + S a čistého As (varianty B a C) je v zvýšení úrody, dokonca preukazne a znížení obsahu arzenu v sušine pri oboch plodinách.

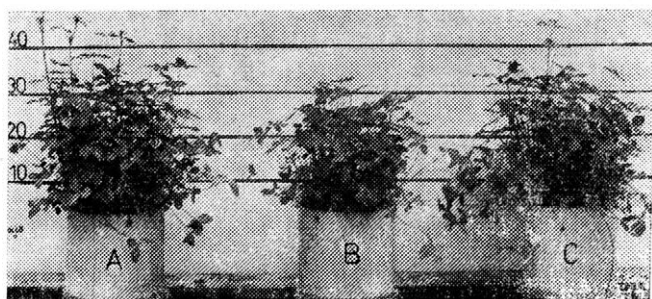
Preukazne toxický vplyv arzenu pretrváva počas celej vegetácie, čo potvrdzujú plodiny nádobového pokusu. Kombinácia As + S je prezentovaná pri ovse dokonca vyššou úrodou oproti variantu, kde bola rovnaká dávka arzenu. Efekt síry samotnej pri porovnaní variantov As + S a S (varianty C a B) je jednoznačný pri všetkých troch plodinách — preukazný dosahom na tvorbu úrody a znižovaní arzenu v sušine (tab. II, obr. 1 až 3).

Stúpajúce dávky arzenu pri skupine plodín (tab. III, IV) v nádobovom pokuse znižujú úrody nerovnomerne. Pri ovse a jačmeni, ďateline a bôbe

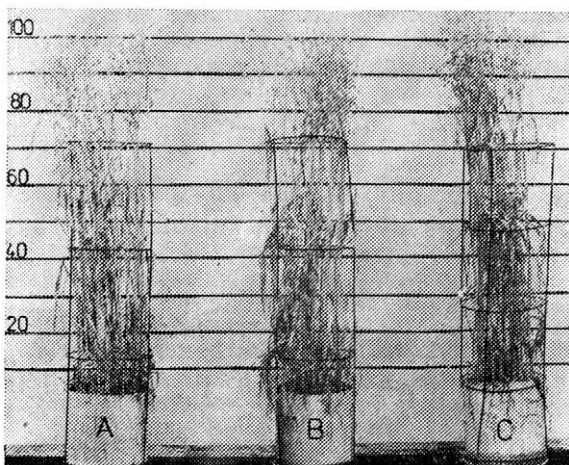
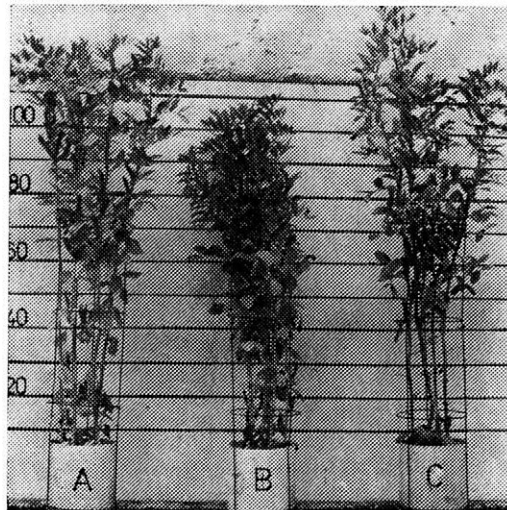
1. Ďatelina lúčna (*Trifolium pratense* L.) — Red clover (*Trifolium pratense* L.)

Vysvetlivky k obr. 1—3:

- A — NPK kontrola
- B — NPK + 30 mg S
- C — NPK + 30 mg As +
+ 30 mg S



2. Bôb obyčajný (*Faba vulgaris* Moench)
— Horse bean (*Faba vulgaris* Moench)



3. Ovos siaty (*Avena sativa* L.) —
Oats (*Avena sativa* L.)

sú výsledky výrazne kladné, no pri lucerne ani najvyššia dávka, t. j. 80 mg arzénu v 1 kg zeminy, presvedčivo neznížila úrodu. Výrazné rozdiely pri vplyve na úrodu sú medzi kombináciou As + S zvlášť pri ovse. Keď za reálny obsah hladiny arzénu v kontaminovaných pôdach považujeme 20 mg . kg⁻¹ a úrodu kontrolného variantu NPK za 100 %, tak sa úroda vplyvom arzénu v skupine plodín znížila v priemere o 9,5 %, ale vplyvom kombinácie As + S zvýšila o 3,3 %. Pre jednotlivé plodiny to predstavovalo:

Plodina	Zníženie úrody vplyvom		Zvýšenie úrody vplyvom	
	As v %		As + S v %	
Ovos	—13,6		rovné kontrole	
Jačmeň	— 0,6		+0,3	
Lucerna	— 6,6		—5,8 (zníženie)	
Ďatelina	— 2,1		+6,5	
Bôb	—24,8		+6,6	
V priemere	9,5		3,3	

I. Vplyv synergickej sústavy As + S na tvorbu úrody a obsah As v sušine plodín v biologických testoch — The effects of the As + S synergistic system on yield formation and As content in crop dry matter in biological assays

Variant		Priemerná úroda v g v nádobe		Priemerný obsah As v mg.kg ⁻¹ sušiny					
		kukurica	mätonoh	kukurica	mätonoh				
		$\bar{x} \pm s\bar{x}$		$\bar{x} \pm s\bar{x}$					
A	NPK	11,54 ± 0,33	11,80 ± 0,17	0,91 ± 0,16	0,86 ± 0,19				
B	NPK + As	8,98 ± 0,24	9,56 ± 0,42	2,74 ± 0,17	15,96 ± 3,05				
C	NPK + As + S	9,60 ± 0,20	10,56 ± 0,23	2,36 ± 0,10	13,72 ± 0,66				
Rozdiel zodpovedá vplyvu		+ zvýšenie, – zníženie úrody a obsahu As v sušine zodpovedá vplyvu As, As+S a S							
		$d \pm sd$	<i>P</i>	$d \pm sd$	<i>P</i>	$d \pm sd$	<i>P</i>	$d \pm sd$	<i>P</i>
As–NPK = As		–2,56 ± 0,41	++	–2,24 ± 0,46	++	+1,83 ± 0,29	++	+15,10 ± 3,00	++
(As+S)–NPK = As+S		–1,94 ± 0,39	++	–1,24 ± 0,29	++	+1,45 ± 0,19	++	+12,85 ± 0,69	++
(As+S)–As = S		+0,62 ± 0,31	+	+1,00 ± 0,47	+	–0,38 ± 0,20	–	–2,24 ± 3,10	–

P = preukaznosť +, nepreukaznosť - rozdielu

II. Vplyv synergickej sústavy As + S na tvorbu úrody a obsah As v sušine plodín nádobového pokusu — The effects of the As and S synergistic system on yield formation and As content in crop dry matter in a pot trial

Variant		Priemerná úroda v g v nádobe			Priemerný obsah As v mg.kg ⁻¹ sušiny								
		ovos	bôb	ďatelina	ovos	bôb	ďatelina						
		$\bar{x} \pm s\bar{x}$											
A	NPK	47,7 ± 1,92	48,0 ± 2,16	35,4 ± 0,59	stopy	stopy	stopy						
B	NPK+As	42,8 ± 1,39	43,2 ± 0,91	32,8 ± 1,62	2,1 ± 0,21	5,4 ± 0,48	4,6 ± 0,31						
C	NPK+As+S	51,6 ± 0,79	47,5 ± 1,56	35,0 ± 0,63	1,0 ± 0,16	2,1 ± 0,24	stopy						
Rozdiel zodpovedá vplyvu		+ zvýšenie, – zníženie úrody a obsahu As v sušine spôsobené As, As+S a S											
		$d \pm sd$	P	$d \pm sd$	P	$d \pm sd$	P	$d \pm sd$	P	$d \pm sd$	P	$d \pm sd$	P
As–NPK = As		–4,9 ± 2,42	+	–5,2 ± 2,38	+	–2,5 ± 1,72	–	nehodnotené					
(As+S)–NPK = = As+S		+3,9 ± 2,11	–	–0,5 ± 2,52	–	–0,3 ± 0,96	–	nehodnotené					
(As+S)–As = S		+8,8 ± 1,51	+	+4,3 ± 1,80	+	+2,2 ± 1,69	–	–1,1 – 0,25	+	–3,3 – 0,53	+		

III. Úrody zrna ovsa a jačmeňa, sena lucerny v závislosti od stúpajúcich dávok As a ich kombinácie s dávkami S — The yields of oats and barley grain, lucerne hay in dependence on As increasing rates and on combined application with S rates

Variant		Hmotnosť v g v nádobe			+ zvýšenie, — zníženie úrody v g a percentách v porovnaní s NPK kontrolou					
					ovos		jačmeň		lucerna	
		ovos	jačmeň	lucerna	g	%	g	%	g	%
A	NPK kontrola	42,5	31,3	25,8	100		100		100	
B	NPK + 20 mg As	36,7	30,9	24,1	-5,8	13,6	-0,2	0,6	-1,7	6,6
C	NPK + 20 mg As + + 20 mg S	42,5	31,2	24,3	0	0	+0,1	0,3	-1,5	5,8
D	NPK + 40 mg As	24,9	30,7	24,1	-17,6	41,4	-0,4	1,3	-1,7	6,6
E	NPK + 40 mg As + + 40 mg S	33,9	31,6	25,6	-8,6	20,2	+0,5	1,6	-0,2	0,7
F	NPK + 60 mg As	20,7	29,3	24,8	-21,8	51,3	-1,8	5,8	-2,0	7,7
G	NPK + 60 mg As + + 60 mg S	20,8	29,3	27,5	-21,7	51,1	-1,8	5,8	+1,5	5,8
H	NPK + 80 mg As	14,3	26,4	23,6	-28,2	66,3	-4,7	15,1	-2,2	8,5
I	NPK + 80 mg As + + 80 mg S	15,1	30,5	24,8	-27,4	64,5	-0,6	1,9	-1,0	3,9

IV. Úrody ďateliny a bôbu v závislosti od pomeru As : S pri hladine 20 mg As . kg⁻¹ zeminy — Clover and bean yields in dependence on the As : S ratio at the level of 20 mg As per kg

Variant As : S		Priemerná úroda nadzemnej hmoty v g v nádobe		+ zvýšenie, — zníženie úrody v g a percentách v závislosti od pomeru As : S			
				ďatelina		bôb	
		ďatelina	bôb	g	%	g	%
A	NPK kontrola	34,0	31,8	100		100	
B	NPK + As + S 1:0	33,3	23,9	-0,7	2,1	-7,9	24,8
C	NPK + As + S 1:1	36,2	33,9	+2,2	6,5	+2,1	6,6
D	NPK + As + S 1:2	37,4	38,4	+3,4	10,0	+6,6	20,7
E	NPK + As + S 1:3	34,0	—	—	rovné kontrola	—	—
F	NPK + As + S 1:4	32,9	—	-1,1	3,2	—	—

Tak, ako rovnomerne so zvyšujúcou sa hladinou arzénu v pokusoch klesá úroda, rovnomerne sa zvyšuje obsah arzénu v sušine (tab. V, VI). Kombináciou As + S sa tomuto zvýšeniu arzénu v sušine podarilo zabrániť prakticky pri všetkých sledovaných plodinách, pri hladine arzénu od 20 do 80 mg . kg⁻¹ zeminy pri úprave pomeru As : S. Boli to hodnoty, ktoré sa pri obilninách pohybovali okolo 1 mg . kg⁻¹ sušiny, no pri krmovinách sa tento interval rozšíril od 3 až 5 mg . kg⁻¹ sušiny. Zníženie za

V. Obsah As v slame, jačmeňa, ovsu a sena lucrny v závislosti od stúpajúcich dávok As a ich kombinácií s dávkami S — As contents in the straw of barley, oats and in lucerne hay in dependence on As increasing rates and on combined application with S rates

Variant		Obsah As v sušine v mg.kg ⁻¹			+ zvýšenie, — zníženie obsahu As v sušine v g a percentách pri vzájomnom porovnaní variantov					
					ovos		jačmeň		lucerna	
		ovos	jač- meň	lu- cerna	g	%	g	%	g	%
A	NPK kontrola									
B	NPK + 20 mg As	4,3	3,2	1,2	100		100		100	
C	NPK + 20 mg As + 20 mg S	3,5	2,4	1,5	-0,8	18,6	-0,8	25,0	+0,3	25,0
D	NPK + 40 mg As	5,0	4,1	3,8	100		100		100	
E	NPK + 40 mg As + 40 mg S	5,0	3,6	3,5	0	0	-0,5	12,2	-0,3	7,9
F	NPK + 60 mg As	6,1	5,2	5,7	100		100		100	
G	NPK + 60 mg As + 60 mg S	5,9	4,1	2,4	-0,4	6,6	-1,2	23,1	-3,3	57,9
H	NPK + 80 mg As	7,1	5,9	11,3	100		100		100	
I	NPK + 80 mg As + 80 mg S	4,6	5,1	6,2	-2,5	32,2	-0,8	13,6	-5,1	45,1
Priemer						14,3		18,4		21,4

VI. Obsah As v sušine ďateliny a bôbu v závislosti od pomeru As : S — As content in clover and bean dry matter in dependence on the As : S ratio

Variant As : S		Priemerný obsah As v sušine v mg.kg ⁻¹		+ zvýšenie, — zníženie obsahu As v mg a v percentách v závislosti od pomeru As : S			
				ďatelina		bôb	
		ďatelina	bôb	mg	%	mg	%
A	NPK kontrola						
B	NPK + As + S 1:0	4,92	3,90	100		100	
C	NPK + As + S 1:1	2,97	3,90	1,95	39,6	rovné kontrole	
D	NPK + As + S 1:2	4,27	2,80	0,65	13,2	-1,1	28,2
E	NPK + As + S 1:3	3,63	—	1,29	26,1	—	
F	NPK + As + S 1:4	3,90	—	1,02	20,7	—	
Priemer					24,9		14,1

celú skupinu predstavuje 21,6 % a pri jednotlivých plodinách ovse 18,6, jačmeni 25,0, lucerne 25,0, ďateliny 39,6 % a pri bôbe je na úrovni kontroly.

V poloprevádzkovom pokuse sa výsledky nádobových pokusov potvrdilo, a to pri ozimnej pšenici v jednom roku (tab. VII) prírastkom úrody zrna +0,16 t.ha⁻¹ a v druhom +0,36 t.ha⁻¹. V obsahu arzénu v zrne a slame nebolo podstatných rozdielov.

VII. Uplatnenie síry v poloprevádzkovom pokuse pri ozimnej pšenici — The role of sulphur in a pilot trial with winter wheat

Rok	Priemerná úroda v t.ha ⁻¹		Rozdiel v t.ha ⁻¹	Priemerný obsah As v mg.kg ⁻¹ sušiny			
	kontrolný variant	variant (NH ₄) ₂ SO ₄		zrno		slama	
				kontrolný variant	variant + S	kontrolný variant	variant + S
1987	4,76	4,92	+0,16	stopy	stopy	3,6	2,1
1989	4,81	5,16	+0,35	0,8	0,6	4,1	3,4

Reálnosť kalkulácie so sírou pri použití (NH₄)₂SO₄

Pri použití kg.ha ⁻¹	bude dodaná		
	základná živina N v kg.ha ⁻¹	síra v kg.ha ⁻¹	síra v mg.kg ⁻¹
100	21,18	24,26	8,08
200	42,36	48,52	16,16
300	63,54	72,78	24,32

Pri kalkulácii sa počíta s hmotnosťou pôdy 3 000 000 kg.ha⁻¹

Z výsledkov nádobových i poľných pokusov vyplýva, že antagonizmus a synergizmus základných živín v spoluúčasti síry a toxických arzeničnanov je možné, i keď len čiastočne, ale predsa usmerniť. Tým, že sa znižuje použitím síry aj obsah arzenu v sušine, možno uvažovať o tom, že síra uplatňuje svoju fyziologickú funkčnosť nielen pri syntéze bielkovín, ale aj pri detoxikácii otráveného enzýmového systému arzenom, ktorý ako látkovému metabolizmu cudzí hydrolyzovateľný arzenát rastlina translokujú mimo produkčných orgánov — najčastejšie do koreňového systému. Na tieto otázky teoreticky upozorňujú už Lehninger (1974), Kulich (1984, 1986). Vysoký obsah arzenu v koreňoch to skutočne i dokazuje.

Zložité problémy dopestovania nezávadných produktov rastlinnej výroby na kontaminovaných pôdach sa nedajú riešiť okamžite. Črtajú sa však možnosti ako tieto otázky riešiť koncepčne bez direktívnych rozhodnutí o čiastočnom, prípadne úplnom vyňatí určitých plôch z pôdneho fondu. Sú to plodiny (trávy na semeno, ľan, prípadne osivový materiál všeobecne), kde zhoršenie nutričných hodnôt z prítomného arzenu v sušine nemusí byť neriešiteľnou závadou. Nie bez povšimnutia zostáva i spôsob využitia synergickej sústavy, v ktorej pri zachovaní bežných agrochemických zásad môže mať dominujúce miesto síra.

ZÁVER

Kombinácia As + S vykazuje nižšiu fytotoxicitu ako samotný As aj pri krátkodobej expozícii (biologický test — kukurica, mätonoh trváci). Vysoká fytotoxicita dávky samotného As pretrváva až do zberu. Pri

vzájomnom porovnaní s kombináciou As + S sme jej vplyvom zistili preukazné zvýšenie úrody a zníženie obsahu As v sušine bôbu a ovsu.

V skupine plodín (ovos, jačmeň, lucerna, ďatelina, bôb — nádobové pokusy) pri hladine As 20 mg . kg⁻¹ zeminy sa vplyvom As v porovnaní s kontrolou NPK

— znižuje úroda o 9,5 %,

vplyvom As + S v porovnaní s kontrolou NPK

— sú úrody obilnín prakticky rovnaké,

— pri krmovinách sa zvyšujú o 3,3 %,

— obsah As v sušine sa pri celej skupine znížil v priemere o 21,6 %.

V poloprevádzkovom pokuse sa použitou sírou vo forme síranu amónneho v porovnaní s kontrolou zvýšila úroda ozimnej pšenice v priemere o 0,26 t . ha⁻¹.

Literatúra

BARKER, K. a kol.: Air pollution. Praha, SZN 1966.

BLAŽEJ, J. a kol.: Chemické aspekty životného prostredia. Praha, SNTL 1981.

GARTNER, M.: Grafické vyhodnocovanie poľnohospodárskych a biologických pokusov. Bratislava, SAV 1955.

HOLOBRADÝ, K.: Priemyselné exhaláty ako obmedzujúci faktor poľnohospodárskej výroby. In: Ochrana a tvorba poľnohospodárskej krajiny, Bratislava, Príroda 1982.

KULICH, J. a kol.: Poľnohospodárstvo, 30, 1984, č. 2, s. 109.

KULICH, J.: Možnosti zníženia fytotoxicity As. Poľnohospodárstvo, 32, 1986, č. 5, s. 418-430.

KOŠTÍŘ, J.: Biochemie. Praha, Avicenum 1974.

LEHNINGER, A. L.: Biochimija. Mir, Moskva 1974.

ROŠÍVAL, L. — SZOKOLAY, A.: Cudzorodé látky v požívatinách. Bratislava, SNPL 1969.

TÖLGYESSY, J. a kol.: Chémia, biológia a toxikológia vody a ovzdušia. Bratislava, SAV — Veda 1989.

VÁŠÁK, V. — ŠEDÍVEC, V.: Chem. Listy, 46, 1964, s. 341.

Došlo dňa 13. 11. 1989

КУЛИХ, Й. (Сельскохозяйственный институт, Нитра): Фитотоксическое влияние мышьяка в синергической системе с серой. Rostl. Výr., 36, 1990 (4) : 395-405.

Оценивая систему As + S в биотестах, опытах в сосудах и в полупроизводственных условиях, мы получили следующие данные: уже при кратковременной экспозиции растений система не действует на них так сильно, как сам мышьяк. Его фитотоксичность сохраняется и в период вегетации. Сравнивая комбинацию As + S с мышьяком, мы отметили достоверный рост урожая боба и овса при убыли As в сухом веществе. Сравнение влияния одного мышьяка с системой показывает, что зерновые и кормовые реагируют на прирост серы небольшим ростом урожая, но мышьяк понижается в их сухом веществе в среднем на 21,6 %. Полупроизводственный опыт с сернокислым аммонием против контроля подтвердил благоприятное влияние серы: рост урожая оз. пшеницы возрос на 0,26 т . га⁻¹.

фитотоксичность; синергическая система; урожай; содержание мышьяка в сухом веществе; экспозиция

KULICH, J. (University of Agriculture, Nitra): Phytotoxic effects of arsenic in a synergistic system with sulphur. Rostl. Výr., 36, 1990 (4) : 395-405.

