



ÚZPI

ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH INFORMACÍ

ROSTLINNÁ VÝROBA

Plant Production

ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD

2

VOLUME 42 (LXIX)
PRAHA
ÚNOR 1996
CS ISSN 0370-663X

Mezinárodní vědecký časopis vydávaný z pověření České akademie zemědělských věd a s podporou Ministerstva zemědělství České republiky

An international journal published by the Czech Academy of Agricultural Sciences and with the promotion of the Ministry of Agriculture of the Czech Republic

Redakční rada – Editorial Board

Předseda – Chairman

Doc. Ing. Josef Šimon, CSc. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně, ČR)

Členové – Members

- Doc. Ing. Pavol Bajči, CSc. (Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra, SR)
 Prof. Dr. Márta Birkás (Agrártudományi Egyetem, Gödöllő, Hungária)
 Doc. Ing. Jozef Ciglar, CSc. (Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra, SR)
 Ing. Helena Donátová, CSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)
 Prof. Ing. Václav Fric, DrSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)
 Ing. Norbert Gáborčík, CSc. (Výzkumný ústav travných porostů a horského poľnohospodárstva, Banská Bystrica, SR)
 Ing. Bohdan Juráni, CSc. (Univerzita Komenského, Bratislava, SR)
 Prof. Dr. Günter Kahnt (Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, Stuttgart, BRD)
 Prof. Ing. Josef Kozák, DrSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)
 Ing. Ladislav Lorenčík, DrSc. (Oblastný výskumný ústav agroekológie, Michalovce, SR)
 Prof. Ing. Lubomír Minx, DrSc. (Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, ČR)
 Ing. Timotej Mištin, CSc. (Výzkumný ústav rastlinnej výroby, Piešťany, SR)
 Dr. Peter Newbould (The Macaulay Land Use Research Institute, Aberdeen, Scotland, UK)
 Ir. Cees van Ouwelkerk (Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren Gm, Nederland)
 Ing. Jaromír Procházka, CSc. (Výzkumný ústav pícninářský, Troubsko u Brna, ČR)
 Prof. Ing. Stanislav Procházka, DrSc. (Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, ČR)
 Doc. Ing. Vlastimil Rasocha, CSc. (Výzkumný ústav bramborářský, Havlíčkův Brod, ČR)
 Prof. Dr. Heinrich W. Scherer (Agrikulturchemisches Institut der Rheinischen Friedrich Wilhelms-Universität, Bonn, BRD)
 Doc. Ing. Ladislav Slavík, DrSc. (Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, ČR)
 Doc. Ing. Miron Suškevič, DrSc. (Odborné poradenství a konzultace, Troubsko u Brna, ČR)
 Prof. Ing. Václav Vaněk, CSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)
 Ing. Marie Váňová, CSc. (Zemědělský výzkumný ústav, Kroměříž, ČR)
 Prof. Ing. Karel Voříšek, CSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)
 Doc. Ing. František Vrkoč, DrSc. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně, ČR)
 Prof. Dr. hab. Kazimiera Zawislak (Akademia Rolniczo-Techniczna, Olsztyn, Polska)

Vedoucí redaktorka – Editor-in-Chief

RNDr. Eva Stříbrná

Cíl a odborná náplň: Časopis publikuje původní vědecké práce, výsledky výzkumu a studie z oborů rostlinná výroba, půdoznalství, meliorace a z navazujících disciplín.

Časopis je citován v bibliografickém časopise Current Contents – Agriculture, Biology and Environmental Sciences. Abstrakty z časopisu jsou zahrnuty v těchto databázích: Agricola, Agris, CAB Abstracts, Current Contents on Diskette – Agriculture, Biology and Environmental Sciences, Czech Agricultural Bibliography, Toxline Plus, WLAS.

Periodicita: Časopis vychází měsíčně (12x ročně), ročník 42 vychází v roce 1996.