The phytotoxicity of arsenic (As) and of an As + S synergistic system was evaluated by biological assays, in pot and pilot trials; the evaluation gave the following results: at a short-time exposure of plants the effects of the As + S system are not

so toxic as those of arsenic alone. The arsenic phytotoxicity is persisting in the course of vegetation. A significant increase in bean and oats yields and a decrease in the As content in dry matter was found out after a combined application of As + S, compared with the As effects. Comparing the effects of As with those of the As + S system, a small yield increase as a response to sulphur addition was recorded in cereals and fodder crops, with a simultaneous decrease in the As content in dry matter by about 21.6 %. Positive effects of sulphur increasing the yields of winter wheat by about 0.26 t per ha were observed in a pilot trial where ammonium sulphate was applied.

phytotoxicity; synergistic system; yield; arsenic content in dry matter; exposure

KULICH, J. (Landwirtschaftliche Hochschule, Nitra): *Phytotoxischer Einfluß von Arsen in synergischem System mit Schwefel*. Rostl. Výr., 36, 1990 (4) : 395-405.

Bei der Bewertung der phytotoxizität von Arsen (As) und des synergischen Systems As + S in biologischen Tests, in Gefäß- und halbtechnischen Experimenten gewannen wir folgende Erkenntnisse: bereits bei einer Kurzzeitexposition der Pflanzen wirkt das synergische System As + S weniger toxisch als alleiniges As. Die Phytotoxizität des alleinigen As überdauert während der ganzen Vegetation. Bei einer Kombination von As + S gegenüber alleinigem As konnten wir eine signifikante Ertragserhöhung bei Ackerbohne und Hafer sowie eine Verminderung des As-Gehalts in der Trockensubstanz feststellen. Im Vergleich des Einflusses alleinigen As mit dem des Systems As + S reagieren Getriedearten und Futterpflanzen auf die Zunahme von Schwefel mit einer geringfügigen Ertragserhöhung, aber einer Verminderung des As-Gehalts in der Trockensubstanz im Durchschnitt um 21,6 %. Der halbtechnische Versuch mit Anwendung von Ammoniumsulfat gegenüber der Kontrolle bestätigte den positiven Einfluß des Schwefels im Durchschnitt um 0,26 t . ha⁻¹ bei Winterweizen.

Phytotoxizität; synergisches System; Ertrag; Arsengehalt in der Trockensubstanz; Exposition

Adresa autora:

Doc. ing. Jozef Kulich, CSc., Vysoká škola poľnohospodárska, Lomonosova 2, 949 76 Nitra

INFORMACE Z ÚSTŘEDNÍ ZEMĚDĚLSKÉ A LESNICKÉ KNIHOVNY ÚVTIZ

Ústřední zemědělská a lesnická knihovna (ÚZLK) v Praze zaujímá významné místo v naší informační soustavě. Knihovna byla založena v roce 1926 a v roce 1927 byla zpřístupněna veřejnosti.

Velikostí knihovního fondu patří ÚZLK mezi největší zemědělské knihovny na světě. Knihovna má více než 1 mil. svazků, ročně přibývá do jejích fondů asi 13 až 15 tis. publikací. ÚZLK průběžně odebírá 1300 až 1500 titulů odborných časopisů.

Významným zdrojem literatury je mezinárodní výměna publikací. Knihovna si vyměňuje literaturu s 1200 partnery ze 60 zemí světa a získává firemní literaturu od 1600 firem.

K informacím o knihách a časopisech, které jsou ve fondech ÚZLK, je návštěvníkům knihovny k dispozici rozsáhlý systém čtenářských katalogů a kartoték. Informování mimopražských uživatelů průběžně zajišťují tyto bibliografické publikace:

Výběr z nových přírůstků zahraniční zemědělské literatury ve fondu ÚZLK ÚVTIZ vychází šestkrát ročně; každý záznam je opatřen předmětovými hesly a signaturou; v úvodu každého čísla je uveden přehled plánovaných vědeckotechnických akcí v ČSSR a v zahraničí; je určen především pro meziknihovní výpůjční službu; celoroční předplatné 60,— Kčs, cena jednotlivých čísel 10,— Kčs.

Zemědělská literatura je typový přehled odborné zemědělské literatury z československé produkce, která je vhodná pro zemědělské výrobní podniky; vychází jednou ročně; záznamy jsou doplněny podrobnou charakteristikou a signaturou ÚZLK, v závěrečné části je vždy uveden výtah z plánu ediční činnosti čs. nakladatelství na následující rok; cena 12,— Kčs.

Seznam časopisů z devizových oblastí objednaných ÚZLK vychází jednou ročně; slouží především k objednávkám služeb typu Current Contents a následných xerokopírovacích služeb; cena 25,— Kčs.

Seznam časopisů z ČSSR a ostatních zemí RVHP vychází jednou za dva roky; cena 15,— Kčs.

Bulletin Čs. výboru pro spolupráci s FAO vychází čtyřikrát ročně; přináší originální informace z oblasti činnosti FAO a vyčerpávající informace o nových přírůstcích knižní a časopisecké literatury FAO do ÚZLK; celoroční předplatné 60,— Kčs.

Přehled rešerší a tematických bibliografií z oboru zemědělství, lesnictví a veterinární medicíny vychází čtyřikrát ročně; zajišťuje komplexní informace o sekundárních informačních zdrojích, včetně profilů ARI ze systémů Agroindex a Agris a počítačově zpracovaných retrospektivních rešerší; celoroční předplatné 48,— Kčs, cena jednotlivých čísel 12,— Kčs.

Agrofim je automatizovaně zpracovávaný informační zpravodaj o nových přírůstcích firemní literatury, kterou si lze objednat v ÚZLK buď přímo, nebo prostřednictvím cirkulační výpůjční služby, eventuálně ve formě xerokopie; vychází 12krát ročně; předběžná výše celoročního předplatného 127,— Kčs.

Objednávky na všechny tyto informační materiály přijímá Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, odbyt a propagace, Slezská 7, 120 56 Praha 2.

VLIV UMĚLÉHO KYSELÉHO DEŠTĚ NA TVORBU BIOMASY JARNÍ PŠENICE A ZMĚNY V PŮDNÍM CHEMISMU

P. Zvára, J. Jarošík, V. Strnad

ZVÁRA, P. — JAROŠÍK, J. — STRNAD, V. (Ústav krajinné ekologie ČSAV, České Budějovice): *Vliv umělého kyselého deště na tvorbu biomasy jarní pšenice a změny v půdním chemismu*. Rostl. Výr., 36, 1990 (4) : 407-410.

Kyselý déšť působí jako stresový faktor, ovlivňující růst rostlin a půdní chemismus. Uměle připravený kyselý déšť (pH 3) byl na porost aplikován ve třech formách, tj. ve formě zálivky, postřiku nebo kombinovaně. Do poloviny nádob bylo přidáno hnojivo NPK v dávce $0,088 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$. Zjistili jsme, že uměle připravený kyselý déšť může mít inhibující účinky na růst pšenice, stimulující vliv na výnos zrna a ovlivňuje rozpustnost půdních iontů. U hnojených skupin došlo k prokazatelnému snížení pH půdy až o 0,4 a zvýšení obsahu volného hliníku. Vizuální poškození nebylo pozorováno.

jarní pšenice; kyselý déšť; tvorba biomasy; půdní chemismus

Kyselý déšť je významný faktor, ovlivňující celé životní prostředí. Jeho význam byl poprvé zjištěn na okyselování sladkovodních jezer ve Skandinávii, Kanadě a ostatních zemích. Okyselení jezer bylo také zaznamenáno v Československu, např. Černé a Čertovo jezero (Veselý, 1985). Ve světě i v ČSSR je sledován vliv kyselého deště na lesní ekosystémy, zvláštění pozornost je věnována okyselování lesních půd (Abrahamson, 1981, 1987; Jonáš, 1984). Vzhledem k vysoké intenzitě obdělávání zemědělských půd a velmi rychlému střídání plodin na stanovišti nejsou účinky kyselého deště na růst zemědělských plodin a půdní chemismus tak patrné. Existuje předpoklad, že kyselý déšť působí přímo na nadzemní části a tkáň rostlin a zároveň může inhibovat růst. Jakobson (1980) uvádí možnost výskytu symptomů poškození kyselým deštěm o pH 3 a nižším. Rovněž uvádí možnost stimulace růstu a výnosu zemědělských plodin.

V předloženém příspěvku jsou uvedeny výsledky sledování účinku uměle připraveného kyselého deště na tvorbu biomasy jarní pšenice a následné změny v půdním chemismu.

MATERIÁL A METODA

Jarní pšenice odrůda Sandra byla pěstována v plastických vegetačních nádobách z umělé hmoty ($0,15 \times 0,15 \times 0,15$) ve skleníkových podmínkách. Nádoby byly naplněny ornici z nívní půdy glejové lokality České Budějovice.

V každé nádobě bylo pěstováno deset rostlin pšenice v přirozeném světle v rozmezí teplot 18 až 20 °C. Umělý kyselý déšť byl připraven smícháním 2M H₂SO₄ a 2M HNO₃ v poměru 2,8 : 1. Směs kyselin byla rozpuštěna v destilované vodě a pH upraveno na hodnotu 3. Kyselý déšť byl aplikován formou závlivky, postřiku a kombinací obou způsobů dvakrát týdně po 250 ml na nádobu, což odpovídá ročnímu úhrnu srážek 1030 ml · m⁻². Půda určená k analýze byla vysušena a proseta sítím o velikosti ok 2 mm. Vodní výluhy byly připraveny třepáním 40 g půdy s 200 ml destilované vody po dobu 5 min. Výluh byl centrifugován 10 min při 6000 otáčkách za min. Dusičnanové ionty a pH byly stanoveny iontově selektivními elektrodami, síranové ionty byly stanoveny nefelometricky. Ostatní kationty byly stanoveny metodou I. C. P. spektrometrie na přístroji PU 7450, fy Philips.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Jarní pšenice (*Triticum aestivum* L.) odrůda Sandra byla pěstována ve dvou skupinách po čtyřech variantách. První skupina byla kontrolní, zalévána a rosená destilovanou vodou, druhá zalévána kyselým deštěm (pH 3) a rosená destilovanou vodou, třetí rosená kyselým deštěm a zalévána destilovanou vodou, čtvrtá skupina byla zalévána i rosená kyselým deštěm. Skupiny s označením A se lišily aplikací hnojiva NPK na povrch půdy.

V průběhu celé vegetační doby nebylo na listech pšenice pozorováno žádné viditelné poškození. Z výsledků uvedených v tab. I vyplývá, že kyselý déšť ovlivňoval některé růstové parametry, např. způsoboval redukcí dlouhivého růstu stébla až o 15 %, přičemž nebyly prokazatelné rozdíly mezi hnojenými a nehnojenými skupinami. Ve srovnání s kontrolou byly zjištěny až o 40 % vyšší průměrné výnosy zrna u pokusných rostlin. Rovněž v tomto případě nebyl prokazatelný rozdíl mezi hnojenými a nehnojenými skupinami. Vyšší výnos vykazovaly varianty, které byly roseny, tzv. povrch rostlin přišel do bezprostředního styku s kyselým deštěm. Proti kontrole byl naměřen pokles pH vodního výluhu až o 0,4 u všech skupin hnojených NPK. Z tab. II a III je patrný vliv kyselého deště na rozpustnost a pohyb měřených iontů v půdě.

U aniontů byl naměřen vždy vyšší obsah u hnojených skupin. Vý-

I. Vliv kyselého deště (pH 3) na tvorbu biomasy jarní pšenice (odrůda Sandra) — The effects of acid rain (pH 3) on the production of spring wheat biomass (Sandra variety)

Skupina	Forma aplikace deště		Aplikace hnojiva	Délka stébla (cm) ($\bar{x}$)	Hmotnost stébla (mg) ($\bar{x}$)	Hmotnost plného klasu (mg) ($\bar{x}$)	Výnos zrna (mg) ($\bar{x}$)
	závlivka	rosení					
IA	d. H ₂ O	d. H ₂ O	NPK	27,98	372,8	229,1	161,4
IB	d. H ₂ O	d. H ₂ O	—	26,45	324,9	196,6	140,2
IIA	pH 3	d. H ₂ O	NPK	22,96	380,2	254,2	191,4
IIB	pH 3	d. H ₂ O	—	22,48	281,5	228,5	192,5
IIIA	d. H ₂ O	pH 3	NPK	22,80	325,4	324,1	262,9
IIIB	d. H ₂ O	pH 3	—	22,83	325,0	324,0	263,9
IVA	pH 3	pH 3	NPK	23,65	339,7	321,6	253,5
IVB	pH 3	pH 3	—	23,22	296,2	336,3	254,4

II. Obsah rozpustných aniontů a pH/H₂O v půdě — Soluble anion contents and pH/H₂O in the soil

Skupina	Forma aplikace deště		Aplikace hnojiva	pH/H ₂ O	NO ₃ ⁻ (mg.kg ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ (mg.kg ⁻¹)
	zálivka	rosení				
IA	d.H ₂ O	d.H ₂ O	NPK	5,60	290,95	304,00
IB	d.H ₂ O	d.H ₂ O	—	5,59	270,70	249,25
IIA	pH 3	d.H ₂ O	NPK	5,19	257,00	305,50
IIB	pH 3	d.H ₂ O	—	5,55	231,00	221,40
IIIA	d.H ₂ O	pH 3	NPK	5,18	220,55	266,75
IIIB	d.H ₂ O	pH 3	—	5,42	133,50	245,25
IVA	pH 3	pH 3	NPK	5,14	257,11	310,00
IVB	pH 3	pH 3	—	5,56	220,15	233,75

III. Obsah rozpustných kationtů v půdě (mg.kg⁻¹) — Soluble cation contents in the soil (mg per kg)

Skupina	Forma aplikace deště		Aplikace hnojiva	Al	Ca	K	Mg	Na	P
	zálivka	rosení							
IA	d.H ₂ O	d.H ₂ O	NPK	3,28	113,90	18,25	12,35	27,10	0,105
IB	d.H ₂ O	d.H ₂ O	—	8,10	90,90	15,15	11,15	21,20	0,058
IIA	pH 3	d.H ₂ O	NPK	5,30	107,70	20,85	13,50	28,20	0,210
IIB	pH 3	d.H ₂ O	—	10,40	108,80	17,10	13,25	27,10	0,140
IIIA	d.H ₂ O	pH 3	NPK	6,35	92,30	21,55	11,10	21,25	0,270
IIIB	d.H ₂ O	pH 3	—	11,25	74,70	14,90	9,40	19,65	—
IVA	pH 3	pH 3	NPK	8,00	96,00	22,75	11,00	20,05	0,140
IVB	pH 3	pH 3	—	11,65	81,85	16,05	10,09	19,90	0,100

razně se projevilo působení kyselého deště na rozpustnost hliníku, jehož obsah ve výluhu u hnojených skupin stoupl proti kontrole až o 143 %. U nehnojených skupin nebyl účinek kyselého deště tak výrazný, zvýšení obsahu hliníku ve výluhu činilo maximálně 43 % ve srovnání s kontrolou. U ostatních kationtů bylo působení kyselého deště méně patrné. Naše výsledky potvrdily výsledky některých autorů (Jakobson, 1980), že kyselý déšť má inhibující vliv na růst rostlin. Rovněž byly potvrzeny stimulační účinky kyselého deště na výnos rostlin.

Přestože jde o nádobový experiment, provedený ve skleníkových podmínkách, které se podstatně odlišují od reálných podmínek, je možné konstatovat, že kyselý déšť může ovlivňovat růst a výnos zemědělských plodin i chemické procesy v intenzívně obhospodařovaných zemědělských půdách v oblastech silně zatížených imisemi. Zjištěné výsledky naznačují, že je třeba věnovat pozornost navrhovaným systémům hnojení v těchto oblastech. V tomto smyslu proběhnou další podrobnější experimenty.

Literatura

- ABRAHAMSEN, G.: Effects of air pollution in forests. In: FAZZOLARE, R. A. — SMITH, C. B.: Beyond the energy crisis, opportunity and challenge. Oxford and New York, Pergamon Press 1981, s. 433-446.
- ABRAHAMSEN, G.: Air pollution and soil acidification. In: HUTCHINSON, T. C. — MEEMA, K. M.: Effects of atmospheric pollutants on forest, Wetlands and Agricultural Ecosystems, Heidelberg, Berlin, Springer-Verlag 1987, s. 321-331.
- JAKOBSON, J. S.: The influence of rainfall composition on the yield and quality of agricultural crops. In: DRABLS, D. — TOLLAN, A.: Ecological impact of acid precipitation. Proc. Int. Conf. Ecol. Impact Acid. Precip. SNSF—project, Norway, 1980, s. 41-46.
- JONÁŠ, F.: Vliv imisí SO₂ na půdní a vodní zdroje. Praha, VŠZ, Videopress MON 1984.
- VESELÝ, J.: Kyselá povrchové vody. In: ČERNÝ, V.: Kyselá atmosférická depozice a její důsledky. In: Sbor. Předn. prac. Semin. Praha, 1985.

Došlo dne 1. 11. 1989

ЗВАРА, П. — ЯРОШИК, Я. — СТРНАД, В. (Институт ландшафтной экологии при АН ЧССР, Ч. Будейовице): Влияние искусственного кислого дождя на образование биомассы яровой пшеницы и изменения химизма почвы. Rostl. Výr., 36, 1990 (4) : 407-410.

Кислый дождь воздействует на рост растений и почвенный химизм как фактор стресса. Его искусственно (рН 3) применяли на посевы в 3 формах: полив, опрыскивание или в их комбинации. До половины сосудов добавляли NPK в дозе 0,088 кг . м⁻². Мы установили, что дождь задерживает рост растений пшеницы, стимулирует урожай ее зерна и влияет на растворимость почвенных ионов. На удобренных вариантах рН почвы достоверно понижалось на 0,4 и росло содержание несвязанного алюминия. Повреждения на глазомер не отмечено.

яровая пшеница; кислый дождь; образование биомассы; химизм почвы

ZVÁRA, P. — JAROŠÍK, J. — STRNAD, V. (Institute of Landscape Ecology, Czechoslovak Academy of Sciences, České Budějovice): The effects of artificial acid rain on the production of spring wheat biomass and on changes in soil chemistry. Rostl. Výr., 36, 1990 (4) : 407-410.

Acid rain is a stressogenic factor, influencing plant growth and soil chemistry. Artificial acid rain (pH) was applied to a winter wheat stand in three forms: watering, sprinkling and combination of the two methods. NPK fertilizer at a rate of 0.088 kg per m² was added to half the pots. The artificial acid rain was found to exert inhibitory effects on wheat plant growth, stimulating effects on grain yield and to influence soil ion solubility. The pH value of fertilized soil decreased demonstrably by 0.4 and the free aluminium content increased. No ocular injury was observed.

spring wheat; acid rain; biomass production; soil chemistry

ZVÁRA, P. — JAROŠÍK, J. — STRNAD, V. (Institut für Landschaftsökologie der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften, České Budějovice): Einfluß künstlichen sauren Regens auf die Bildung von Biomasse bei Sommerweizen und auf Veränderungen des Bodenchemismus. Rostl. Výr., 36, 1990 (4) : 407-410.

Der saure Regen wirkt als Stressfaktor, der das Wachstum von Pflanzen und den Bodenchemismus beeinflusst. Der künstlich angesetzte saure Regen (pH 3) wurde auf den Bestand in dreierlei Form appliziert, d.h. als Begießung, Bespritzung und Kombination dieser beiden Formen. In die Hälfte der Gefäße wurde NPK-Dünger in einer Dosis von 0,088 kg . m⁻² zugefügt. Wir stellten fest, daß der künstlich zubereitete saure Regen auf das Wachstum des Weizens inhibierende, auf den Korn-ertrag dagegen stimulierende Wirkung ausübt und die Lösbarkeit der Bodenionen beeinflusst. Bei den gedüngten Gruppen kam es zu einer nachweisbaren Verminderung des pH-Werts des Bodens bis um 0,4 und zur Erhöhung des Gehalts an freiem Aluminium. Eine visuelle Beschädigung wurde nicht beobachtet.

Sommerweizen; saurer Regen; Biomassebildung; Bodenchemismus

Aăresa autorů:

Ing. Petr Zvára, CSc., Jan Jarošík, prom. fyz., CSc., Dr. Vladimír Strnad, CSc., Ústav krajinné ekologie ČSAV, Na sádkách 7, 370 05 České Budějovice

V. Strnad, B. N. Zolotareva, A. J. Lisovskij

STRNAD, V. — ZOLOTAREVA, B. N. — LISOVSKIJ, A. J. (Ústav krajinné ekologie ČSAV, České Budějovice; Ústav pedologie a fotosyntézy AV SSSR, Pušchino; Ústav biofyziky AV SSSR, Pušchino): *Vliv obsahu olova, kadmia a mědi v půdě na jejich kumulaci a výnos zemědělských plodin*. Rostl. Výr., 36, 1990 (4) : 411-417.

Jsou prezentovány výsledky modelového polního experimentu se zemědělskými plodinami (ječmen, vřetěška, brambory, kukuřice) pěstovanými na hnědé půdě s různým obsahem těžkých kovů — olova, kadmia a mědi. Nízké koncentrace kovů v půdě (Pb, Cu — 10, Cd — 0,2 mg . kg⁻¹) vedou ke zvýšení jejich příjmu všemi rostlinami, neovlivňují však jejich výnosy. Při vysokých koncentracích kovů v půdě (Pb, Cu — 100, Cd — 2 mg . kg⁻¹) se dále zvyšuje jejich příjem rostlinami a současně klesají výnosy o 30 až 70 %. Kumulace těžkých kovů v rostlinách vyvolává změny v některých fyziologických funkcích fotosyntetického aparátu.

těžké kovy; olovo; kadmium; měď; půda; kontaminace; kumulace; zemědělské plodiny; výnosy; úrodnost půdy

Znečištění složek životního prostředí těžkými kovy je vážným ekologickým problémem. Do zemědělských půd, vzdálených od bezprostředního zdroje znečištění, se těžké kovy dostávají s atmosférickou depozicí v důsledku dálkového transportu nebo s minerálními hnojivy. V mnoha případech při vstupu do půdy jsou těžké kovy v nedostupné formě pro rostliny. Pod vlivem řady půdních procesů je však část přítomných těžkých kovů transformována do biologicky dostupné formy a je přijímána rostlinami, čímž dochází ke kontaminaci zemědělské produkce. Přítomnost těžkých kovů v půdě podstatně ovlivňuje i půdní procesy a jedním z důsledků může být snížení úrodnosti půdy a výnosů zemědělských plodin.

Specifikum těžkých kovů spočívá v tom, že nepodléhají procesům přirozené degradace a stávají se stálou složkou půdy. V současné době je nezbytné věnovat pozornost působení vysokých koncentrací těžkých kovů na kumulaci v plodinách, výnosy apod., ale i působení nízkých koncentrací, což ve většině zemědělských půd odpovídá skutečnosti.

Cílem provedených polních experimentů se zemědělskými plodinami (ječmen, brambory, vřetěška, kukuřice) bylo určení jednak intenzity kumulace olova, kadmia a mědi v nich v různém růstovém období v závislosti na obsahu kovů v půdě a jednak sledování výnosů plodin a studium vlivu kumulovaných těžkých kovů na některé fyziologické funkce rostlin.

Polní experiment byl založen na hnědé půdě s charakteristikou $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 6,5$; obsah $\text{C}_{\text{org}} = 1,21 \pm 0,04 \%$; $\text{C}_{\text{HK}}/\text{C}_{\text{FK}} = 1,38 \pm 0,06$. Výměnná kapacita půdy byla $19,4 \pm 0,14$ mekv/100 g. Obsah částic menších 0,01 mm činil $41,4 \pm 3,2 \%$; částic menších 0,001 mm $16,7 \pm 0,99 \%$. Rozměr políček byl 1 m². Experiment byl proveden ve třech opakováních.

Těžké kovy byly aplikovány do vrstvy 0 až 20 cm ve směsi ve formě dusičnanů před osevem. Pokus měl tři varianty: 1. kontrola, přirozeně kontaminovaná; 2. koncentrace Pb, Cu = 10, Cd = 0,2 mg · kg⁻¹; 3. koncentrace Pb, Cu = 100, Cd = 2 mg · kg⁻¹ půdy. Množství mobilních (dostupných a potenciálně dostupných) forem kovů v půdě bylo určeno podle množství, které bylo extrahovatelné roztokem 1N $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ (ph 4,8) a 1N HCl. Obsahy těžkých kovů ve vzorcích půd a rostlin byly stanoveny metodou atomové absorpční spektrometrie (Geletjuk, Zolotareva, 1980).

Fyziologická odezva rostlin na přítomnost těžkých kovů (energetický stav buněk) byla sledována pomocí luminiscenční spektrální analýzy mezofilních buněk listů rostlin. Spektra luminiscence byla registrována na mikrospektrofluorimetru na příčném sřezu listu (Karnauchov, 1978; Karnauchov a kol., 1982).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Distribuce těžkých kovů mezi mobilní formy v různých variantách experimentu je uvedena v tab. I. Měď nezávisle na celkovém obsahu v půdě se nachází plně v mobilních formách, zatímco u olova a kadmia se podíl mobilních forem zvětšuje s růstem celkového obsahu. Významné jsou rozdíly mezi jednotlivými kovy v rámci mobilních forem. Kadmium je rovnoměrně rozděleno mezi dostupnými a potenciálně dostupnými formami (pouze při vysokém celkovém obsahu převažují dostupné formy), zatímco olovo a měď se nacházejí převážně v potenciálně dostupné formě. Bylo zjištěno, že toto rozdělení těžkých kovů v půdě zůstávalo stabilní po celé vegetační období.

Při sledování dynamiky kumulace těžkých kovů v rostlinách (ječmen, vojtěška) byly pozorovány určité výkyvy (tab. II). Svědčí to o tom, že nejen stav kovů v půdě ovlivňuje jeho příjem rostlinou, ale i intenzita a specifičnost fyziologických procesů v rostlině hraje významnou roli. Má to praktický význam v případě zemědělských plodin, které se v zemědělské praxi sklízí v různém stadiu zralosti. Snížení obsahu těžkých kovů v rostlinách, zvláště při vysokém obsahu v půdě (ve stadiu kvetení), může být spojeno jak se snížením příjmu kovů v období vzniku a rozvoje generativních orgánů, tak i s efektem tzv. biologického zředění v období intenzivního nárůstu biomasy.

Jednou z významných charakteristik, ovlivňujících kvalitu zemědělské produkce, je obsah těžkých kovů v rostlinách. V tab. III jsou uvedeny obsahy olova, kadmia a mědi v různých částech plodin v období zralosti (sklizeň). Ve všech případech se těžké kovy kumulují v množstvích $\text{Cu} > \text{Pb} > \text{Cd}$, což odpovídá absolutnímu množství jejich mobilních forem v půdě, je však obrácené k pořadí fyto toxicity daných kovů. Příjem těžkých kovů rostlinami je v určité míře regulován pomocí fyziologické bariéry, omezující pohyb kovů z kořenů do nadzemní části, z vegetativních orgánů do reprodukčních. Je to evidentně pozorovatelné u zrnin jako ječmen, kukuřice (tab. III). Z ekologického hlediska může mít tento fakt význam při výběru vhodných plodin k pěstování na kontaminovaných půdách.

I. Obsah kovů v půdě (mg . kg⁻¹) — Heavy metal contents in the soil (mg per kg)

Varianta	Kov	Celkový obsah	Mobilní formy	
			CH ₃ COONH ₄ (pH 4,8)	HCl
1	Pb	10,2 ± 1,05	0,30 ± 0,08	0,69 ± 0,38
	Cd	0,58 ± 0,07	0,11 ± 0,02	0,10 ± 0,02
	Cu	6,46 ± 0,30	0,15 ± 0,05	6,36 ± 0,22
2	Pb	19,40 ± 7,60	3,09 ± 1,53	5,07 ± 1,40
	Cd	0,83 ± 0,13	0,21 ± 0,04	0,26 ± 0,20
	Cu	15,50 ± 0,30	0,74 ± 0,19	14,65 ± 0,49
3	Pb	105,00 ± 18,2	28,37 ± 4,80	53,59 ± 16,8
	Cd	2,33 ± 0,12	1,95 ± 0,32	0,60 ± 0,23
	Cu	100,00 ± 5,30	20,64 ± 2,75	73,24 ± 5,40

II. Dynamika obsahu kovů v rostlinách (mg . kg⁻¹ sušiny) — Variations of heavy metal contents in plants (mg per kg dry matter)

Kov	Dny	Rostliny					
		ječmen			vojtěška		
		varianty					
		1	2	3	1	2	3
Pb	40	1,25	1,25	2,50	—	—	—
	60	1,05	0,75	1,00	1,25	1,25	1,75
	100	0,73	1,08	1,25	0,83	1,04	1,50
	150	—	—	—	1,50	1,50	1,50
Cd	40	0,19	0,25	0,63	—	—	—
	60	0,13	0,05	0,25	0,06	0,19	0,69
	100	0,08	0,10	0,33	0,13	0,18	0,42
	150	—	—	—	0,20	0,20	0,60
Cu	40	10,00	10,00	12,50	—	—	—
	60	10,00	7,50	10,00	10,00	12,50	12,50
	100	9,20	8,30	13,30	10,00	13,30	10,00
	150	—	—	—	12,50	15,00	17,50

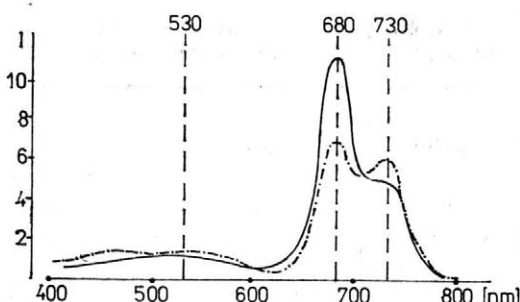
Pro identifikaci fyziologických změn v rostlinách pod vlivem kumulovaných těžkých kovů bylo použito metody luminiscenční analýzy, umožňující registrovat změny v energetickém stavu buněk. Spektra luminiscence mezofilních buněk listů kukuřice, vojtěšky a brambor jsou uvedena

III. Obsah kovů v různých částech rostlin při sklizni ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ sušiny) — Heavy metal contents in different parts of plants at harvest (mg per kg dry matter)

Plodina	Část rostliny	Varianta 1			Varianta 2			Varianta 3		
		Pb	Cd	Cu	Pb	Cd	Cu	Pb	Cd	Cu
Ječmen	kořen	$1,3 \pm 0,1$	$0,4 \pm 0,04$	$12,5 \pm 1,8$	$1,5 \pm 0,0$	$0,5 \pm 0,1$	$14,2 \pm 2,7$	$3,3 \pm 0,9$	$1,8 \pm 0,3$	$35,8 \pm 4,1$
	sláma	$0,0 \pm 0,1$	$0,1 \pm 0,03$	$9,2 \pm 1,0$	$1,1 \pm 0,7$	$0,1 \pm 0,2$	$8,3 \pm 2,0$	$1,2 \pm 0,2$	$0,3 \pm 0,1$	$13,3 \pm 1,9$
	zrno	$0,8 \pm 0,1$	$0,03 \pm 0,00$	$12,5 \pm 2,5$	$0,4 \pm 0,1$	$0,03 \pm 0,0$	$7,5 \pm 1,5$	$0,8 \pm 0,05$	$0,1 \pm 0,03$	$8,3 \pm 1,1$
Vojtěška	kořen	$0,7 \pm 0,05$	$0,06 \pm 0,0$	$7,5 \pm 0,0$	$1,6 \pm 0,7$	$0,25 \pm 0,1$	$10,0 \pm 0,0$	$1,6 \pm 0,7$	$0,5 \pm 0,3$	$12,5 \pm 1,8$
	nadzemní část	$0,8 \pm 0,1$	$0,1 \pm 0,04$	$10,0 \pm 0,0$	$1,0 \pm 0,3$	$0,2 \pm 0,1$	$13,3 \pm 3,9$	$1,5 \pm 0,4$	$0,4 \pm 0,1$	$10,0 \pm 0,0$
Kukuřice	kořen	$0,9 \pm 0,1$	$0,2 \pm 0,01$	$10,0 \pm 0,0$	$2,3 \pm 0,9$	$0,5 \pm 0,1$	$17,5 \pm 3,1$	$5,2 \pm 1,1$	$7,1 \pm 0,71$	$15,0 \pm 1,4$
	listy	$0,7 \pm 0,2$	$0,2 \pm 0,04$	$12,5 \pm 1,8$	$0,9 \pm 0,1$	$0,2 \pm 0,02$	$10,8 \pm 0,8$	$1,2 \pm 0,4$	$0,7 \pm 0,3$	$11,7 \pm 1,0$
	stonek	$0,9 \pm 0,2$	$0,05 \pm 0,01$	$6,7 \pm 1,9$	$0,8 \pm 0,1$	$0,05 \pm 0,01$	$4,2 \pm 2,0$	$1,1 \pm 0,1$	$0,05 \pm 0,0$	$10,8 \pm 1,0$
	klas	$0,3 \pm 0,1$	$0,03 \pm 0,0$	$7,5 \pm 1,8$	$1,3 \pm 0,4$	$0,03 \pm 0,0$	$7,5 \pm 1,8$	$1,2 \pm 0,3$	$0,13 \pm 0,01$	$9,2 \pm 1,0$
Brambory	hlízy	$1,2 \pm 0,2$	$0,05 \pm 0,02$	$10,6 \pm 2,0$	$1,6 \pm 0,1$	$0,07 \pm 0,01$	$10,1 \pm 2,3$	$1,7 \pm 0,5$	$0,2 \pm 0,1$	$15,0 \pm 6,8$
	listy	$1,0 \pm 0,2$	$0,04 \pm 0,01$	$13,5 \pm 2,0$	$1,2 \pm 0,1$	$0,07 \pm 0,01$	$15,0 \pm 2,4$	$1,2 \pm 0,4$	$0,1 \pm 0,33$	$22,5 \pm 6,9$

1. Charakteristická spektra luminescence mezofilních buněk listů brambor — Characteristic luminescence spectra of mesophyll cells of potato leaves

— 1. typ spektra
- - - 2. typ spektra



na obr. 1. Byla rozlišena spektra dvou typů. V prvním případě emisní pás chlorofylu při 680 nm výrazně převyšuje emisní pás flavoproteinů při 530 nm a stejně i emisní pás při 730 nm. V druhém případě emisní pás chlorofylu je srovnatelný s emisním pásem flavoproteinů.

Pro charakteristiku byly vybrány tyto parametry (K a r n a u c h o v a kol., 1982):

$$X = \frac{I_{680}}{I_{530}} ; \quad W = \frac{I_{730}}{I_{680}}$$

kde I_{530} , I_{680} a I_{730} jsou relativní intenzity luminescence při odpovídající vlnové délce. Parametr X charakterizuje poměr autotrofních a heterotrofních komponent energetického systému buněk rostlin. Parametr W charakterizuje fotosyntetickou aktivitu rostlin. V tab. IV jsou uvedeny hodnoty parametrů X a W mezofilních buněk listů sledovaných rostlin.

U brambor, v jejichž listech byly nalezeny nejvyšší koncentrace olova a mědi, je pozorovatelný růst parametrů X a W se zvyšující se koncentrací kovů. U vojtěšky je pozorovatelné snížení luminiscenčních parametrů. V nadzemní části kukuřice byly zjištěny nejvyšší koncentrace kadmia. Při celkově nízkých hodnotách luminiscenčních parametrů s růstem koncentrace těžkých kovů v listech docházelo k výraznému snížení parametru W .

U vojtěšky a kukuřice s růstem obsahu kovů v listech dochází k depresi fotosyntetické aktivity mezofilních buněk, v důsledku toho i k vý-

IV. Hodnoty luminiscenčních parametrů X a W mezofilních buněk listů v období kvetení — The values of luminiscent parameters X and W of leaf mesophyll cells in the stage of anthesis

Plodina	Parametry	Varianty		
		1	2	3
Bram-bory	X	$11,2 \pm 2,8$	$16,2 \pm 3,1$	$18,3 \pm 2,3$
	W	$0,32 \pm 0,04$	$0,48 \pm 0,06$	$0,44 \pm 0,03$
Kuku-řice	X	$10,6 \pm 1,2$	$8,9 \pm 2,1$	$9,7 \pm 1,8$
	W	$0,62 \pm 0,04$	$0,63 \pm 0,07$	$0,5 \pm 0,03$
Vojtěška	X	$29,2 \pm 3,2$	$27,2 \pm 3,6$	$20,3 \pm 3,8$
	W	$0,55 \pm 0,07$	$0,53 \pm 0,06$	$0,6 \pm 0,03$

Plodina	Část rostliny	Varianty			NVR ₀₅
		1	2	3	
Vojtěška	nadzemní hmota	22,1	21,2	11,6	4,6
Ječmen	nadzemní hmota	8,3	8,7	6,4	1,7
	zrno	2,0	2,2	1,4	0,4
Brambory	hlízy	33,0	30,9	19,7	5,3
Kukuřice	nadzemní hmota	71,1	72,1	20,0	10,9

raznému snížení nárůstu biomasy. Zvyšující se koncentrace kovů v listech brambor má za následek snížení heterotrofní komponenty energetického systému buněk. Použitá metoda může v některých případech diagnostikovat poškození rostlin v důsledku kumulace těžkých kovů.

Výnosy zemědělských plodin připravených na půdě s různým obsahem těžkých kovů jsou uvedeny v tab. V. Nízké koncentrace těžkých kovů, odpovídající desetině hodnoty maximálně přípustné koncentrace (MPK) v půdě, výrazně výnosy neovlivnily. Při vysokých koncentracích kovů v půdě, blízkých hodnotě MPK, došlo k výraznému snížení růstu všech sledovaných plodin, i když koncentrace těžkých kovů v plodinách byla pod hranicí MPK. Celkově byly sníženy výnosy zelené hmoty vojtěšky o 47,5 %, zrna ječmene o 30 %, brambor o 40,3 % a zelené hmoty kukuřice o 71 %. Z uvedených výsledků vyplývá, že vysoké koncentrace těžkých kovů v půdách nejen zapříčiňují kontaminaci zemědělských plodin, ale způsobují i snížení úrodnosti zemědělské půdy.

Literatura

GELETJUK, N. N. — ZOLOTAREVA, B. N.: Ispolzovanie metoda bezplamennoj atomno-absorbcionnoj spektroskopii dlja analiza prob rozličnych komponentov biosfery. Puščino, ONTI NCBI AN SSSR 1980.

KARNAUCHOV, V. N.: Ljuminiscentnyj spektralnyj analiz kletok. Moskva, Nauka 1978.

KARNAUCHOV, V. N. — KERŽENCEV, A. S. — JAŠIN, V. A.: Ljuminiscentnyj metod bioindikacij sostojanija ekosistem. Puščino, ONTI NCBI AN SSSR 1982.

Došlo dne 1. 11. 1989

СТРНАД, В. — ЗОЛОТАРЕВА, Б. Н. — ЛИСОВСКИЙ, А. Е. (Институт ландшафтной экологии при АН ЧССР, Ч. Будейовице; Институт педологии и фотосинтеза при АН СССР, Пушкино; Институт биофизики при АН СССР, Пушкино): Влияние содержания свинца, кадмия и меди в почве на их кумуляцию и урожаи полевых культур. Растл. Угр., 36, 1990 (4) : 411-417.

Представлены результаты модельного полевого эксперимента с полевыми культурами (ячмень, люцерна, картофель, кукуруза), выращиваемыми на бурой почве, содержащей в разном количестве свинец, кадмий и медь. Их низкие концентрации в почве (Pb, Cu — 10, Cd — 0,2 мг . кг⁻¹) ведут к росту их усваивания всеми растениями, не влияя, однако, на урожаи. Высокие же концентрации (Pb, Cu — 100, Cd — 2 мг . кг⁻¹) хотя и ведут к повышенному их усвоению, на урожаи в то же время пони-

жаются на 30—70 %. Их кумуляция в растениях вызывает изменения некоторых физиологических функций фотосинтетического аппарата.

тяжелые металлы; свинец; кадмий; медь; почва; загрязнение; кумуляция; полевые культуры; урожай; плодородие

STRNAD, V. — ZOLOTAREVA, B. N. — LIISOVSKIJ, A. J. (Institute of Landscape Ecology of the Czechoslovak Academy of Sciences, České Budějovice; Institute of Soil Science and Photosynthesis of the USSR Academy of Sciences, Pušchino; Institute of Biophysics of the USSR Academy of Sciences, Pušchino): *The effects of lead, cadmium and copper contents in the soil on their accumulation and on farm crop yields*. Rostl. Vyr., 36, 1990 (4) : 411-417.

Results are presented of a model field experiment with agricultural crops (barley, lucerne, potatoes, maize) grown on brown soil with various contents of heavy metals: lead, cadmium and copper. Low concentrations of elements in the soil (Pb, Cu — 10, Cd — 0.2 mg per kg) enable their increased uptake by all plants, but they do not influence their yields. With high concentrations of metals in the soil (Pb, Cu — 100, Cd — 2 mg per kg) their uptake by plants continues increasing and simultaneously the yields are decreasing by 30 to 70 %. The accumulation of heavy metals in the plants evokes changes in some physiological functions of the assimilating organs.

heavy metals; lead; cadmium; copper; soil; contamination; accumulation; agricultural crops; yields; soil capability

STRNAD, V. — ZOLOTAREVA, B. N. — LIISOVSKIJ, A. J. (Institut für Landschaftsökologie der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften, České Budějovice; Institut für Pedologie und Photosynthese der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Pušchino; Institut für Biophysik der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Pušchino): *Einfluß von Blei-, Kadmium- und Kupfergehalt im Boden auf deren Kumulation und auf den Ertrag der Feldfrüchte*. Rostl. Vyr., 36, 1990 (4) : 411-417.