Přijímání rukopisů: Rukopisy ve dvou vyhotoveních je třeba zaslat na adresu redakce: RNDr. Eva Stříbrná, vedoucí redaktorka, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/25 25 41, fax: 02/25 70 90, e-mail: braun@uzpi.agrec.cz. Den doručení rukopisu do redakce je publikován jako datum přijetí k publikaci.

Informace o předplatném: Objednávky na předplatné jsou přijímány pouze na celý rok (leden–prosinec) a měly by být zasílány na adresu: Ústav zemědělských a potravinářských informací, vydavatelské oddělení, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Cena předplatného pro rok 1996 je 588 Kč.

Aims and scope: The journal publishes scientific papers, results of research and studies of the branches plant production, pedology, amelioration and related disciplines.

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

Periodicity: The journal is published monthly (12 issues per year), Volume 42 appearing in 1996.

Acceptance of manuscripts: Two copies of manuscript should be addressed to: RNDr. Eva Stříbrná, editor-in-chief, Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/25 25 41, fax: 02/25 70 90, e-mail: braun@uzpi.agrec.cz. The day the manuscript reaches the editor for the first time is given upon publication as the date of reception.

Subscription information: Subscription orders can be entered only by calendar year (January–December) and should be sent to: Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Subscription price for 1996 is 148 USD (Europe), 154 USD (overseas).

NÁVRH LIMITŮ KONTAMINACE PŮD PERZISTENTNÍMI ORGANICKÝMI XENOBIOTICKÝMI LÁTKAMI PRO ČR

PROPOSAL OF SOIL CONTAMINATION LIMITS FOR PERSISTENT ORGANIC XENOBIOTIC SUBSTANCES IN THE CZECH REPUBLIC

J. Němeček¹, E. Podlešáková², M. Pastuszková²

¹*Czech University of Agriculture, Praha, Czech Republic*

²*Research Institute for Soil and Water Conservation, Praha, Czech Republic*

ABSTRACT: The data about the persistent organic substances (Dutch list), from 560 soil samples (ploughing horizons) have been evaluated. They include mono- and polyaromatic hydrocarbons, chlorinated hydrocarbons (PCB, HCB, DDT and metabolites), styren and oil products. The data have been statistically processed (after elimination of samples from Praha and fluvisols) within two sets: soils from both anthropogenically affected and immission-free regions (491 samples), soils from immission-free regions of Šumava Mountains and Czech-Moravian Highlands (96 samples), (Tab. I). The upper level of variability of the content of single compounds has been assessed, based on some procedures ($GM.GD^2$, empiric percentiles and percentiles derived from the log-normal distribution). This reference value derived from the evaluation of the above mentioned two sets is taken for the regional contamination limit, the anthropogenically diffuse background concentration for the Czech Republic (Tab. II). The exceeding of this reference value indicates the increased inputs in soils. The concept of our approach is approved by the gained results as compared with the similar reference values of German authors (Tab. III). They have no ecotoxicological relevance. Our contamination limits differ both from the old and new Dutch standards, supported by ecotoxicological research.

persistent organic xenobiotic substances; Dutch list; soil contamination; limit values

ABSTRAKT: Vyhodnocením údajů 560 půdních vzorků odebraných ze zemědělsky využívaných půd ČR, ve kterých byly stanoveny organické xenobiotické látky holandského seznamu, byly odvozeny limity kontaminace. Vyjadřují svrchní hranici pozadových hodnot, stanovených na základě konfrontace statistického hodnocení celého souboru a dílčího souboru z imisně nejčistší části Šumavy a Českomoravské vrchoviny. Překročení těchto limitních hodnot indikuje zvýšené antropogenní vstupy rizikových látek do půdy. Touto koncepcí i konkrétními hodnotami je náš návrh limitů blízký údajům německých autorů, kteří posuzují zatížení půd podle překročení regionálního antropicky difuzního pozadí bez ekotoxikologické relevance. Tím se tento postup liší od holandských standardů.

perzistentní organické xenobiotické látky; holandský seznam; kontaminace půd; mezní hodnoty