Es werden Ergebnisse eines Modell-Feldversuchs mit auf Braunerde von unterschiedlichem Schwermetallgehalt (Blei, Kadmium, Kupfer) angebauten Feldfrüchten (Gerste, Luzerne, Kartoffeln, Mais) präsentiert. Niedrige Konzentrationen der Metalle im Boden (Pb, Cu — 10, Cd — 0,2 mg.kg⁻¹) führen zu einer Erhöhung ihrer Aufnahme durch alle untersuchten Pflanzen, deren Erträge beeinflussen sie jedoch nicht. Bei hohen Konzentrationen der Metalle im Boden (Pb, Cu — 100, Cd — 2 mg.kg⁻¹) steigt zwar weiterhin ihre Aufnahme durch die Pflanzen an, gleichzeitig aber gehen die Erträge um 30 bis 70 % zurück. Eine Kumulation der Schwermetalle in den Pflanzen ruft Veränderungen einiger physiologischer Funktionen des Photosyntheseapparats hervor.

Schwermetalle; Blei; Kadmium; Kupfer; Boden; Kontamination; Kumulation; Feldfrüchte; Erträge; Bodenfruchtbarkeit

Adresy autorů:

Dr. Vladimír Strnad, CSc., Ústav krajinné ekologie ČSAV, Na sádkách 7, 370 05 České Budějovice

Dr. Berta Nikolaevna Zolotareva, CSc., Ústav pedologie a fotosyntézy AV SSSR, 142 292 Puškino, SSSR

Dr. Alexandr Jevgenijevič Lisovskij, CSc., Ústav biofyziky AV SSSR, 142 292 Puškino, SSSR

Výběr z nových titulů Ústřední zemědělské a lesnické knihovny

Agricultural university wageningen papers 89 — 3. A physical theory of focus development in plant disease.

Wageningen, 1989.

D 28.142/89/3

ANDREJEV, L. N. — PLOTNIKOVA, Ju.: Ržavčina pšenicy: citologija i fiziologija.

Moskva, 1989.

D 82.093

Biologia pszenżyta.

Warszawa, 1989.

D 82.094

Biological role of plant lipids.

Budapest, 1989.

D 82.103

CRISSMAN, Ch.: Seed potato systems in Ecuador: a case study.

Lima, 1989.

C 31.439

CRISSMAN, Ch.: Seed potato systems in the Philippines: a case study.

Lima, 1989.

C 31.438

Crop bulletin 182. Quality of western canadian flaxseed.

Winnipeg, 1989.

D 22.363/182

GUSEVA, L. I.: Metody selekcii tomata dlja intensivnykh technologij.

Kišinev, 1989.

E 47.209

Introdukcija i aklimatizacija rastěnij. Vypusk 11.

Kijev, 1989.

C 28.841/11

STRELKA, F.: Výroba ovocných vín a nápojov v domácnosti.

Bratislava, 1989.

E 47.203

Stressovyje belki rastěnij.

Novosibirsk, 1989.

D 82.092

URSU, V. A.: Matočniki privojnykh loz intensivnogo tipa i uskorennoje razmnoženije vinograda.

Kišinev, 1989.

D 82.095

AKUMULACE KADMIA V BOBU KOŇSKÉM (*Vicia faba* L.) A JEHO VLIV NA BIOMASU A VZRŮST ROSTLIN

K. Mondspiegel

MONDSPIEGEL, K. (Ústav krajinné ekologie ČSAV, České Budějovice): *Akumulace kadmia v bobu koňském (Vicia faba L.) a jeho vliv na biomasu a vzrůst rostlin*. Rostl. Výr., 36, 1990 (4) : 419-424.

Za standardních podmínek se sledoval vliv kadmia na produkci biomasy, růst a akumulace tohoto prvku v pletivech rostlin. Formou hydroponické výživy se testovaly čtyři koncentrace kadmia ve formě CdSO_4 a jejich účinky na rostliny se porovnávaly s kontrolními skupinami. V experimentu se prokázala schopnost kadmia akumulovat se v pletivech rostlin. Kadmium v rostlinách nebylo rozloženo stejnoměrně, ale jeho nejvyšší koncentrace byla zjištěna v kořenech rostlin. Vzhledem k poznatku, že v nadzemních částech rostlin byl obsah kadmia výrazně nižší než v kořenech, lze kořeny rostlin považovat za určitou ochrannou bariéru. Experiment ukázal statisticky významnou závislost mezi koncentrací kadmia v rostlině, tvorbou biomasy a vzrůstem rostlin. K výrazné redukci biomasy a vzrůstu docházelo zejména v koncentracích kadmia 25 a 250 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ v hydroponickém roztoku.

bob koňský; kadmium; hydroponický roztok; koncentrace; akumulace; biomasa; vzrůst; Duncanův test

V průmyslových oblastech je kadmium součástí imisí, které dopadají na povrch půdy. Odtud se tento prvek dostává do půdních roztoků a formou primární produkce přechází do trofických řetězců. V zemědělských oblastech může být zdrojem kadmia nadměrné používání průmyslových hnojiv.

Při vysokém obsahu kadmia a dalších toxických látek v půdě dochází k přímému ovlivňování rostlinné produkce a zhoršování kvality plodin (K o l e k t i v, 1970).

Kadmium se v půdě kumuluje nejvíce ve vrstvě 0 až 5 cm a s přibývajícím hloubkou jeho koncentrace klesá. Stupeň znečištění půdy tímto prvkem je ovlivňován přítomností zinku, s nímž je kadmium ve vzájemné interakci (C z a r n o w s k a, 1980).

Brooks (1977) uvádí přirozený obsah kadmia v půdě až do 4,5 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Tato poměrně vysoká hladina kadmia v půdě může být způsobena jeho obsahem v materiálu, který podléhá humifikaci.

Biologická dostupnost kadmia v půdě závisí na druhu rostliny, půdním pH, redox-potenciálu a složení půdního roztoku (B i n g h a m et al., 1986).

Cílem experimentu s bobem koňským (*Vicia faba* L.) bylo objasnit, zda se kadmium v rostlinách ukládá stejnoměrně nebo zda některé orgány rostlin mají zvýšenou afinitu ke kumulaci tohoto prvku. Dále se sledoval vliv kadmia na vzrůst a množství vyprodukované biomasy rostlin.

Pro sledování akumulace kadmia za standardních podmínek v klimatizovaném boxu sloužily rostliny bobu koňského (*Vicia faba* L.). Klíčení semen probíhalo v Petriho miskách s Knoppovým živným roztokem (Čvančara, 1962) a se zvolenou koncentrací kadmia 0; 0,25; 2,5; 25 a 250 mg . kg⁻¹ ve formě CdSO₄; pH hydroponických roztoků se pohybovalo od 4,6 do 4,8. Do každé misky bylo umístěno deset semen bobu na filtračním papíře a přidán živný roztok. Pro zajištění stálé koncentrace kadmia se hladina roztoku udržovala na stejné úrovni doléváním redestilované vody. Pátý den experimentu byly vzklíčené rostliny umístěny do hydroponie stejného chemického složení jako při klíčení.

Zařízení pro hydroponii se skládalo ze skleněné nádoby o objemu 460 ml a plastového kelímku, upraveného pro umístění deseti rostlin. Nádoby, do nichž zasahovaly kořenové části rostlin, byly trvale zastíněny černou fólií. V nádobách se udržovala stálá hladina živného roztoku doplňováním redestilované vody. Světelný režim byl 16 : 8 (L : D), teplota 22 °C ± 1 °C a vlhkost 60 % ± 5 %.

Patnáctý den experimentu byly rostliny vyjmuty z hydroponie a jejich kořenové části omyty v redestilované vodě. Celkem se hodnotilo deset sad rostlin od každé zvolené koncentrace. Každá sada rostlin (po deseti kusech) z jedné koncentrace byla zpracována a hodnocena samostatně. U rostlin byl oddělen kořenový systém, stonky a listy. Posuzovala se biomasa každé sady z jednotlivých koncentrací po usušení do konstantní hmotnosti při 40 °C. Dále se hodnotila výška jednotlivých rostlin a akumulace kadmia metodou AAS, přístrojem Instrumentation Laboratory 457.

Pomocí Duncanova testu se sledovalo, zda vliv kadmia na růst rostlin je statisticky významný. Deset souborů (vždy po deseti rostlinách) sloužilo k hodnocení biomasy rostlin vyprodukované z každé zvolené koncentrace kadmia.

VÝSLEDKY

Hodnocení vyprodukované biomasy a vzrůstu rostlin

Rostoucí koncentrace kadmia v hydroponickém roztoku způsobila postupnou redukci biomasy kořenového systému a listů (tab. I). Odlišnost mezi biomasou stonků v koncentracích 0; 0,25 a 2,5 nebyla však statisticky významná. Pouze biomasa stonků z koncentrací kadmia 25 a 250 mg . kg⁻¹ se lišila od biomasy z ostatních koncentrací. Vzrůst rostlin se též snižoval s přibývajícím koncentrací kadmia.

Pomocí Duncanova testu byl prokázán vliv kadmia na biomasu kořenů, listů, stonků a na vzrůst rostlin jako statisticky významný. Biomasa kořenů z koncentrací kadmia 25 a 250 mg . kg⁻¹ se významně lišila od kontroly i ostatních souborů ($p < 0,05$). Tyto dva soubory se navzájem také lišily. Biomasa kořenů z koncentrací 2,5 a 0,25 mg . kg⁻¹ se významně lišila od kontroly i ostatních souborů ($p < 0,05$), ale tyto dva soubory se od sebe vzájemně nelišily.

Biomasa listů z koncentrací kadmia 25 a 250 mg . kg⁻¹ se od sebe navzájem nelišila, ale byla odlišná od kontroly i od biomasy z koncentrací 0,25 a 2,5 mg . kg⁻¹ ($p < 0,01$). Biomasa listů z koncentrací 2,5 a 0,25 mg . kg⁻¹ se významně lišila od kontroly a též od sebe navzájem ($p < 0,01$).

Biomasa stonků z koncentrací kadmia 25 a 250 mg . kg⁻¹ se významně lišila od kontroly a ostatních souborů ($p < 0,01$), avšak navzájem se tyto soubory nelišily. Biomasa stonků z koncentrací 0,25 a 2,5 mg . kg⁻¹ se významně nelišila od kontroly ani od sebe navzájem ($p < 0,01$).

Vzrůst rostlin z koncentrací kadmia 2,5 a 25 mg . kg⁻¹ se významně lišil od kontroly a ostatních souborů, i od sebe navzájem ($p < 0,01$). Výška rostlin z koncentrací 2,5 a 0,25 mg . kg⁻¹ se významně lišila od kontroly ($p < 0,01$), ale tyto dva soubory se významně od sebe nelišily.

I. Biomasa jednotlivých částí rostlin (vždy 10 ks) v g suché hmotnosti a vzrůst rostlin (v cm) — The biomass of different plant parts (by ten plants) in g of dry mass and the plant growth (cm)

Koncentrace Cd (mg.kg ⁻¹) v živném roztoku		Kořeny	Listy	Stonky	Vzrůst
0	$\bar{x}$	0,522	1,069	0,837	22,17
	s_x	0,044	0,090	0,131	4,54
0,25	$\bar{x}$	0,438	0,899	0,695	18,81
	s_x	0,053	0,128	0,181	5,57
2,5	$\bar{x}$	0,396	0,753	0,795	17,58
	s_x	0,076	0,057	0,179	4,84
25	$\bar{x}$	0,128	0,118	0,176	3,00
	s_x	0,035	0,041	0,069	2,93
250	$\bar{x}$	0,058	0,039	0,082	0,58
	s_x	0,016	0,006	0,016	0,81

II. Obsah kadmia (mg.kg⁻¹) v jednotlivých částech bobu (*Vicia faba* L.) — Cadmium contents (mg per kg) in different plant parts of horse bean (*Vicia faba* L.)

Koncentrace Cd (mg.kg ⁻¹) v živném roztoku	Část rostliny	$\bar{x}$	s_x
0	kořeny	0,89	0,21
	stonky	0,34	0,26
	listy	0,05	0,03
0,25	kořeny	134,95	56,90
	stonky	10,23	2,95
	listy	6,44	0,65
2,5	kořeny	624,69	102,21
	stonky	95,70	20,78
	listy	47,26	8,95
25	kořeny	6 369,79	1 368,42
	stonky	395,90	132,90
	listy	89,76	14,39
250	kořeny	43 529,90	3 271,05
	stonky	5 039,35	220,76
	listy	2 387,63	320,71

Hodnoty kadmia zjištěné v jednotlivých částech bobu koňského (*Vicia faba* L.) jsou uvedeny v tab. II. S rostoucí koncentrací kadmia v hydroponickém roztoku se zvyšovala i jeho koncentrace v rostlinném organismu. Nejvyšší obsah kadmia byl zjištěn v kořenovém systému. Koncentrace kadmia v listech a ve stoncích byla několikanásobně nižší než v kořenech rostlin. Získané hodnoty korelačních koeficientů ukazují na velmi těsnou závislost mezi koncentrací kadmia v živném hydroponickém roztoku a obsahem kadmia v jednotlivých částech rostlin (pro kořeny $r = 1,00$; pro stonky $r = 0,99$; pro listy $r = 0,99$).

DISKUSE

Z proběhlého testu je patrné, že kadmium, přijímané kořenovým systémem bobu koňského (*Vicia faba* L.), negativně ovlivňuje produkci biomasy (zejména listů a kořenů) a vzrůst rostlin. Rozdíl od kontroly je patrný i při nejnižší testované koncentraci kadmia $0,25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ v hydroponickém roztoku.

Z analýzy jednotlivých částí rostlin je zřejmé, že největší množství kadmia se kumuluje v kořenovém systému. Do ostatních částí rostliny se potom dostává několikanásobně méně kadmia. Ukázalo se, že nejnižší obsah kadmia z celé rostliny je v listech. Získané poznatky se shodují i s výsledky, které uvádějí Kazimír, Brennan (1986), Lagerwerff (1971), kteří nejvíce kadmia po chronickém testu zjistili v kořenech ve srovnání s ostatními částmi rostlin.

Kabata-Pendias (1977), Stěpanova (1980) sledovali akumulaci těžkých kovů u rostlin a uvádějí nižší akumulaci těchto prvků ve stéblech a listech rostlin, což ukazuje na skutečnost, že kořeny představují určitou bariéru při prostupu toxických kovů do nadzemních částí rostlin.

Memon (1980) uvedl výsledky, které svědčí o tom, že rostlinnému pletivu neškodí obsah kadmia v rozmezí hodnot $0,05$ až $0,6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ suché hmotnosti. Za toxickou hladinu považuje hodnoty vyšší než $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ suché hmotnosti rostlinného materiálu. Výsledky testu se s těmito závěry shodují. Vzhledem k snížení biomasy rostlinné hmoty v koncentraci kadmia $0,25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ v hydroponickém roztoku je možné předpokládat, že u bobu již při tomto obsahu kadmia dochází k určitým fyziologickým poruchám. Při koncentraci kadmia 25 a zejména $250 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ v hydroponickém roztoku dochází k patologickým změnám, které často vedly k zastavení růstu a odumření celé rostliny.

V experimentu se prokázala akumulace kadmia v pletivech bobu koňského (*Vicia faba* L.). V rostlinách nedocházelo k rovnoměrnému ukládání kadmia, nejvyšší koncentrace tohoto prvku byla zjištěna v kořenech rostlin. Kadmium negativně ovlivňovalo tvorbu biomasy a vzrůst rostlin.

Literatura

BINGHAM, F. T. — GARRISON, S. — STRONG, J. E.: The effect of sulfate on the availability of cadmium. Soil Sci., 1986, č. 2, s. 172-177.

- BROOKS, R. R.: Pollution through trace elements. In: BOCKRIS, J. OM. (ed.): Environmental chemistry, New York and London, Plenum press 1977, s. 461.
- CZARNOWSKA, K.: Akumulacja metali ciężkich w glebach, roztlinach i niektórych zwierzętach na terenie Warszawy. Roczn. glebozn., 31, 1980, s. 77-115.
- ČVANČARA, F.: Zemědělská výroba v číslech I. Praha, SZN 1962, s. 278.
- KABATA-PENDIAS, A.: Wpływ ołowiu w pożywce wodnej na skład chemiczny stoklosy (*Bromus unioloides* L.). Roczn. Nauk roln., 1977, č. 2, s. 30-38.
- KAZIMIR, J. — BRENNAN, E.: The impact of chronic cadmium exposure on growth of pin oak seedlings. Forest Sci., 32, 1986, č. 4, s. 1061-1066.
- KOLEKTIV: O negativním působení exhalací na zemědělskou výrobu, MZVŽ ČSR, 1970, s. 48.
- LAGERWERFF, J. V.: Uptake of cadmium, lead and zinc by radish from soil and air. Soil Sci., 1971, č. 2, s. 129-133.
- STĚPANOVA, M. D.: Sostojanie i elementnyj chimičeskij sostav pšenici, vyraščenoj na počvach zagrazněnych svincom i kadmijem. Izd. Sib. otd. AN SSSR, 5, 1980, s. 129-136.
- MEMON, A. R. — ITO, S. — YATAZAWA, M.: Distribution of zinc and cadmium in the temperate forest taxa of central Japan. Soil. Sci., 26, 1980, s. 281-290.

Došlo dne 1. 11. 1989

МОНДШПИГЕЛ, К. (Институт ландшафтной экологии АН ЧССР, Ч. Будейовице): Аккумуляция кадмия в бобе конском (*Vicia faba* L.) и его влияние на биомассу и рост растений. Rostl. Výr., 36, 1990 (4) : 419-424.

В стандартных условиях прослеживали за влиянием кадмия на продукцию биомассы, рост и его накоплению в тканях растений. В форме гидропонического питания отесировали 4 концентрации кадмия в форме CdSO_4 , а воздействию на боб сравнивали с контрольными группами. Доказана способность кадмия скопляться в тканях боба, причем неравномерно, больше всего в корнях. Так как в наземных частях растений его меньше, то можно сделать вывод, что корни служат определенным защитным барьером. Эксперимент показал и значимую корреляцию между его концентрацией в растении, образованием биомассы и ростом растения. Они заметно задерживались при концентрациях 25 и 250 мг. кг^{-1} Cd в гидропоническом растворе.

боб конский; кадмий; гидропонический раствор; аккумуляция; биомасса; рост; тест Дункана

MONDSPIEGEL, K. (Institute of Landscape Ecology, Czechoslovak Academy of Sciences, České Budějovice): Cadmium accumulation in horse bean (*Vicia faba* L.) plants and its effects on plant biomass and growth. Rostl. Výr., 36, 1990 (4) : 419-424.

The effects of cadmium on biomass production, growth and this element accumulation in plant tissues were investigated in standard conditions. Hydroponic solutions were used to test four concentrations of cadmium in CdSO_4 form and their effects on plants were compared with the controls. The cadmium ability of its accumulation in plant tissues was demonstrated in this experiment. The cadmium distribution in the plants was not uniform, the highest concentrations were found in the roots. As the cadmium content in plant aboveground parts was considerably lower than in roots, the roots can be considered as a certain protective barrier. A statistically significant dependence between cadmium concentrations in the plant, biomass production and plant growth was proved in this experiment. Hydroponic solutions of the cadmium concentrations 25 and 250 mg per kg induced a great reduction in biomass production and growth.

horse bean; cadmium; hydroponic solution; concentrations; accumulation; biomass; growth; Duncan's test

MONDSPIEGEL, K. (Institut für Landschaftsökologie der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften, České Budějovice): Kadmiumakkumulation in der Ackerbohne (*Vicia faba* L.) und ihr Einfluß auf die Biomasse und das Wachstum der Pflanzen. Rostl. Výr., 36, 1990 (4) : 419-424.

Unter Standardbedingungen wurde der Einfluß von Kadmium auf die Produktion an Biomasse, auf das Wachstum und die Akkumulation dieses Elements in den Geweben der Pflanzen untersucht. In Form hydroponischer Ernährung wurden vier Konzentrationen von Kadmium in Form von CdSO_4 getestet und ihre Auswirkungen auf die Pflanzen wurden mit Kontrollgruppen verglichen. In diesem Experiment konnte die Fähigkeit des Kadmioms sich in Bindegewebe zu akkumulieren, nachgewiesen. Das Kadmium in den Pflanzen war nicht gleichmäßig verteilt, seine höchste Konzentration wurde in den Pflanzenwurzeln festgestellt. In Hinsicht auf die Erkenntnis, daß der Kadmiumgehalt in den oberirdischen Pflanzenteilen markant niedriger war als in den Wurzeln, können Pflanzenwurzeln als eine gewisse Schutzbarriere betrachtet werden. Das Experiment brachte eine statistisch signifikante Abhängigkeit zwischen der Kadmiumkonzentration in der Pflanze, der Bildung der Biomasse und dem Wachstum der Pflanze an den Tag. Zu einer markanten Reduktion der Biomasse und des Wachstums kam es insbesondere bei den Konzentrationen von 25 und $250 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ Kadmium in der hydroponischen Lösung.

Ackerbohne; Kadmium; Hydroponielösung; Konzentration; Akkumulation; Biomasse; Wachstum; Duncan-Test

Adresa autora:

Ing. Karel Mondspiegel, Ústav krajinné ekologie ČSAV, Na sádkách 7, 370 05 České Budějovice

S. Beneš, J. Benešová

BENEŠ, S. — BENEŠOVÁ, J. (Vysoká škola zemědělská, Praha; Ústav geologie a geotechniky ČSAV, Praha): *Geochemie půd vzniklých na sprašových pokryvech*. Rostl. Výr., 36, 1990 (4) : 425-434.

Sledované prvky byly rozděleny do skupin podle Zavarického klasifikace. Celkem bylo analyzováno 10 sond černozeří, 16 sond hnědozeří a degradovaných černozeří a 15 sond illimerizovaných a oglejených půd. Byl sledován obsah 34 prvků. Nejvyšší obsahy všech prvků zařazených do skupiny prvků vyvřelých hornin (výjma Na) byly zjištěny v černozeřích a postupně klesaly přes hnědozeří k illimerizovaným půdám, kde se pohybovaly od 13 % (u vápníku) do 86 % (u lithia) obsahu v černozeřích. Zcela opačně byla zjištěna distribuce prvků skupiny železa, kde nejnižší obsahy byly zjištěny v černozeřích. U illimerizovaných půd se obsahy pohybovaly od 137 % do 231 % obsahu v černozeřích. U převážné části vzácných prvků byly zvýšené obsahy patrné v hnědozeřích, kde se hodnoty (mimo Hf a Ta) pohybovaly mezi 100 % a 130 % obsahu v černozeřích. U ostatních prvků byly obsahy v půdních typech nevyrovnané.

sprašové pokryvy; černozeří; hnědozeří; illimerizované půdy; obsah a distribuce 34 prvků

Cílem práce bylo zjištění co největšího spektra prvků v hlavních půdních typech vzniklých na sprašových pokryvech. Pozornost je věnována rozdělení prvků v půdních horizontech a vlivu illimerizace na jejich distribuci. Zjištění přirozených obsahů prvků v půdách může být využito i při sledování stupně znečištění půd (Beneš, Pabianová, 1987).

MATERIÁL A METODA

K zjištění geochemického složení půd vzniklých na sprašových pokryvech bylo využito 22 sond na spraších a 19 sond na sprašových hlínách. Půdy na těchto substrátech patřily k černozeřím typickým (10 sond), k hnědozeřím typickým a černozeřím degradovaným (16 sond) a k typickým půdám illimerizovaným a oglejeným (15 sond). Sledované prvky byly stanoveny těmito metodami:

- instrumentální neutronovou aktivační analýzou (As, Ba, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Gd, Hf, Ho, La, Lu, Nd, Rb, Sb, Sc, Sm, Ta, Tb, Th, U, W, Yb, Zn, Zr);
- atomovou absorpční spektrometrií (Cu, Li, Mn, Pb, Sr);
- kvantitativní spektrální analýzou (B, Mo, Ni).

Sledované prvky byly rozděleny do skupin podle geochemické klasifikace Zavarického, která dělí prvky na: vzácné plyny, vzácné prvky, prvky vyvřelých hornin, prvky magmatických emanací, prvky skupiny železa, radioaktivní prvky, kovové rudní prvky, nekovy a metalogenní prvky, prvky skupiny platiny a těžké halogeny.

Analytické stanovení uvedených základních mechanických a fyzikálně-chemických vlastností sledovaných půd bylo provedeno v rámci komplexního průzkumu zemědělských půd.

Z hlediska geochemického má petrograficko-mineralogické složení spraší význam jak pro určení jejich chemického složení, tak i pro stanovení jejich geneze. Vyšší zastoupení prvků V, Cr, Ni, Co charakterizuje bazická magmata, vyšší zastoupení B, Zn, Sn, Li pak charakterizuje kyselá magmata. Původ spraší, a tím i jejich nerostné složení způsobují dosti široké koncentrační rozmezí jednotlivých prvků. I přes uvedené rozdíly představují sprašové sedimenty v rámci půdního profilu poměrně homogenní materiál.

Sprašové hlíny vznikají ze spraší na původním místě jako důsledek klimatického působení, které je usnadněno nízkým CaCO_3 v původních spraších. K degradaci spraší dochází ve vlhčím klimatu snadným vyluhováním CaCO_3 . Při tvorbě sprašových hlín dochází i k zjilovatění, protože v důsledku hydrolytického rozkladu živců vznikají i hojně jílové křemičitany.

Mechanické a některé agrochemické vlastnosti půd na sprašových pokryvech jsou uvedeny v tab. I.

Charakteristické je zvýšení jílu v molikovém horizontu černozemí a argilických horizontech hnědozemí a illimerizovaných půd. Obsah prachových částic je v černozemích nižší než v hnědozemích. Naopak jílové součástky byly v černozemích vyšší než v hnědozemích. Rozdělení v jednotlivých horizontech je poměrně vyrovnané.

Obsah humusu (C_{ox} v %) je nejvyšší v ornících a v molikovém horizontu černozemí a klesal od černozemí přes hnědozemě k půdám illimerizovaným. Charakteristický je i pokles od ornice k půdotvornému substrátu.

Sorpční kapacita se výrazně snižuje od černozemí k hnědozemím a illimerizovaným půdám. V profilu černozemí se hodnoty S a T snižují od ornice k půdotvornému substrátu. U hnědozemí se maxima vyskytují v argilických nebo přechodném horizontu. U illimerizovaných půd v důsledku zvýšeného obsahu jílu se maxima nacházejí v přechodném horizontu a půdotvorném substrátu. Stupeň nasycení směrem do podloží stoupá a nejvyšších hodnot dosahuje v půdotvorných substrátech černozemí a hnědozemí, nejnižších pak v půdotvorném substrátu illimerizovaných půd.

Obsah karbonátů je nejvyšší v profilu černozemí, zvláště v půdotvorném substrátu. U ostatních představitelů byly obsahy podstatně nižší.

S touto skutečností úzce souvisí i půdní reakce (pH/KCl), která dosahuje minimálních hodnot v profilu illimerizovaných půd a nejvyšších pak v profilu černozemí. Tuto skutečnost významně ovlivňuje i stupeň přístupnosti prvků rostlinami v půdách jednotlivých představitelů.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Obsahy sledovaných prvků v půdách podle geochemických skupin jsou uvedeny v tab. II až IV. Rozdělení prvků do výše uvedených skupin vychází z předpokladu, že prvky uvedených skupin, resp. povaha jejich iontů určují i způsob jejich umístění. Jednou z hlavních příčin odlišného umístění jsou iontové poloměry stopových prvků. Chování a rozšíření prvků na Zemi je určováno fyzikálními a chemickými vlastnostmi iontů a je spojeno se stavbou a stálostí atomů daného prvku. V souhlase s periodickým zákonem se mění chemické vlastnosti prvku periodicky v závislosti na protonovém či pořadovém čísle. To se týká valence, schopnosti vstupovat ve sloučení s jinými prvky, ale i složení a vlastností sloučenin. Blízkost chemických a fyzikálních vlastností atomů ve skupinách podmiňuje i jejich výskyt v přírodě na daném místě.

Prvky vyvřelých hornin (Li, Na, K, Rb, Cs, Mg, Ca, Sr, Ba)

V této skupině jsou zařazeny prvky, které snadno tvoří kyslíkaté sloučeniny. S výjimkou Na je u černozemí patrný zvýšený obsah Ca, Mg, K v molikovém a u hnědozemí v argilickém horizontu. Maximum Ca a Mg se nachází v půdotvorném substrátu černozemí a hnědozemí. U illimerizovaných půd je mírná akumulace Mg a K v horizontu argilickém.

Z tab. II je patrné, že značně nižší obsahy Rb jsou v illimerizovaných

I. Mechanické a některé agrochemické vlastnosti sledovaných půd — Mechanical and some agrochemical properties of the test soils

Půdní vlastnosti	Černozemě					Hnědozemě						Illimerizované půdy					
	Orh	H	hP	PCa	Ø	Orh	h/i	i	i/P	PCa	Ø	Orh	E	I	i/P	P	Ø
2,0 — 0,05 mm	16,3	11,5	11,3	12,9	13,0	16,2	14,2	10,9	11,4	11,0	12,5	—	—	—	—	—	—
0,05 — 0,01 mm	41,7	41,6	46,1	46,3	43,9	52,8	50,2	49,2	48,1	51,0	50,4	—	—	—	—	—	—
0,01 — 0,001 mm	22,0	22,3	19,8	23,0	21,6	14,6	16,9	14,3	14,5	13,3	14,6	—	—	—	—	—	—
pod 0,001 mm	20,0	24,6	23,4	17,8	21,4	16,5	18,7	25,7	25,9	24,7	22,5	—	—	—	—	—	—
pod 0,01 mm	42,0	46,9	43,2	40,8	43,0	31,1	35,6	40,0	40,4	38,0	37,1	31,7	32,0	41,4	43,8	42,7	38,5
pH	6,7	7,0	7,0	7,2	7,0	6,3	5,8	6,1	6,1	6,1	6,2	5,5	—	5,0	4,9	5,1	5,1
$S \left. \begin{array}{l} \\ T \end{array} \right\} (\text{cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1})$	21,5	20,8	18,9	12,2	18,3	11,4	10,5	13,7	14,0	13,0	12,7	7,6	5,8	9,3	10,5	13,9	9,3
	22,4	22,1	19,9	13,5	19,5	14,5	13,9	16,3	16,6	14,9	15,3	13,4	10,0	15,6	18,0	20,7	15,4
V (%)	96	94	95	90	94	79	75	84	84	87	83	57	58	60	58	67	60
C _{ox} (%)	1,5	1,3	0,9	0,3	1,3	1,11	0,61	0,43	0,27	0,15	0,50	1,21	0,51	0,19	0,16	0,13	0,47

II. Obsahy (mg.kg⁻¹) prvků vyvěřelých hornin v půdách sprašových sedimentů — The contents (mg.kg⁻¹) of elements of igneous rocks in the soils of loess sediments

Prvek	Černozemě					Hnědozemě						Illimerizované půdy					
	Orh	H	hP	PCa	Ø	Orh	h/i	i	i/P	PCa	Ø	Orh	E	I	i/P	P	Ø
Ca (%)	1,05	1,13	2,78	6,04	2,75	0,58	0,27	0,50	0,61	2,93	1,15	0,42	0,33	0,35	0,37	0,40	0,37
Mg (%)	0,56	0,62	0,75	1,06	0,75	0,48	0,41	0,67	0,68	0,80	0,65	0,41	0,35	0,54	0,60	0,68	0,51
K (%)	1,95	2,02	1,86	1,62	1,86	1,94	2,25	2,11	2,11	1,99	2,06	1,62	1,78	1,79	1,76	1,64	1,72
Na (%)	0,62	0,60	0,58	0,55	0,59	0,68	0,67	0,68	0,69	0,70	0,69	0,61	0,65	0,56	0,55	0,49	0,58
Li	34	36	36	32	35	30	24	38	39	34	35	26	26	31	34	34	30
Rb	84	84	81	83	83	79	87	75	81	85	89	57	68	63	62	72	68
Cs	5,7	5,9	6,2	2,2	5,8	4,5	4,2	5,5	5,6	5,9	5,1	3,8	3,9	4,7	5,5	5,7	4,7
Sr	94	93	110	160	114	90	77	86	91	101	89	80	78	72	72	68	74
Ba	510	385	475	415	446	460	467	452	427	458	453	—	—	—	—	—	—
Prvky skupiny železa v půdách sprašových pokryvů																	
V	70	76	76	71	73	83	—	95	90	79	87	72	69	122	116	120	100
Cr	75	80	78	72	76	80	77	88	90	85	84	89	76	172	147	158	117
Mn	620	630	530	440	555	680	530	530	527	510	555	890	910	1080	1990	722	1118
Fe (%)	2,5	2,7	2,8	2,4	2,6	2,2	2,4	2,9	3,0	2,8	2,7	3,8	2,0	3,6	4,1	4,8	3,7
Co	11	12	13	11	12	12	11	14	13	13	13	14	13	25	29	37	24
Ni	29	36	34	30	32	30	—	37	39	32	35	35	23	96	100	117	74
Mo	0,73	0,54	0,60	0,61	0,62	0,89	—	0,72	0,72	0,73	0,76	0,71	0,57	0,72	0,69	0,86	0,71
W	2,4	2,0	2,1	2,2	2,2	1,9	1,9	1,9	2,0	2,2	2,0	—	—	—	—	—	—

III. Obsahy (mg.kg⁻¹) radioaktivních prvků v půdách na sprašových pokryvech — The contents (mg.kg⁻¹) of radioactive elements in the soils of loess sheets

Prvek	Černozemě					Hnědozemě						Illimerizované půdy					
	Orh	H	hP	PCa	Ø	Orh	h/i	i	i/P	PCa	Ø	Orh	E	I	i/P	PCa	Ø
U	2,3	3,3	2,4	2,5	2,4	2,7	2,6	2,6	2,6	2,5	2,5	2,7	2,6	2,5	2,8	3,2	2,8
Th	9,4	10,1	10,3	9,3	9,8	10,7	12,1	10,4	10,9	11,1	11,0	9,4	10,2	10,9	11,2	11,4	10,6
Obsahy prvků rudních kovů v půdách na sprašových pokryvech																	
Cu	19,8	18,4	16,2	16,1	17,6	17,4	12,0	18,8	19,1	17,6	18,0	14,1	11,1	18,7	22,5	24,0	18,0
Zn	111	99	90	84	96	70	64	77	80	74	74	66	53	64	66	73	64
Pb	37	29	26	26	29	38	29	32	29	42	36	43	39	37	37	35	38
Obsahy nekovů a metalogenních prvků v půdách na sprašových pokryvech																	
As	8,7	8,3	8,0	7,6	8,1	6,5	8,6	7,7	7,9	7,7	7,7	4,9	4,8	6,2	5,3	5,4	5,3
Sb	1,20	0,75	0,80	0,83	0,89	0,91	0,82	0,84	0,92	0,95	0,89	—	—	—	—	—	—
Obsahy prvků těžkých haloidů v půdách na sprašových pokryvech																	
Br	2,2	4,2	2,8	1,2	2,6	1,1	1,1	0,9	0,7	0,5	0,8	—	—	—	—	—	—

IV. Obsahy ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) prvků magmatických emanací v půdách sprašových pokryvů — The contents ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) of elements of magmatic stoping in the soils of loess sheets

Prvek	Černozeň					Hnědozeň						Illimerizované půdy					
	Orh	H	hP	PCa	Ø	Orh	h/i	i	i/P	PCa	Ø	Orh	E	I	i/P	PCa	Ø
B	52	48	57	59	54	55	—	64	69	64	63	50	48	58	49	50	53
F	400	420	470	450	440	370	240	470	470	440	430	330	290	720	820	490	530
S	320	750	186	220	369	220	90	106	107	116	128	240	113	113	110	108	137
Obsahy vzácných prvků v půdách sprašových pokryvů																	
Sc	9,8	10,2	10,2	9,2	9,8	8,9	10,2	10,7	11,3	11,1	10,4	8,7	8,4	10,5	11,4	11,6	10,1
Zr	750	470	413	350	496	570	660	440	392	428	498	520	592	470	452	400	487
Hf	13	14	15	12	14	16	14	14	13	13	14	—	—	—	—	—	—
Ta	0,91	2,1	1,15	0,82	1,25	1,09	1,02	1,05	0,95	1,02	1,02	—	—	—	—	—	—
La	34	36	37	32	35	39	37	38	39	41	39	—	—	—	—	—	—
Ce	75	79	83	73	78	89	85	87	89	82	86	—	—	—	—	—	—
Nd	31	25	33	25	29	40	36	36	36	41	38	—	—	—	—	—	—
Sm	5,9	6,4	6,4	5,7	6,1	6,9	6,4	6,3	7,1	7,5	6,8	—	—	—	—	—	—
Eu	1,10	1,01	1,10	0,85	1,01	0,97	1,02	0,98	1,08	1,28	1,05	—	—	—	—	—	—
Gd	9,8	16,7	22,0	9,7	14,6	17,8	16,2	16,7	16,7	23,9	18,5	—	—	—	—	—	—
Tb	0,88	0,91	0,90	0,78	0,87	0,87	0,93	0,88	0,98	1,00	0,93	—	—	—	—	—	—
Ho	1,55	0,62	1,15	0,81	1,03	1,35	0,97	1,15	1,14	1,30	1,18	—	—	—	—	—	—
Tb	0,88	0,98	1,10	0,44	0,85	0,79	0,81	0,82	0,83	0,74	0,80	—	—	—	—	—	—
Yb	3,3	2,9	3,1	2,7	3,0	3,4	3,2	3,2	3,2	3,4	3,3	—	—	—	—	—	—
Lu	0,45	0,54	0,61	0,49	0,52	0,62	0,57	0,58	0,58	0,68	0,59	—	—	—	—	—	—

půdách. V černozemích a hnědozemích je zastoupení poměrně shodné a v celém profilu vyrovnané. Zvýšený obsah v půdotvorných substrátech černozemí a hnědozemí je zřejmě v přímé korelaci se zvýšeným obsahem CaCO_3 v celém půdním profilu. Obsahy Li jsou zvýšené v přechodných a půdotvorných substrátech hnědozemí a illimerizovaných půd. Rozdělení v profilu černozemí je vyrovnané. Poměrně stejné zastoupení má Ba v černozemích a hnědozemích. Uvedené obsahy Li, Rb, Cs, Sr a Ba v půdách na spraších jsou nižší než jejich průměrné hodnoty v půdách jako celku. Z celkového hodnocení je patrné, že všechny prvky této skupiny mají nejnižší obsahy v půdách illimerizovaných. K největšímu snížení dochází u Ca.

Prvky skupin železa (V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Mo, W)

Blízkost chemických, a tím i geochemických vlastností prvků skupiny železa se vysvětluje tím, že tyto prvky jsou přechodné (tranzitní) a doplňují nižší než nejsvrchnější hladinu. Výjimku tvoří Mo a W, kde jsou doplňovány hladiny N (u Mo) nebo O (u W).

Všechny tyto prvky jsou charakteristické lehkou přeměnou mocností v důsledku snadné oxidace, a tím získávají i jiné vlastnosti. Vlivem organických kyselin, vznikajících při rozkladu organické hmoty, dochází v půdách k vyplavování Fe a jemu podobných prvků. Je patrné, že obsahy některých prvků v illimerizovaných půdách jsou až trojnásobně vyšší než v černozemích. Zastoupení v horizontech černozemí a hnědozemí jsou poměrně vyrovnané. Illimerizační proces se mimo Mn projevuje i určitým snížením obsahu sledovaných prvků v albikovém horizontu illimerizovaných půd. Obsahy Mn jsou v černozemích a hnědozemích poměrně shodné. Je patrná mírná akumulace v ornicích a molikovém horizontu černozemí. V souladu s údaji z literatury (V i n o g r a d o v, 1957) je účast Mn na procesech illimerizace způsobena jeho vyšším obsahem v jemné půdní frakci.

U Co jsou průměrné obsahy v černozemích a hnědozemích dva- až třikrát vyšší, než jsou hodnoty ve spodních horizontech illimerizovaných půd. Podobná distribuce jako u Co je i u ostatních prvků. Potvrzuje se tím úzký vztah prvků této skupiny k jílové frakci. Při porovnání jednotlivých půdních typů je patrné, že převážné obsahy prvků této skupiny stoupají od černozemí k hnědozemím a illimerizovaným půdám. U Mo je patrné, že obsahy v ornicích černozemí a hnědozemí jsou nepatrně vyšší než v ostatních horizontech. Jinak je rozdělení v půdních profilech rovnoměrné a není patrná akumulace v důsledku vazby jílovými nerosty nebo volnými oxidy Fe. Určitý pokles je patrný v albikovém horizontu illimerizovaných půd. Celkově jsou obsahy Mo v půdách na spraších nižší, než je udávaná hodnota pro půdy jako celek.

Rudné prvky (Cu, Zn, Pb)

Přestože v případě Cu a Zn jde o významné biogenní prvky, nebyla s výjimkou černozemí zjištěna v ornicích hnědozemí a illimerizovaných půd akumulace jejich celkového obsahu. V ostatních horizontech jsou patrné zvýšené obsahy Cu v argilikových horizontech illimerizovaných půd a hnědozemí. Průměrné hodnoty všech půdních typů jsou však shodné a pohybují se kolem $18 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Průměrné hodnoty Zn z celého půdního

profilu jsou nejvyšší u černozemí a nejnižší u illimerizovaných půd. Celkově jsou obsahy Cu a Zn v půdách na spraších nižší než v půdách jako celku.

Olovo je nejvíce zastoupeno v ornících všech půdních typů, což je zřejmě způsobeno globálním antropogenním znečištěním. Jinak je jeho rozdělení v půdních profilech rovnoměrné.

Prvky magmatických emanací (B, S, F)

Přes značný biologický význam je u B patrná malá akumulace celkových obsahů v jednotlivých horizontech. U síry je naopak patrná její biologická i antropogenní akumulace v ornících všech půdních typů a v molikovém horizontu černozemí. U F je charakteristické jeho snížení v alaikovém horizontu illimerizovaných půd a v přechodném horizontu hnědozemí. Určitá akumulace je patrná zvláště v argilických horizontech hnědozemí a illimerizovaných půd, přičemž v půdách illimerizovaných je obsah v argilickém horizontu dvakrát vyšší než v ornici. Uvedené obsahy udávají Hartman (1977) a Hartman et al. (1988) a jsou ve srovnání s obsahy F, uváděnými různými autory pro půdy světa, značně vyšší. Námi zjištěné obsahy síry v půdách na spraších jsou značně nižší, než jsou uváděné hodnoty pro půdy jako celek.