ÚVOD

Problematicke kontaminace půd perzistentními organickými xenobiotickými látkami (dále POXL) byla věnována pozornost později než stopovým rizikovým prvkům. Je to samozřejmý důsledek náročnosti přístupů a analýz. Za základ byl v ČR vybrán soubor POXL holandského seznamu (Leidraad, 1983, 1988), zahrnující hlavně monoaromatické uhlovodíky, polyaromatické uhlovodíky, chlorované organické látky jako PCB, HCB, DDT a jeho metabolity, dále styren a ropné produkty. Posouzení kontaminace půd POXL má zásadní význam. Vyžaduje kritéria pro určení limitní hodnoty kontaminace. U neperzistentních pesticidů tento postup nevyhovuje a pro jejich hodnocení se sestavují modely chování v půdě (Kozák, 1994).

Prvým stupněm hodnocení zatížení půd POXL je zjištění, zda příslušné POXL jsou v půdě přítomny v koncentraci převyšující antropicko-difuzní regionální pozadí. Je to postup analogický jako u stopových rizikových prvků. Odlišnost tkví v tom, že se (ve většině případů) nejedná o překročení hranic přírodního obsahu, neboť jde o látky většinou pro půdu cizorodé. Postup se uskutečňuje srovnáním obsahu POXL v půdách z oblastí různého zatížení vstupy těchto kontaminantů do půdy v období několika let. Kritériem kontaminace je pak překročení svrchní meze pozadí určitého regionu – v našem případě ČR. Tyto hodnoty nejsou tedy, jako pozdější hodnoty A nizozemského seznamu (Leidraad, 1988) a soudobé „target values“ (Eijssackers, 1993), stanoveny na základě ekotoxikologických kritérií. V tomto pojetí se náš přístup blíží přístupu německé

I. Obsahy organických xenobiotických látek v půdách ($\mu\text{g.kg}^{-1}$) – Contents of persistent organic xenobiotic substances in soils ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)

Soubor ¹	n	Údaj ⁴	PAU											
			Fl	Ph	P	B(b)F	B(a)A	Ch	B(a)P	B(k)F	B(ghi)P	I(cd)P	A	N
Celý soubor ČR ²	491	GM	71	19	30	16	15	8,2	7,4	6,2	5,4	2,2	3,8	1,0
		GM.GD ²	507	180	262	112	188	46	72	41	116	143	258	23
		Vx	(98)	(112)	(109)	(97)	(128)	(82)	(113)	(95)	(153)	(208)	(211)	(154)
Soubor ze Šumavy a ČM vysočiny ³	96	GM	54	17	29	16	12	9,5	7,2	4,0	5,7	2,1	4,4	1,2
		GM.GD ²	385	134	316	131	225	50	101	37	73	111	220	8,8
		Vx	(98)	(104)	(119)	(105)	(145)	(83)	(132)	(112)	(127)	(198)	(195)	(100)
Soubor	n	údaj	MAU				CIU						ostatní ⁵	
			B	T	X	Eb	PCB	HCB	DDT	DDE	DDD	HCH	S	r. z.*
Celý soubor ČR	491	GM	3,5	3,1	3,3	3,0	10,0	4,6	0,48	0,51	1,0	1,0	3,0	22
		GM.GD ²	43	43	47	60	11	34	9	6	1,3	1,0	69	83
		Vx	(125)	(132)	(132)	(150)	(3,3)	(100)	(147)	(125)	(12)	(0)	(156)	(66)
Soubor ze Šumavy a ČM vysočiny	96	GM	2,8	5,4	2,9	2,7	1,0	4,1	0,8	0,8	0,8	1,0	5,4	29
		GM.GD ²	28	42	29	30	1,6	27	4,5	3,3	3,3	1,0	48	107
		Vx	(115)	(103)	(116)	(120)	(26)	(94)	(88)	(71)	(71)	(0)	(109)	(65)

* mg.kg^{-1}

Vysvětlivky k tab. I až III - Explanation to Tabs I to III:

PAU – polyaromatické uhlovodíky – PAHs – polyaromatic hydrocarbons

MAU – monoaromatické uhlovodíky – MAHs – monoaromatic hydrocarbons

CIU – chlorované uhlovodíky – ClHs – chlorinated hydrocarbons

B – benzen – benzene

T – toluen – toluene

X – xylen – xylene

Eb – ethylbenzen – ethylbenzene

P – pyren – pyrene

Ph – fenanthren – phenanthrene

Fl – fluoranthren – fluoranthene

B(b)F – benzo(b)fluoranthren – benzo(f)fluoranthene

B(a)A – benzo(a)anthracen – benzo(a)anthracene

Ch – chrysen – chrysene

B(a)P – benzo(a)pyren – benzo(a)pyrene

B(k)F – benzo(k)fluoranthren – benzo(k)fluoranthene

B(ghi)P – benzo(ghi)perylene – benzo(ghi)perylene

I(cd)P – indeno(cd)pyren – indeno(cd)pyrene

A – anthracen – anthracene

N – naftalen – naphthalene

PCB – polychlorované bifenily – polychlorinated biphenyls

HCB – hexachlorbenzen – hexachlorbenzene

DDT, DDE, DDD – DDT a jeho metabolity – DDT and his metabolites

S – styren – styrene

r. z. – ropné znečištění – crude oil contamination

GM – geometrický průměr (zaokrouhlený) – geometric mean (rounded)

¹set, ²total set of CR, ³set from Šumava Mountains and Czech-Moravian Highlands, ⁴data, ⁵the others

kých autorů (Joneck, Prinz, 1993; Tebaay et al., 1993).

V ČR byly na tomto principu zpracovány již dvě aproximace takto koncipovaných limitů kontaminace půd POXL a předány MŽP. V postupech pro vyhodnocování půd při zpracování privatizačních projektů (MSNMP-MŽP, 1992) i ve Vyhlášce MŽP (13/1994 Sb.), upravující některé části zákona na ochranu ZPF, se objevily hodnoty A holandského seznamu (Leidraad, 1988), nahrazované nyní v Holandsku již zmíněnými „target values“. Problematictější je však skutečnost, že starší hodnoty jsou v návrzích českých standardů, vydaných MŽP, jednou interpretovány jako hodnoty pozadí (neodpovídající však pozadí ČR), po druhé jako maximálně přípustné hodnoty (v holandském původním postupu koncipované jako zdaleka vyšší hodnoty B). Jak bude prokázáno, je námi navržený postup, kompatibilní s německým, plně relevantní k objektywizaci počínající kontaminace půd.

MATERIÁL A METODA

Perzistentní organické xenobiotické látky byly stanoveny ve vzorcích ornice a jim odpovídajících horizontů (do 0,25 m) na zemědělsky a zčásti urbanisticky využívaných půdách (560 vzorků). Pro účely odvození limitu kontaminace však nebyly ani urbanistické půdy ani půdy nivních oblastí (Podlešáková et al., 1994) zařazeny pro statistické zpracování. Toto hodnocení se týká 491 vzorků, u kterých byly stanoveny POXL holandského seznamu. Stanovení byla provedena postupem, který popsali Němeček et al. (1994), v laboratořích Aquatestu, Stavební geologie, a. s., pod vedením ing. Firýta.

Dosažené výsledky byly seskupeny do dvou souborů: veškeré srovnávané vzorky z území ČR (491 vzorků) a půdy z oblasti Šumavy a Českomoravské vysočiny (96 vzorků). Výsledky základního statistického zpracování jsou uvedeny v tab. I. V dalším postupu byly srovnány hodnoty svrchní meze variability po vyčlenění odlehklých hodnot a vyjádřeny jako $GM.GD^2$ s empirickými i z lognormálního rozdělení souborů vyvozenými

percentilami. Konfrontací těchto postupů byly navrženy zaokrouhlené limity kontaminace, uváděné spolu se zaokrouhlenými geometrickými průměry.