Prvky metaloidní a metalogenní (As, Sb)

Ze získaných hodnot vyplývá rovnoměrné rozdělení obou prvků v půdních horizontech sledovaných půdních typů. Celkově jsou obsahy As v černozemích a hnědozemích vyšší než v půdách illimerizovaných. Průměrná hodnota As ($7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) pro půdy na spraších odpovídá obsahu v půdách jako celku. Obsah Sb je v černozemích i hnědozemích velmi podobný. Zjištěná průměrná hodnota ($0,89 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) v půdách na spraších je značně nižší než hodnota ($1,3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) udávaná pro půdy jako celek.

Prvky radioaktivní (U, Th)

Pro Th je charakteristické rozšíření v disperzní formě, U nemá vysloveně disperzní charakter, ale tvoří i izomorfní příměsi a vlastní nerosty. Oba prvky se v zóně zvětrávání od sebe těžko oddělují. Rozdělení obou prvků v půdních horizontech sledovaných typů je velmi rovnoměrné a hodnoty kolísají v malých rozmezích. Není patrná nějaká významnější akumulace a rovněž rozdíly mezi jednotlivými typy jsou nepatrné. Obsahy obou prvků v půdách na spraších jsou téměř shodné s obsahy, které se udávají pro půdy jako celek.

Prvky těžkých haloidů (Br)

Obsahy Br, uvedené v tab. III, jsou v černozemích a hnědozemích velmi rozdílné a potvrzují úzký vztah Br k organické hmotě. Zjištěné obsahy v černozemích jsou až třikrát vyšší, než jsou obsahy v hnědozemích. Vztah k organické hmotě potvrzuje i skutečnost, že nejnižší obsahy byly zjištěny v půdotvorných substrátech a nejvyšší v ornících a molikovém horizontu černozemí.

Zjištěné obsahy vzácných prvků jsou uvedeny v tab. IV. Hodnoty Sc, Zr, Hf, Ta jsou ve všech půdních typech poměrně vyrovnané. Rovněž jejich rozdělení v půdních horizontech je rovnoměrné s výjimkou zvýšeného obsahu Sc ve spodních horizontech illimerizovaných půd a Ta v molikovém horizontu černozemí. Rovnoměrnost rozdělení v půdním profilu černozemí a hnědozemí je patrná i u lehkých lanthanoidů (La, Ce, Nr, Sm, Eu). Zjištěné průměrné obsahy lehkých lanthanoidů jsou shodné s hodnotami, které se uvádějí pro půdy jako celek. Stejně tak hodnoty těžkých lanthanoidů (Gd, Tb, Ho, Er, Lu) mají v půdním profilu rovnoměrné rozdělení. Sledujeme-li průměrné hodnoty z celého profilu je patrné, že převážná část vzácných prvků má v hnědozemích vyšší zastoupení než v černozemích. Celkově však naše znalosti o distribuci a pohyblivosti těchto prvků v půdách jsou malé (Beneš, 1989). Stejně tak je málo důkazů o tom, že jsou důležité pro některé biologické systémy. V současné době je však pozorován zvyšující se obsah La, Ce, Sm, Tb, Dy a Lu v ovzduší, a to v důsledku zvýšených obsahů popílků ze zpracování materiálu při výrobě jaderné energie nebo v důsledku vysokého používání fosforečných hnojiv.

Literatura

- BENEŠ, S.: Zastoupení vzácných zemin v půdách ČSR. In: Sbor. Vys. Šk. zeměd. Praha, Řada A, 50, 1989, s. 127.
- BENEŠ, S. — PABIANOVÁ, J.: Přirozené obsahy, distribuce a klasifikace prvků v půdách. In: Sbor. Vys. Šk. zeměd. Praha, 1987.
- HARTMAN, V.: Výzkum chemického složení půd ČSR v závislosti na geologických podmínkách. [Závěrečná zpráva.] Kutná Hora, Úst. nerost. Surov. 1977.
- HARTMAN, V. — KULÍKOVÁ, A. — NĚMEČEK, J.: Stopové prvky v půdách ze sprašových hornin. Rostl. Výr., 34, 1988, č. 12, s. 1233-1240.
- VINOGRADOV, A. P.: Geochimija redkich i razsejannykh chimičeskich elementov v počvach. Moskva, AN SSSR 1957.

Došlo dne 1. 11. 1989

БЕНЕШ, С. — БЕНЕШОВА, Я. (Сельскохозяйственный институт, Прага; Институт геологии и геотехники при АН СССР, Прага): Геохимия почв, возникших на лессовых породах. Растл. Выр., 36, 1990 (4) : 425-434.

Изучаемые элементы разделили по группам по классификации Заварицкого. Всего проанализировали 10 зондов чернозема, 16 бурозема и деградированных черноземов, 15 иллимизированных и оглеенных грунтов. Определяли содержание 34 элементов. Больше всего элементов группы изверженных пород содержали (кроме Na) черноземы, потом эти элементы убывали через буроземы к иллимизированным грунтам, где они составляли от 13 (на кальции) до 86 % (на литии) в черноземах. Противоположно распределяются элементы железной группы: меньше всего их содержится в черноземах. В иллимизированных же грунтах они составляют от 137 до 231 % от содержания в черноземах. У преобладающего большинства благородных элементов повышенные нормы отмечены в буроземах, где их величины (за искл. Hf и Ta) колеблются между 100 и 130 % от содержания в черноземах. Нормы остальных элементов в почвенных типах разные.

лессовые породы; черноземы; буроземы; иллимизированные грунты; содержание и распределение 34 элементов

BENEŠ, S. — BENEŠOVÁ, J. (University of Agriculture, Praha; Institute of Geology and Geo-engineering, Czechoslovak Academy of Sciences, Praha): *Geochemistry of soils which originated on loess sheets*. Rostl. Výr., 36, 1990 (4) : 425-344.

Test elements were divided into groups according to Zavarický's classification. The total of the following test pits was analyzed: 10 chernozem pits, 16 brown soil pits and degraded chernozem pits, 15 illimerized and pseudogley soil pits. The contents of 34 elements were investigated. The highest contents of all elements included in the element groups of igneous rocks (except Na) were found out in chernozem soils, in brown soils they were lower and still decreased in illimerized soils, where they ranged from 13 % (calcium) to 86 % (lithium) of the content in chernozem soils. The element distribution in the iron group was quite different, on the contrary the lowest contents were found out in chernozem soils. In illimerized soils the content ranged from 137 % to 231 % of the content in chernozem soils. In a majority of precious metals the higher contents were observed in brown soils, where the values (except Hf and Ta) ranged from 100 % to 130 % of the content in chernozem soils. The contents of the other elements in soil types were not balanced.

loess sheets; chernozem; brown soil; illimerized soils; contents and distribution of 34 elements

BENEŠ, S. — BENEŠOVÁ, J. (Landwirtschaftliche Hochschule, Praha; Institut für Geologie und Geotechnik der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften, Praha): *Geochemie der auf Lößdecke entstandenen Böden*. Rostl. Výr., 36, 1990 (4) : 425-434.

Die zu untersuchenden Elemente waren in Gruppen laut der Klassifikation nach Zavarický eingeteilt. Insgesamt wurden 10 Förderbohrungen von Schwarzerden, 16 Förderbohrungen von Braunerden und degradierten Schwarzerden und 15 Förderbohrungen illimerisierter und Pseudogleyböden analysiert. Man untersuchte den Gehalt von 34 Elementen. Der höchste Gehalt aller in die Gruppe der Elemente des Eruptivgesteins eingereihten Elemente (mit Ausnahme von Na) wurde in den Schwarzerden ermittelt, schrittweise ging deren Gehalt über die Braunerden zu den illimerisierten Böden hin zurück, wo sich die Werte von 13 % (bei Kalzium) bis 86 % (bei Lithium) des Gehalts in den Schwarzerden bewegten. Die Distribution der Elemente der Eisengruppe wies eine völlig umgekehrte Tendenz auf, wo in Schwarzerden die niedrigsten Gehalte ermittelt wurden. Bei den illimerisierten Böden bewegten sich die Gehalte von 137 % bis 231 % des Gehalts in den Schwarzerden. Beim überwiegenden Teil der Elemente seltener Erden waren erhöhte Gehalte in den Braunerden zu ermitteln, wo sich die Werte (mit Ausnahme von Hf und Ta) zwischen 100 % bis 130 % des Gehalts in den Schwarzerden bewegten. Bei den übrigen Elementen waren die Gehalte in den einzelnen Bodentypen unausgeglichen.

Lößdecken; Schwarzerden; Braunerden; illimerisierte Böden; Gehalt und Distribution von 34 Elementen

Adresy autorů:

Ing. Stanislav Beneš, CSc., Vysoká škola zemědělská, 165 21 Praha 6 - Suchbátarův
Ing. Jaroslava Benešová, Ústav geologie a geotechniky ČSAV, V Holešovičkách
41, 180 00 Praha 8

RYBNÍČNÍ SEDIMENT JAKO INDIKÁTOR KVALITY PŮDNÍHO POKRYVU POVODÍ

A. Prax, B. Havlíčková, J. Hlušek

PRAX, A. — HAVLÍČKOVÁ, B. — HLUŠEK, J. (Vysoká škola zemědělská, Brno): *Rybníční sediment jako indikátor kvality půdního pokryvu povodí*. Rostl. Výr., 36, 1990 (4) : 435-439.

V roce 1988 byl proveden odběr vzorků rybníčního sedimentu ze tří vypuštěných a rekonstruovaných rybníků v širším okolí Velkého Meziříčí. Rybník Spálený u Bohdalova reprezentuje převážně lesní povodí a rybníky Dolnomlýnský u Bohdalova a Špitálský u Křižanova jsou situovány v zemědělských povodích. Výsledné laboratorní rozborů odebraných vzorků dokumentují nižší kvalitu sedimentů lesního povodí. Všechny provedené rozborů ukazují nižší hodnoty obsahu humusu i zásoby přijatelných živin, než udávají publikace v šedesátých letech. V sedimentech byl stanoven také obsah kadmia, olova, mědi, manganu a zinku, které leží hluboko pod normami pro kaly, a proto je možno hodnotit rybníční sediment jako vhodný materiál do kompostů. Projevují se zřejmě změny půdního pokryvu povodí, vyvolané změnami struktury půdního fondu při intenzifikaci zemědělské velkovýroby.

rybníční bahno; obsah humusu; obsah živin; obsah kadmia, olova, mědi, manganu a zinku

Rybníční bahno bylo dříve hodnoceno jako kvalitní organický materiál, použitelný k výrobě kompostů, zahradnických zemin i k přímému použití pro organické hnojení zemědělských půd (Livečka et al., 1962). Také dnes hledají zemědělské závody organické materiály vhodné pro zúrodňovací opatření na zemědělských půdách. Státní rybářství provádí čištění a rekonstrukci rybníků zanesených sedimenty ze zemědělských i lesních půd příslušného povodí. Hospodářsko-technické úpravy pozemků, meliorační a zúrodňovací opatření, prováděné v rámci intenzifikace zemědělské výroby, vedly v uplynulých třiceti letech k postupným změnám v prostorovém uspořádání i kvalitě zemědělského půdního fondu. Uvedené skutečnosti způsobily ovlivnění kvantity, a tím také kvality rybníčních sedimentů.

MATERIÁL A METODA

Pro řešení dané problematiky byly zvoleny rybníky, na nichž probíhají rekonstrukční práce. Rybník Spálený u Bohdalova má výměru 2,59 ha a reprezentuje převážně lesní povodí. Rybník Dolnomlýnský je situován na okraji obce Bohdalov a okolních polí. Jeho výměra činí 6,64 ha a byl odbahňován v letech 1986 až 1988. Rybník Špitálský leží nad obcí Kundratice (u Křižanova) a reprezentuje převážně zemědělské povodí. Jeho výměra je 4,90 ha. Na těchto vybraných lokalitách byly

Ryb- ník	Označení vzorku	Hloubka (cm)	pH (KCl)	P (mg.kg ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)	Humus (%)	Označení zeminy
Spálený	1	0–30	3,81	4,84	48,14	0,10	písčitohlinitá
	2	0–30	4,20	55,00	58,10	2,89	písčitohlinitá
	3	0–30	4,19	14,95	71,38	1,65	písčitohlinitá
Dolnomlýnský	4	0–30	4,39	37,84	139,44	4,49	jílovitohlinitá
	4	180–200	4,23	30,80	130,31	3,97	jílovitohlinitá
	5	0–30	4,20	35,20	156,04	4,11	hlinitá
	5	180–200	4,13	10,08	131,97	4,70	hlinitá
	6	0–30	4,14	31,24	149,40	4,70	jílovitohlinitá
	7	0–30	4,10	26,84	132,80	4,34	jílovitohlinitá
	8	0–30	4,06	44,88	97,94	3,80	jílovitohlinitá
	9	0–30	4,43	44,88	121,18	3,05	hlinitá
	10	0–30	4,34	42,24	94,62	5,24	hlinitopísčitá
	11	0–30	4,12	61,60	68,89	4,65	hlinitopísčitá
Špitálský	12	0–20	3,73	51,48	161,02	4,57	hlinitá
	12	100–120	3,91	52,80	84,66	2,95	hlinitá
	13	0–20	3,53	36,96	117,03	4,34	hlinitá
	14	0–20	3,96	39,60	151,06	3,15	hlinitá
	15	0–20	3,72	98,12	69,72	2,38	písčitohlinitá
	16	0–20	3,58	80,08	141,93	3,11	písčitohlinitá
	16	100–200	3,58	40,48	48,14	2,15	hlinitopísčitá
	17	0–20	6,28	111,76	122,84	2,13	hlinitopísčitá

provedeny terénní průzkumné práce, spojené se sondáží a odběrem porušených půdních vzorků pro laboratorní rozbor. Vzorky byly odebrány ze složišť rybníčních sedimentů většinou odvodněných a uložených po obvodě vypouštěných rybníků. Odběry charakterizují jak povrchové, tak také hlubší horizonty mohutnějších složišť.

V laboratoři byly provedeny tyto rozbor: půdní reakce potenciometricky, obsah humusu podle Tjurina, obsah přijatelného draslíku podle Schachtschabela, obsah přijatelného fosforu podle Egnera, obsah kadmia, olova, mědi, manganu a zinku na atomovém absorpčním spektrofotometru AAS-6, ve výluhu 1M HCl, půdní zrnitost makroskopickým posouzením při terénním šetření.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Provedené laboratorní rozbor jsou sestaveny do tab. I, z níž je patrné, že rybníční sedimenty vykazují vesměs silně kyselou půdní reakci. Vzorek č. 17 byl odebrán ve stavu tekutém u hráze bezprostředně po výlovu rybníka a zjištěná hodnota pH v KCl 6,28 znamená slabě kyselou půdní reakci. Zásoba fosforu a draslíku u rybníka Spáleného značně kolísá a je velmi malá až střední. Rybník Dolnomlýnský má zásobu fosforu i draslíku převážně střední. Rybník Špitálský vykazuje zásobu fosforu

Rybník	Označení vzorku		Obsah ve výtahu 1M HCl (mg.kg ⁻¹)				
			Cd	Pb	Cu	Mn	Zn
Spálený	1	0–30	0,166	5,80	3,23	81,20	13,90
	2	0–30	0,416	21,20	8,00	84,00	23,30
	3	0–30	0,152	11,80	3,93	75,50	23,80
Dolnomlýnský	4	0–30	0,430	30,40	12,36	151,40	42,40
	4	180–200	0,500	34,90	13,46	142,60	49,70
	5	0–30	0,597	29,80	11,30	156,80	54,10
	5	180–200	0,513	26,70	10,63	133,50	36,60
	6	0–30	0,583	32,75	12,53	158,70	33,85
	7	0–30	0,472	29,20	11,26	157,90	36,60
	8	0–30	0,333	29,80	11,73	130,00	34,80
	9	0–30	0,444	24,90	10,33	129,10	27,50
	10	0–30	0,583	20,60	9,53	85,50	64,35
	11	0–30	0,263	16,20	6,66	78,00	24,60
Špitálský	12	0–20	0,385	27,90	21,20	300,00	66,30
	12	100–120	0,355	17,00	11,20	345,00	52,30
	13	0–20	0,470	28,40	21,40	347,50	76,60
	14	0–20	0,363	29,25	17,00	537,50	43,30
	15	0–20	0,320	28,30	16,90	275,00	34,00
	16	0–20	0,290	27,75	18,20	380,00	41,80
	16	100–120	0,340	28,40	17,50	350,00	46,90
	17	0–20	0,300	20,15	11,90	345,00	63,10

střední a na některých místech až vysokou. Zásoba draslíku je malá až střední. Nejvíce humusu bylo zjištěno u rybníka Dolnomlýnského, a to 3,05 až 5,24 %. Tento sediment lze klasifikovat jako silně humózní. Poněkud nižší obsah humusu vykazuje rybník Špitálský (2,13 až 4,57 %) a slabě až středně humózní je sediment rybníka Spáleného.

V tab. II jsou uvedeny výsledné hodnoty některých rizikových prvků. Relativně nejnižší hodnoty všech stanovených prvků byly zjištěny u rybníka Spáleného. Zbývající dva rybníky mají obsah stanovených prvků vyšší, přičemž v rybníku Dolnomlýnském byl zjištěn relativně vyšší obsah kadmia. V rybníku Špitálském byl zaznamenán relativně vyšší obsah mědi, manganu a zinku. Obsah manganu je zde zhruba jedenkrát vyšší oproti rybníku Dolnomlýnskému.

Uvedené výsledky dokumentují alespoň orientačně kvalitu rybníčních sedimentů dané oblasti mezi Velkým Meziříčím a Žďárem nad Sázavou. Podle morfofenetické klasifikace půd (Hraško, Bedrna, 1988) je možné hodnotit zdejší půdy převážně jako kambizemě v místní kombinaci s pseudogleji případně gleji. Kvalita i kvantita posuzovaných

sedimentů je závislá na kvalitě půdního fondu a geografických poměrech daného povodí. Jsou obecně známy změny, ke kterým v důsledku kolektivizace a intenzifikace zemědělské výroby u nás za posledních třicet let došlo.

Orientační porovnání mohou poskytnout údaje, které publikovali Mališ (1960), případně Livečka et al. (1962). Uvedení autoři udávají pro rybníční bahno tyto průměrné údaje: organická hmota — 12 %, K_2O — 0,5 %, P_2O_5 — 0,2 %, CaO — 2,5 % a dusík — 0,3 až 0,6 %. V porovnání s námi zjištěnými hodnotami je obsah humusu v současných rybníčních sedimentech zhruba o více jak polovinu nižší. Také obsah přijatelných živin je nižší. Závažný je údaj o obsahu rizikových prvků, a to především kadmia, kde hodnoty (v závislosti na půdním typu) nad 0,1 mg · kg⁻¹ již znamenají překročení navrhované maximální přípustné koncentrace rizikových prvků pro orné půdy (Mocik, 1989). Při zahrnutí kritérií, které udávají Facek a kol. (1985) a Pokyny MZVŽ č. j. 298/87-412, nebylo v žádném z provedených rozborů těchto limitních hodnot dosaženo. Navíc pro kaly jako surovinu do kompostů platí ČSN 46 5735, kde limitní hodnoty rizikových prvků jsou mnohonásobně vyšší.

Zkoumaný rybníční sediment zůstává vhodným kompostovatelným materiálem, přestože jeho kvalita je nižší ve srovnání s průměrnými hodnotami zjištěnými zhruba před třiceti lety.

Jsme si vědomi toho, že stanovené údaje ze tří rybníků nemohou být všeobecně směrodatné. Přesto však nás upozorňují na skutečnost, že v rybníčním sedimentu se mohou koncentrovat látky, se kterými se na okolních pozemcích při hnojení a ošetřování zemědělských kultur pracuje, případně přicházejí v úvahu v souvislosti s celkovou atmosférickou depozicí (Šindelářová, 1988), ovlivňující životní prostředí.

Literatura

- HRAŠKO, J. — BEDRNA, Z.: Aplikované půdoznalectvo. Bratislava, Příroda 1988.
LIVEČKA, J. — URBAN, V. — HAMPL, J.: Těžba a využití rybníčního bahna. Praha, SZN 1962, 180 s.
MALIŠ, O.: Rybníční bahno dobrým pomocníkem zemědělství. Českoslov. Rybář., 1960, s. 34.
MOCIK, A.: Proposing the limit value in some heavy metals in agricultural soils. Int. Conf. Piešťany, 1989, s. 15.
FACEK, Z. a kol.: Zlepšování hygieny zemědělských půd. Met. Zavád. Výsl. Výzk. Praxe, 1985, č. 4, 60 s.
ŠINDELÁŘOVÁ, J.: Obsah některých cizorodých látek v půdě a v zemědělských produktech. Stud. Inform. ÚVTIZ, 1988, č. 9, 80 s.

Došlo dne 1. 11. 1989

ПРАКС, А. — ГАВЛИЧКОВА, Б. — ГЛУШЕК, Я. (Сельскохозяйственный институт, Брно): Прудовый седимент — индикатор качества грунтового покрова бассейна. Rostl. Výr., 36, 1990 (4) : 435-439.

V 1988 г. брали образцы прудового седимента из 3 опорожненных и реконструированных прудов в обширной местности Велкого Мезиржичья. Пруд Спалены вблизи Богдалова отличается преимущественно лесным бассейном, тогда как Далномлински там же и Шпиталски вблизи Кржижанова расположены в с/х бассейнах. Финальные лабораторные анализы их образцов показывают низкое качество седиментов лесных бассейнов. Также качество гумуса и запасы доступных пит. веществ в них хуже, чем по данным за 60-е годы. В седиментах определяли также содержание кадмия, свинца,

меди, марганца и цинка, их нормы глубоко ниже норм для калов, ввиду чего прудовой седимент можно окачествовать как пригодный для компостов материал. Здесь себя проявляют, по-видимому, изменения почвенного покрова бассейнов, вызванные преобразованием структуры земельного фонда в процессе интенсификации агропродовольствия.

грязь прудов; содержание гумуса; содержание питательных веществ; содержание кадмия, свинца, меди, марганца и цинка

PRAX, A. — HAVLÍČKOVÁ, B. — HLUŠEK, J. (University of Agriculture, Brno): *Pond sediments as indicators of the quality of watershed soil cover*. Rostl. Vyr., 36, 1990 (4) : 435-439.

In 1988 samples of pond sediments were taken from three drained and reconstructed ponds in the greater surroundings of Velké Meziříčí. The Spálený pond near Bohdalov represents a forest watershed, the Dolnomlýnský pond near Bohdalov and the Špitálský pond near Křižanov are situated in agricultural watersheds. Resultant laboratory analyses of the samples indicate the lower quality of forest watershed sediments. All analyses which were performed show the lower values of humus content and available nutrient reserve than those mentioned in literature in the sixties. The contents of cadmium, lead, copper, manganese and zinc were determined in these sediments which were considerably lower than the values given in standards for sludges; that is why the pond sediment can be evaluated as a suitable material for composts. All this represents changes in the watershed soil cover evoked by alterations of the land fund structure in the process of intensification of agricultural large-scale production.

pond mud; humus content; nutrient content; contents of cadmium, lead, copper, manganese and zinc

PRAX, A. — HAVLÍČKOVÁ, B. — HLUŠEK, J. (Landwirtschaftliche Hochschule, Brno): *Teichsediment als Indikator der Qualität der Bodendecke eines Einzugsgebiets*. Rostl. Vyr., 36, 1990 (4) : 435-439.

Im Jahr 1988 wurde eine Entnahme von Proben des Teichsediments aus drei abgelassenen und rekonstruierten Teichen in der weiteren Umgebung von Velké Meziříčí vorgenommen. Der Teich Spálený bei Bohdalov repräsentiert ein überwiegend bewaldetes Einzugsgebiet, während die Teiche Dolnomlýnský bei Bohdalov und Špitálský bei Křižanov in landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebieten situiert sind. Die Ergebnisse der Laboranalysen der entnommenen Proben dokumentieren eine niedrigere Qualität der Sedimente aus dem bewaldeten Einzugsgebiet. Sämtliche durchgeführten Analysen zeigten niedrigere Werte sowohl des Humusgehalts als auch der verfügbaren Nährstoffe, als in Publikationen aus den sechziger Jahren angeführt wird. In den Sedimenten wurde auch der Gehalt an Kadmium, Blei, Kupfer, Mangan und Zink bestimmt, wobei diese Werte tief unter den für Schlamm geführten Normen liegen, so daß das Teichsediment als ein in Komposte geeignetes Material bewertet werden kann. Vermutlich machen sich Veränderungen der Bodendecke des Einzugsgebiets, die auf Veränderungen der Struktur des Bodenfonds infolge intensiver landwirtschaftlicher Großproduktion zurückzuführen sind, deutlich.

Teichschlamm; Humusgehalt; Nährstoffgehalt; Kadmium-, Blei-, Kupfer-, Mangan- und Zinkgehalt

Adresa autorů:

Doc. ing. Alois Prax, CSc., ing. Božena Havlíčková, ing. Jaroslav Hlušek, CSc., Vysoká škola zemědělská, Zemědělská 1, 613 00 Brno

Redakční rada časopisu Rostlinná výroba ve spolupráci s Výzkumným ústavem lúk a pasienkov v Banské Bystrici připravuje vydání tematického čísla 5/1990 s názvem *Grassland (Travní porosty)* v angličtině.

Toto tematické číslo bylo koncipováno pro potřeby kongresu

13th General Meeting of European Grassland Federation

Kongres se bude konat s mezinárodní účastí ve dnech 25. až 29. června v Banské Bystrici na téma: *Soil — Grassland — Animal Relationships (Vztahy mezi půdou, loukami, pastvinami a zvířaty)*.

V uvedeném tematickém čísle budou uveřejněny tyto příspěvky:

Klímová P., Haken D., Kvítek T.: Evapotranspiration from grassland and its relation to the groundwater table (Evapotranspirace travního porostu a její vztah k úrovni hladiny podzemní vody)

Velich J., Mrkvička J., Bělohoubek A.: Nitrogen circulation in the grassland ecosystem treated with different fertilizer rates (Koloběh dusíku v lučním ekosystému při různé úrovni hnojení)

Havelka F., Šonka J.: Effectiveness of the retention function of meadow swards (Účinnost retenční funkce lučních drnů)

Rais I., Královec J., Kopta A.: Quality of surface waters in the pasture area (Kvalita povrchových vod v pastevním areálu)

Královec J., Fryček A., Toman K., Baláš J.: Changes in herbage output from grassland over twenty years (Změny v produkci píce travních porostů v průběhu dvaceti let)

Lesák J.: Productivity of grasslands in the Bohemian-Moravian Uplands (Produkční schopnost lučních a pastevních porostů Českomoravské vrchoviny)

Turek F., Kunc L.: Changes in some qualitative characteristics of pratocoenoses under different agroecological conditions at differentiated nutrition (Změny některých kvalitativních ukazovatelů pratorocenóz v odlišných agroekologických podmínkách při diferencované výživě)

Fiala J.: Effects of long-continued nitrogen fertilization on nutrient concentration in the soil and herbage of permanent grassland (Vliv dlouhodobého hnojení dusíkem na koncentraci živin v půdě a píci trvalého travního porostu)

Klímeš F.: Effectiveness of phosphorus in the nutrition of grasslands (Uplatnění fosforu ve výživě travních porostů)

Vahala Z.: Possibilities to use cattle slurry in grassland nutrition (Možnosti využití hovězí kejdy pro výživu travních porostů)

Hrazdira Z.: The effectiveness of no-tillage underplanting of clover crops in grassland stands (Efektivnost bezorebného přisevu jetelovin v lučních porostech)

Raděj J., Bukvaj M., Molcar V.: Grassland underseeding and renewal in the West Bohemian region (Přisevy a obnovy luk a pastvin v Západočeském kraji)

POZNÁMKY KE STANOVENÍ DUSIČANŮ V KRMIVECH A ČERSTVÉ ZELENINĚ IONTOVĚ SELEKTIVNÍ ELEKTRODOU

J. Nedoma

Dusičnanová iontově selektivní elektroda (ISE) je na trhu již více jak dvacet let. Ve srovnání se spektrofotometrií, která byla a stále ještě je používanou metodou pro stanovení dusičnanů, je čas potřebný k analýze dusičnanovou ISE kratší. Nepřekvapí tedy, že dusičnanové ISE je stále více dávána přednost při analýzách rostlinných materiálů.

Obecným předpokladem úspěšného stanovení dusičnanů je jejich rychlá, účinná a úplná extrakce z rostlinného materiálu. U některých prací je za takovou extrakci považováno vyluhování vodou (Danilova, 1963; Paul, Carison, 1968; Barker, 1974; Handbook ..., 1982). V jiných pracích jsou používány vyluhovací roztoky (Weiss, 1975; Hubáček, Bernatzik, 1976; Javorský, Krečmer, 1987). Příprava vzorků pro analýzu dusičnanovou elektrodou je obvykle jednoduchá. Upravený odvážený vzorek se vyloučí vodou nebo vyluhovacím roztokem.

Složení vyluhovacích roztoků je až na malé výjimky stejné. Zpravidla obsahují síran hlinitý a stříbrný, kyselinu amidosulfonovou a boritou. Existují postupy používající iontoměniče v Al- a Ag-cyklu (Paul, Carison, 1968) nebo amoniakální roztok síranu stříbrného (Materiály ...) či pevný oxid stříbrný (Weiss, 1975). Při použití iontoměničů se poukazuje na možnost zvýšení odporu membrány ISE a z toho důvodu se jejich používání nedoporučuje (Barker, 1974).

Nejednotný názor je na podmínky za jakých vzorek vyluhovat. Pracuje se buď při laboratorní teplotě (Barker, 1974; Hubáček, Bernatzik, 1976; Tvarůžek, 1979) nebo za teploty 80 až 90 °C (Javorský, Krečmer, 1987; Králová, 1988). Proti zvýšené teplotě jsou výhrady v tom, že extrakt je znečištěn interferujícími látkami (Danilova, 1963), takže jsou zjišťovány vyšší obsahy dusičnanů (Tvarůžek, 1979). Byly však publikovány práce i s opačným zjištěním (Králová, 1988). Ze stejného důvodu není doporučována dlouhá doba vyluhování. Dostačující je 4 až 15 min vyluhování na třepače či 30 min s občasným ručním protřepáváním (Barker, 1974; Hubáček, Bernatzik, 1976; Handbook ..., 1982; Nedoma, 1990).

Postup při stanovení dusičnanů v krmivech a zelenině měřením ISE, metodou kalibrační křivky, používaný v zemědělských laboratořích uvádějí Javorský, Krečmer (1987). U krmiv se navážka 1 g suchého příslušně upraveného vzorku vylouží do objemu 100 ml s 20 ml roztoku síranu stříbrného o $c_{Ag^+} = 0,016 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$. Vyluhuje se 2 h, z toho 5 min za horka. Po vychladnutí a úpravě objemu na 100 ml se kapalina přefiltruje. U čerstvé zeleniny se 10 g rozmixovaného vzorku vyluhuje za teploty 80 až 90 °C v 60 ml vyluhovacího roztoku, který obsahuje síran stříbrný o $c_{Ag^+} = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$. Vedle toho je ve vyluhovacím roztoku síran hlinitý v množství 20 g $\cdot \text{l}^{-1}$ a podle potřeby se přidává k odstranění dusitanů kyselina amidosulfová. Po filtraci, promytí a ochlazení se objem doplní vyluhovacím roztokem v odměrné baňce na 100 ml. Též se postupuje stejně jako u výluhu krmiv, ovšem při navážce 10 g čerstvého vzorku.

Při stanovení dusičnanů elektrodou je nutné odstraňovat rušivé látky, především chloridy. Převyšují-li více než desetinásobně látkové množství dusičnanů, jsou příčinou chybných výsledků. Chloridy se odstraňují stříbrnými ionty jako nerozpustný chlorid stříbrný.

U krmiv a zeleniny je na použité množství vzorku k dispozici vždy $3,2 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ stříbrných iontů. Toto látkové množství stříbrných iontů odstraní stejné množství chloridových iontů, což je 0,0113 g v navážce. U krmiv to je obsah chloridových iontů 1,1 % a u zeleniny 0,1 % ve vzorku. Bez odstranění chloridů však můžeme uspokojivě stanovit látkové množství dusičnanů desetkrát menší, tj. $3,2 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$. V navážkách krmiv i zeleniny to je cca 2 mg dusičnanových iontů,

což činí 0,2 % v krmivu, resp. 0,02 % v zelenině. Vyjádřeno jako KNO_3 je to pro krmiva obsah cca 0,3 % a pro zeleninu cca 0,03 % jako NaNO_3 .

U čerstvé zeleniny má tedy smysl odstraňovat popsaným postupem chloridy u vzorků s obsahem NaNO_3 nižším než 300 mg.kg⁻¹, pokud obsah chloridů v čerstvé hmotě není vyšší než 0,1 %, což je spíše výjimečné. Běžný obsah chloridových iontů v sušině bývá 0,2 až 2 % (Barker, 1974; Sucharová, 1983), což představuje 0,04 až 0,4 % v čerstvé hmotě. U krmiv platí pro obsahy dusičnanů a chloridů desetkrát vyšší hodnoty, tj. 3 g KNO_3 a 1,1 % chloridů.

Ukazuje se tudíž účelné a ekonomické zjišťovat obsah chloridů ve vodním výluhu krmiv a zeleniny před stanovením dusičnanů. Můžeme k tomu použít buď chloridovou ISE anebo chloridy stanovit merkurimetricky s výhodou tzv. nenáročným postupem (Nedoma, nepubl.). Na základě zjištěného obsahu chloridů pak rozhodneme, podle účelu analýzy, resp. podle analyzovaného vzorku, zda má smysl chloridy odstraňovat. To je možné učinit přidávkou pevného síranu stříbrného, prostého dusičnanu (Nedoma, 1985, 1990).

Pokud budeme zjišťovat, zda je či není překročena povolená hranice (Směrnice ..., 1978) dusičnanu sodného v zelenině, nemá obecně smysl citovaným postupem chloridy odstraňovat u zeleniny s povoleným obsahem 300 mg.kg⁻¹ a vyšším.

V případě krmiv je situace podobná. Hranicí, kdy je krmivo považováno za zcela nezávadné, je obsah 0,3 % KNO_3 . Z praxe je však známo, že přes 50 % analyzovaných krmiv vykazuje obsahy KNO_3 vyšší. Obsahy chloridů vyšší než 2,2 % přidávek 20 ml roztoku síranu stříbrného nesnižují tak, aby neinterferovaly při obsahu dusičnanu draselného 0,3 % a nižším. Obsah zbylých chloridových iontů by v tomto případě stále více než desetkrát převyšoval obsah dusičnanů.

Při znalosti obsahu chloridů, zvláště při jejich vysokých hodnotách, se nabízí možnost využít toho pro korekci obsahu dusičnanů, určeného měřením ISE.

Existují práce, které poukazují na to, že při extrakci čerstvého i suchého rostlinného materiálu roztoky síranů byly získány výsledky nižší s malou chybou u čerstvého a velkou chybou u suchého materiálu (Králová, 1988). Podle jiných autorů však nebyly nalezeny mezi suchým a čerstvým materiálem rozdíly (Tvárůžek, 1979).

Bylo též zjištěno, že vyšší koncentrace síranů snižují životnost a omezují citlivost dusičnanové elektrody (Weiss, 1975; Králová, 1988). Je tedy používání vyluhovacích roztoků (jde prakticky o sírany) problematické.

Při měření dusičnanovou elektrodou je též důležité, aby hodnota pH byla konstantní (Weiss, 1975). To můžeme zajistit, použijeme-li k úpravě iontové síly roztok dihydrogenfosforečnanu sodného, jímž se současně upravuje pH (Nedoma, 1985).

Ačkoliv je dusičnanová elektroda rutinně používána v mnoha laboratořích, získat spolehlivé výsledky nebývá vždy jednoduché. Diskutovaný problém je toho důkazem. Jednou z mnoha výhod ISE je různorodost analytických technik, které jsou k dispozici (Veselý a kol., 1979; Koryta, Štulík, 1984). Problematika interferencí se může stát méně významná při stanovení dusičnanů jinou technikou, než je metoda kalibrační křivky.

Literatura

- DANILOVA, N. S.: Opredelenije nitratov v rastitel'nom materiale. Fiziol. Rast., 10, 1963, s. 497.
- PAUL, J. L. — CARISON, R. M.: Nitrate determination in plant extracts by the nitrate electrode. J. agric. Fd Chem., 16, 1968, s. 766.
- Handbook of Electrode Technology. Orion Research Incorporated, Cambridge (USA) 1982.
- BARKER, A. V.: Nitrate determinations in soil, water and plants. Massachusetts Agricultural Experiment Station Bul., 1974, č. 611.
- HUBÁČEK, J. — BERNATZIK, K.: Hodnocení některých metod stanovení dusičnanového dusíku v rostlinném materiálu. Chem. Listy, 70, 1976, s. 513.
- WEISS, D.: Příspěvek ke stanovení dusičnanů ve vodách iontově selektivní elektrodou. Chem. Listy, 69, 1975, s. 202.
- JAVORSKÝ, P. — KREČMER, F.: Chemické rozborý v zemědělských laboratořích. II. díl, 2. část. Výstavnictví MZVŽ ČSR, České Budějovice, 1987.

Nitrate in Vegetable Products. Materiály firmy Radiometer, DK.
 TVARŮŽEK, P.: Potenciometrické stanovení dusitanů a dusičnanů v rostlinném materiálu. Krmivářství, 15, 1979, s. 212.
 KRÁLOVÁ, M.: Stanovení dusičnanů v čerstvém a suchém rostlinném materiálu. Rostl. Výr., 34, 1988, č. 5, s. 541-546.
 NEDOMA, J.: Stanovení hodnoty pH a obsahu draselných, dusičnanových a amoniakových iontů v jednom podílu vzorku přímou potenciometrií. Agrochémia (Bratislava), 1990 (v tisku).
 SUCHAROVÁ, J.: Stanovení NO_3^- v rostlinném materiálu dusičnanovou iontově selektivní elektrodou čs. výroby. Rostl. Výr., 29, 1983, č. 9, s. 951-955.
 NEDOMA, J.: Dynamika dusičnanů ve vodách vybraných studánek a drenáží v Jihlavě a okolí s přihlédnutím ke hnojení průmyslovými hnojivy. [Závěrečná zpráva.] Brno, VŠZ 1985.
 Směrnice ministerstva zdravotnictví ČSR — hlavního hygienika ČSR, č. 50/1978 Sb. ve smyslu dalších hygienických předpisů a doplňků.
 VESELÝ, J. — WEISS, D. — ŠTULÍK, K.: Analýza iontově selektivními elektrodami. Praha, SNTL 1979.
 KORYTA, J. — ŠTULÍK, K.: Iontově selektivní elektrody. Praha, Academia 1984.

Došlo dne 15. 5. 1989

Заметки по определению нитратов в кормах и свежих овощах с помощью ионно-селективного электрода

Такому определению мешают прежде всего хлориды. Обсуждаются условия, в которых целесообразно хлориды устранять.

нитраты; ионно-селективный электрод (ISE); растительные ткани; выщелачивание; ионы хлоридов; интерверентность

Conditions of nitrate determination in feeds and fresh vegetables by an ion selective electrode

Nitrate determination by an ion selective electrode in extracts of plant materials is interfered first of all by chlorides. Those conditions are discussed when it is reasonable to eliminate chlorides.

nitrate; ion selective electrode (ISE); plant tissues; extraction; chloride ions; interference

Anmerkungen zur Bestimmung von Nitraten in Futtermitteln und frischem Gemüse mittels ionenselektiver Elektrode

Die Bestimmung von Nitraten mittels ionenselektiver Elektrode in Extrakten aus pflanzlichen Materialien wird vor allem durch Chloride gestört. Es werden Bedingungen diskutiert, unter denen es Sinn hat, Chloride zu entfernen.

Nitrate; ionenselektive Elektrode (ISE); pflanzliche Gewebe; Extrakte; Chloridionen; Interferenz

*Ing. Josef Nedoma, CSc., Vysoká škola zemědělská, Tolstého 16,
 586 01 Jihlava*

Časopis uveřejňuje původní vědecké práce, krátká sdělení a přehledné referáty, tzn. práce, jejichž podkladem je studium literatury a které shrnují nejnovější poznatky a současný stav v dané oblasti.

Autor je plně odpovědný za původnost práce a za její věcnou i formální správnost. K práci musí být připojen souhlas vedoucího pracoviště s publikací článku a prohlášení autora o tom, že práce nebyla publikována jinde.

Jednotlivé práce nemají přesahovat rozsah 12 stran psaných na stroji včetně tabulek, obrázků a grafů. V práci je nutné používat jednotky odpovídající soustavě měrových jednotek SI (ČSN 01 1300).

Technická úprava rukopisu

Úprava rukopisu má odpovídat státní normě ČSN 88 0220 (formát A4, 30 řádek na stránku, 60 úhozů na řádek, mezi řádky dvojité mezery). Ilustrace, grafy, tabulky a fotografie se dodávají zvlášť, nepodlepují se. Na zadní straně se vyznačují tužkou pořadové číslo obrázků nebo grafů a napíše se jméno autora článku. Texty k obrázkům a grafům se dodávají na zvláštním listě, umístění se označuje na levém okraji příslušné strany rukopisu číslicí v kroužku. Tabulky se číslují zvlášť římskými číslicemi.

Vlastní úprava práce

Název práce (titul) nemá přesahovat 85 úhozů. Jména autorů se uvádějí bez titulů s počátečním písmenem jména.

Souhrn — Vypracování souhrnu je nutné věnovat obzvláštní péči. Autor do něho má shrnout vše, co je na jeho práci pozoruhodné a nové a co má být dokumentováno. Souhrn má být nekritickým informačním výběrem významného obsahu a závěru článku, nikoliv však jeho pouhým popisem. Musí vyjádřit všechno podstatné, co je obsaženo ve vědecké práci, nemá ji však nahradit. Nesmí překročit rozsah 170 slov. Je třeba, aby byl psán celými větami a ne telegrafickým způsobem. Souhrn začíná jménem autorů, adresou pracoviště, titulem článku a citací časopisu.

Klíčová slova (Key words, index terms) — Připojují se po vynechání řádku pod souhrn. Klíčovým slovem rozumíme substantivum, které je nutné pro věcné zařazení předložené práce. Klíčová slova se řadí směrem od obecnějších výrazů ke konkrétním. Začínají malým písmenem a oddělují se středníkem. Jejich počet závisí na povaze práce a neměl by klesnout pod tři a převýšit dvanáct slov.

Úvod — Má obsahovat hlavní důvody, proč byla práce uskutečněna a velmi stručnou formou stav studované otázky. Je nutno se v něm vyhnout rozsáhlým historickým přehledům. Uvádí se bez nadpisu, je možné v něm uvést k práci se vztahující autory, přičemž se doporučuje co nejmenší počet autorů.

Materiál a metoda — Metody se popisují pouze tehdy, jsou-li původní, jinak postačuje citovat autora metod a uvádět jen případné odchylky. Je v nich popsán pokusný materiál. Popis metody by měl umožnit, aby kdokoli z odborníků mohl podle něho a při použití uvedených citací práci opakovat.

Výsledky — Doporučuje se nepoužívat k vyjádření kvantitativních stavů tabulek a dát přednost grafům, anebo tabulky shrnout v statistickém hodnocení naměřených hodnot. Tato část by neměla obsahovat teoretické závěry ani dedukce, ale pouze faktické nálezy.

Diskuse — Obsahuje zhodnocení práce, diskutuje se o možných nedostacích a práce se konfrontuje s výsledky dříve publikovanými (požaduje se ocitovat jen ty autory, kteří mají k publikované práci bližší vztah), pokud mají souvislost nebo jsou s předloženou prací nějak srovnatelné.

Literatura — Musí odpovídat státní normě ČSN 01 0197, tj. citace seřadit abecedně podle jména prvních autorů; příjmení (verzálkami); zkratka jména (dvojtečka); plný název práce (tečka); úřední zkratka časopisu, ročník, rok vydání, číslo, první stránka — poslední stránka (před číslo se uvádí zkratka č. a před první stránku s.); u knih je uvedeno místo vydání, vydavatel a rok. Odkazy na literaturu v textu jsou uvedeny jménem autora (čárka) a rokem vydání. Do seznamu se zařadí jen práce citované v textu.

Pokud autor používá v práci zkratk jakéhokoliv druhu, je nutné je vysvětlit, aby se předešlo omylům při překladech. V názvu práce a v souhrnu je lépe zkratky nepoužívat.

Na zvláštním listě uvede autor plné jméno (i u spoluautorů), akademické, vědecké a pedagogické tituly a podrobnou adresu pracoviště s PSČ.

NABÍDKA VYUŽÍVÁNÍ INFORMAČNÍ DATABÁZE

J. Cibulka, P. Mader

Popis obsahu databáze: Databáze obsahuje, shromažďuje a třídí údaje ve formě dostupných publikovaných prací (časopisy, konference atd.) z celého světa, týkající se toxicity olova, kadmia, rtuti a dalších rizikových prvků (Zn, Se, As, Co, Cu, Fe), které jsou dnes aktuální při studiu kontaminace biosféry. Součástí databáze jsou i práce, které se zabývají metodickými problémy stanovení těchto prvků v různých typech vzorků, včetně jejich přípravy. V roce 1988 měla databáze registrováno celkem 6000 vědeckých publikací k uvedenému tématu.

Organizace databáze: Celá knihovna je založena na využití osobního počítače typu IBM PC/AT a programového vybavení dBASE III+. Do paměti počítače jsou vkládány podobné údaje o konkrétních vědeckých publikacích formou klíčových slov. Systém klíčových slov byl vytvořen podle dlouholetých zkušeností ve výzkumu toxicity těžkých kovů. Vytvořená databáze poskytuje zákazníkovi úplné citace prací, jejichž téma je zadáno libovolnou kombinací klíčových slov. V současné době má knihovna dvě části: *Physilib* (cca 5000 citací) je zaměřený na patofyziologické účinky rizikových prvků a ekologické aspekty a *Analib* (cca 1000 citací) je zaměřený na chemickoanalytické problémy stanovení rizikových prvků v biologických a ekologických materiálech. Popis klíčových slov obou částí je uveden níže.

Zásadní výhody nabízeného systému:

- a) libovolná kombinace a možnost výběru z velkého počtu klíčových slov (cca 150);
- b) počítačem vybrané práce jsou v plném znění ihned k dispozici na pracovišti podle jejich archivních čísel;
- c) je možno pořídit xerokopie vybraných prací;
- d) třídění prací a jejich získávání je dlouhodobě prováděno vědeckými pracovníky a nikoliv bibliografy;
- e) do knihovny se zařazují nejnovější práce tak, jak je získáváme korespondencí s autory ihned po publikaci jejich článků, případně xerokopii těchto prací;
- f) v obou svých částech poskytuje knihovna velmi detailní údaje, které nejsou běžnými terminály v oficiálních databankách dostupné.

Popis klíčových slov: Jejich úplný seznam je uveden v příloze. Klíčové slovo uvedené za pomlčkou některých klíčových slov dále upřesňuje význam hlavního slova. Klíčovými slovy, kromě slov uvedených v seznamu, jsou archivní čísla separátů, jména autorů práce a rok publikace. Výběry se tak dají omezit na jednoho autora či určité časové rozmezí. Klíčová slova určená k výběru se pak spojují operátory *and*, nebo *or*, a dalšími, čímž se výběr specifikuje podle přání uživatele.

Příklad:

1. Pb.and.(Cd.or.Hg).and.KALY-PRUM.and.KALY-HNOJ.and.metoda-tlak.and.metoda-AAS.and./usa.or.cs/for.1988

Počítač vybere práce publikované v roce 1988 a týkající se obsahu olova a kadmia nebo rtuti v průmyslových čistírenských kalech použitých k hnojení půdy v USA nebo v Československu, přičemž analýzy byly prováděny s využitím tlakového rozkladu a atomové absorpce.

2. Pb.and.savci-skot.and.krev.and.metoda-dig.and.(metoda-AAS.or.metoda-elek)

Počítač vybere práce zabývající se problematikou obsahu olova v krvi skotu, kdy se vzorek krve rozložil za zvýšeného tlaku a měření bylo provedeno metodou AAS nebo elektrochemicky.

Vzájemné kombinace klíčových slov umožňují selektovat práce s tematikou, která není žádným z existujících klíčových slov přímo podchycena (viz seznam klíčových slov).

Předmět nabídky:

- a) zpracování výběru podle zadané kombinace klíčových slov nebo podle popisu problematiky řešené zákazníkem;
- b) poskytnutí úplných citací vybraných prací;
- c) poskytnutí výpisu klíčových slov k jednotlivým pracím pro detailnější informaci o publikaci;
- d) poskytnutí prací k prezenčnímu studiu na VŠZ;
- e) odprodej xerokopii požadovaných prací;
- f) odprodej specifikovaných výběrů na dodané disketě;
- g) v případě f) postupné doplňování a další rozšiřování již odprodaného výběru.

Základní plnění nabídky představují body a), b). Další body jsou podle přání zákazníka. Cena nabízených služeb včetně termínu jejich poskytnutí jsou předmětem dohody mezi oběma stranami, vzhledem k tomu, že jde o úzce zaměřenou,

PHYSILIB — struktura klíčových slov

- 1) Všechna klíčová slova uvedená pod bodem 2) se budou třídit podle klíčových slov:

PB, CD, HG, SB, AS, BA, BE, B, BR, CS, CR, SN, AL, MG, CO, LI, MN, CU, MO, NI, PT, SE, SC, AG, SR, T, TI, V, BI, W, FE, ZN, ZR, AU

2) VZDUCH	POPILKY	SAVCI	VYKALY
VZDUCH-PRIR	POPILKY-OSTA	SAVCI-KUN	
VZDUCH-KONT		SAVCI-SKOT	SLINY
VZDUCH-AERO	RYBY	SAVCI-OVCE	
	RYBY-MORS	SAVCI-PRASE	METABOLITY
PUDA		SAVCI-KOZES	
PUDA-PRIR		SAVCI-KOZA	KARCINOGENITA
PUDA-KONT		SAVCI-KRYSA	KARCINOGENITA-MUTAG
PUDA-SORP		SAVCI-MYS	
PUDA-HNOJ	RYBY-SLAD	SAVCI-KRAL	DISTRIBUCE
		SAVCI-OSTA	
VODA			KOMPOSTY
VODA-MORS		CLOVEK	
VODA-SLAD			POTR.RETEZCE
VODA-SRAZ		REPRODUKCE	
VODA-ODPA		REPRODUKCE-PYL	NORMY
VODA-KONT		REPRODUKCE-ZIKRY	
		REPRODUKCE-POTER	HYGIENA
KRMIVA		REPRODUKCE-VEJCE	HYGIENA-KOUR
KRMIVA-ROST		REPRODUKCE-SPER	
KRMIVA-ZIVO		REPRODUKCE-VAJ	ZIV.PROSTREDI
		REPRODUKCE-EMBR	
KALY		REPRODUKCE-OSTA	INTERAKCE
KALY-PRUM		REPRODUKCE-LAKT	INTERAKCE-PB
KALY-MEST			INTERAKCE-CD
KALY-DUMP		SEX.DIFERENCE	INTERAKCE-HG
KALY-SPAL			INTERAKCE-ostatní
KALY-HNOJ		TERAPIE	uvedené přívky
KALY-ZKRM			
KALY-OSTA		RESORPCE	DOPRAVA-PB

POTRAVINY		ENZYMY	BROKY
POTRAVINY-MASO		TKANE	VZORKOVANI
POTRAVINY-ORGAN		TKANE-KREV	
POTRAVINY-ZEL		TKANE-JATRA	METODA
POTRAVINY-MLEKO		TKANE-LEDVINY	METODA-SPAL
POTRAVINY-VEJCE		TKANE-SVAL	METODA-DIG
POTRAVINY-MED		TKANE-OBEH	METODA-TLAK
POTRAVINY-VINO		TKANE-VARLE	METODA-OSTA
POTRAVINY-CIS		TKANE-VAJECNIK	METODA-AAS
POTRAVINY-OVOCE		TKANE-DELOHA	METODA-ELEK
POTRAVINY-KONZ		TKANE-KUZE	
POTRAVINY-NAPOJ		TKANE-PANKREAS	MONITORING
POTRAVINY-OSTA		TKANE-MOZEK	
		TKANE-SLEZINA	EXPER.INTOXIKACE
ROSTLINY		TKANE-ZLAZY	
ROSTLINY-STROM		TKANE-ZALUDEK	METALOTHIONEIN
ROSTLINY-PIC		TKANE-STREVO	
ROSTLINY-OBILI		TKANE-PLICE	MONOGRAFIE
ROSTLINY-ZEL		TKANE-ZABRY	
ROSTLINY-OSTA		TKANE-ZRAK	HISTOLOGIE
		TKANE-TUK	
PRVOCI		TKANE-KOST	ESENCIALITA
		TKANE-ZUBY	
		TKAN.KULTURY	
BAKTERIE	CERVI	NERVY	PROGNOZA
	CERVI-PARAS	NERVY-CHOV	
RASY			HUMKYS
	PTACI	PERI	
PLISNE	PTACI-SLEP		STRES
	PTACI-KACH	SRST	
KVASNICE	PTACI-HUSA	SRST-VLASY	STATISTIKA
	PTACI-KROC		
ZIZALY	PTACI-PERL	MOC	ANALYTIKA
	PTACI-KREP		
KORYSI	PTACI-OSTA	ZLUC	REZISTENCE
MEKKYSI	OBOJZIVELNICI	NEHTY	PROFEX
			(profesionální expozice)
HMYZ		POT	

velmi specializovanou knihovnu, která může poskytovat speciální služby a byla vytvořena v dlouhodobém procesu vlastního výzkumu.

Celý systém vybudování výše popsané separátové knihovny je předmětem přijatého zlepšovacího návrhu 2/88, jehož správcem je Vysoká škola zemědělská v Praze. Podrobnější informace je možno získat na níže uvedené adrese.

MATERIAL
plant
alga
plant-other
root
leaf
fruit
seed
wood
anim
anim-other
muscle
anim-water
blood
bone
hair
kidney
liver
mat-other
food
feed
water
sludge
fish
RM
RM-anim
RM-plant
RM-other

MISCELANEOUS
norm
theory
interference
chemometry
trace-lab

trace-anal
review
physiology
mathematics
prognosis

DECOMPOSITION
decomp
dry-ash
wet-ash
pressure-ash
decomp-other
decomp-none

MEASUREMENT
elchem
ASV
CSV
strip-poten
DCP
DPP
ACP
Hg-film
elchem-other
AAS
ETA
flame
matrix-modifier
hydride
cold-vapor
platform
Zeeman
BC-ON
BC-ONLY
ICP

OES-other
UV-VIS
NAA
meas-other

ELEMENT
As
Cd
Cr
Cu
Hg
Pb
Se
Zn
element-other

TREATMENT
sampling
extraction
fractionation
speciation
compl-format
ligand-other
amino-acid
humic-acid
fulvic-acid
postmortal-changes
metallothionein
chromatography
HPLC
eldepos
interaction
radiochem
microorg

RM = reference material
elchem = electrochemistry
ASV = anodic stripping voltammetry
CSV = cathodic stripping voltammetry
strip-poten = stripping potentiometry
DCP = direct current polarography

DPP = differential pulse polarography
ACP = alternating current polarography
BC = background correction
NAA = neutron activation analysis
compleformat = complex formation
eldepos = electrodeposition

Používané zkratky států

Alžír — DZ
Argentina — RA
Arabský Emirat — UAE
Australie — AUS
Bangladéš — BA
Belgie — B
Brazílie — BR
Bulharsko — BG
Costa Rica — CR
Cuba — CU
Československo — CS
Čína — TJ
Dánsko — DK
Egypt — EG
Finsko — SF
Francie — F
Holandsko — NL
Hong Kong — HK
Chile — RCH
Indie — IND
Irák — IRQ

Irsko — IRL
Island — IS
Israel — IL
Itálie — I
Japonsko — JAP
Jižní Afrika — JA
Jordánsko — JOR
Jugoslávie — YU
Kanada — CDN
Kenja — KEN
Kolumbie — CO
Kuvajt — KW
Kypr — CY
Maďarsko — H
Maroko — MA
Mexiko — MEX
Monako — MON
NDR — DDR
Nigérie — WAN
Norsko — N
Nový Zéland — NZ

NSR — DK
Polsko — PL
Portugalsko — PO
Puerto Rico — PR
Rakousko — A
Recko — GR
Rumunsko — RO
Saúdská Arábie — SA
Singapur — SNG
Sovětský Svaz — SU
Srí Lanka — SL
Španělsko — SPA
Švédsko — S
Svycarsko — CH
Tajvan — TWA
Tasmánie — TAS
Turecko — TR
Uruguay — U
USA — USA
Velká Británie — GB
Venezuela — VZ

Doc. ing. Jiří Cibulka, DrSc., (Physilib), RNDr. Pavel Mader, CSc., (Analib), katedra fyziologie a zoologie hospodářských zvířat, Vysoká škola zemědělská, 165 21 Praha 6 - Suchbát, tel. 323641-9, 342341-5, l. 602, 618

Звара П., Ярошик Я., Стрнад В.: Влияние искусственного кислого дождя на образование биомассы яровой пшеницы и изменения химизма почвы	410
Стрнад В., Золотарева Б. Н., Лисовский А. Е.: Влияние содержания свинца, кадмия и меди в почве на их кумуляцию и урожаи полевых культур	416
Мондшпигел К.: Аккумуляция кадмия в бобе конском (<i>Vicia faba</i> L.) и его влияние на биомассу и рост растений	423
Бенеш С., Бенешова Я.: Геохимия почв, возникших на лессовых породах	433
Пракс А., Гавличкова Б., Глушек Я.: Прудовый седимент — индикатор качества грунтового покрова бассейна	438
Недома Й.: Заметки по определению нитратов в кормах и свежих овощах с помощью ионно-селективного электрода	443

CONTENTS — Contaminants in crop production

Facek Z.: Contaminants and the environment	343
Hajšlová J., Jehličková Z., Davídek J.: Variations of aryloxophenoxypropionate residues in treated plants	353
Míča B., Vokál B.: Changes in total and nitrate nitrogen contents in potato varieties and at different fertilizing	365
Petříková V.: Occurrence of pollutants in the atmosphere and heavy metal contents in agricultural crops	378
Adamec V., Sáňka M.: A share of atmospheric deposition in the heavy metal contamination of plant products	385
Uhnák J., Rippel A.: Element contents in vegetables grown in the surroundings of a nickel works	393
Kulich J.: Phytotoxic effects of arsenic in a synergistic system with sulphur	404
Zvára P., Jarošík J., Strnad V.: The effects of artificial acid rain on the production of spring wheat biomass and on changes in soil chemistry	410
Strnad V., Zolotareva B. N., Lisovskij A. J.: The effects of lead, cadmium and copper contents in the soil on their accumulation and on farm crop yields	417
Mondspiegel K.: Cadmium accumulation in horse bean (<i>Vicia faba</i> L.) plants and its effects on plant biomass and growth	423
Beneš S., Benešová J.: Geochemistry of soils which originated on loess sheets	434
Prax A., Havličková B., Hlušek J.: Pond sediments as indicators of the quality of watershed soil cover	439
Nedoma J.: Conditions of nitrate determination in feeds and fresh vegetables by an ion selective electrode	443

INHALT — Fremdartige Stoffe in der Pflanzenproduktion

Facek Z.: Eindringen fremdartiger Substanzen in die Umwelt	344
Hajšlová J., Jehličková Z., Davídek J.: Dynamik von Aryloxophenoxypropionatresiduen in behandelten Pflanzen	353
Míča B., Vokál B.: Veränderungen des Gesamt- und Nitratstickstoffgehalts bei verschiedenen Kartoffelsorten und unterschiedlicher Düngung	366
Petříková V.: Vorkommen von Immissionen in der Atmosphäre und Schwermetallgehalt in landwirtschaftlichen Kulturen	378
Adamec V., Sáňka M.: Anteil atmosphärischer Deposition auf die Kontamination der Pflanzenproduktion durch Schwermetalle	385
Uhnák J., Rippel A.: Metallgehalt von in der Nähe eines Nickelproduktionsbetriebs angebautem Gemüse	394
Kulich J.: Phytotoxischer Einfluß von Arsen in synergischem System mit Schwefel	405
Zvára P., Jarošík J., Strnad V.: Einfluß künstlichen sauren Regens auf die Bildung von Biomasse bei Sommerweizen und auf Veränderungen des Bodenchemismus	410

Strnad V., Zolotareva B. N., Lisovskij A. J.: Einfluß von Blei-, Kadmium- und Kupfergehalt im Boden auf deren Kumulation und auf den Ertrag der Feldfrüchte	417
Mondspiegel K.: Kadmiumakkumulation in der Ackerbohne (<i>Vicia faba</i> L.) und ihr Einfluß auf die Biomasse und das Wachstum der Pflanzen	423
Beneš S., Benešová J.: Geochemie der auf Lößdecke entstandenen Böden	434
Prax A., Havlíčková B., Hlušek J.: Teichsediment als Indikator der Qualität der Bodendecke eines Einzugsgebiets	439
Nedoma J.: Anmerkungen zur Bestimmung von Nitraten in Futtermitteln und frischem Gemüse mittels ionenselektiver Elektrode	443

Rukopisy odevzdány k tisku 8. 12. 1989, podepsáno k tisku 16. 3. 1990

Vědecký časopis ROSTLINNÁ VÝROBA • Vydává Československá akademie zemědělská — Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství • Vychází měsíčně • Redaktorka RNDr. Eva Stříbrná • Redakce: 120 56 Praha 2, Slezská 7, telefon 257541 • Vytiskl MÍR, novinářské závody, sdr. p., závod 6, tř. Lidových milicí 22, 120 00 Praha 2 • © Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Praha 1990

Rozšiřuje PNS. Informace o předplatném podá a objednávky přijímá každá administrace PNS, pošta, doručovatel a PNS-ÚED Praha, ACT, Kafkova 19, 160 00 Praha 6; PNS-ÚED Praha, závod 02, Obránců míru 2, 656 07 Brno; PNS-ÚED Praha, závod 03, Gottwaldova tř. 206, 709 90 Ostrava 9. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS — ústřední expedice a dovoz tisku Praha, administrace vývozu tisku, Kovpakova 26, 160 00 Praha 6.