VÝSLEDKY A DISKUSE

V tab. I uvedené výsledky dokumentují skutečnost, že výrazně asymetrické rozdělení údajů pro veškeré POXL, doprovázené vysokými ojedinělými maximálními hodnotami, má za následek menší rozdíly mezi geometrickými průměry obsahu jednotlivých POXL a větší rozdíly ve variabilitě souborů. Z údajů čisté oblasti byly konfrontací hodnot $GM.GD^2$ s percentilami (85 a 95 %) odvozeny zaokrouhlené svrchní meze antropicky difúzního pozadí, které považujeme za limity kontaminace. Jsou uvedeny v tab. II spolu se zaokrouhlenými geometrickými průměry. Byly srovnány s předchozími návrhy. Rozdíly vyplývají z rozšiřování datové báze během čtyř let, časové dynamiky změn koncentrací (což se neuplatňuje u stopových prvků) v půdách. Do jisté míry se projeví i úpravy analytických postupů s trendem zpřísnění detekčních limitů aj. Ostatně větší variabilita údajů o POXL vyplývá i z našich (Holoubek et al., 1995) a zahraničních údajů. Mimo v návrhu uvedené látky byly ve vzorcích půd stanovovány chlorfenoly, atrazin a substituované močoviny. Tyto látky byly nalézány sporadicky v nízkých koncentracích a nejsou zařazeny do tabulek. Je to podepřeno i nálezy (Kozák, 1994) o identifikaci herbicidních látek atrazinu, linuronu, chlortoluronu, monuronu a simazinu. Pro tyto látky postrádá stanovení limitů smysl.

Rozsah údajů o obsahu POXL v půdách ČR je zatím omezený. Největším souborem disponuje VÚMOP (Podlešáková, Němeček, 1993; Němeček et al., 1994; Podlešáková et al., 1994). Rozsah tohoto souboru umožňuje provést srovnání relevance limitů a obsahů POXL v půdách se zahraničními údaji (tab. III). Z údajů odvozených obdobným způsobem, na jakém je založen náš návrh, zjišťujeme největší shodu s údaji, které publikovali Tebaay et al. (1993). Citovaní autoři vymezili referenční hodnoty, vyjadřující

II. Návrh limitů kontaminace (svrchní meze variability pozadí) organických xenobiotických látek ($\mu\text{g.kg}^{-1}$) – Proposal of contamination limits (upper limits of background variability) for organic xenobiotic substances ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)

Návrh ¹		PAU											
		Fl	Ph	P	B(b)F	B(a)A	Ch	B(a)P	B(k)F	B(ghi)P	I(cd)P	A	N
1995	limit ²	300	150	200	100	50	50	75	50	50	50	50	50
	GM	60	20	30	15	10	10	10	10	10	5	10	5
Návrh		MAU				CIU						ostatní ³	
		B	T	X	Eb	PCB	HCb	DDT	DDE	DDD	HCH	S	r. z.*
1995	limit	30	30	30	40	20	20	15	10	10	10	50	100
	GM	5	5	5	5	2	2	1	1	1	1	3	30

* mg.kg^{-1}

¹proposál, ²limit, ³the others

III. Návrhy limitů kontaminace (svrchní meze variability pozadí) a nejvyšší dosahované hodnoty v čistých oblastech organických xenobiotických látek v zahraničí ($\mu\text{g.kg}^{-1}$) – Proposals of contamination limits (upper limits of background variability) and obtained data about soil contamination for organic xenobiotic substances in the Netherlands, Germany and UK ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)

Návrh ¹	PAU											
	Fl	Ph	P	B(b)F	B(a)A	Ch	B(a)P	B(k)F	B(ghi)P	I(cd)P	A	N
Leidraad (1988) hodnota A MSNMP-MŽP 1992	100	100	(100)	10 000	1 000	10	100	10 000	10 000	10 000	10 000	10 (100)
Leidraad (1983) hodnota A	100	100	100	–	–	10	50	100	100	100	–	–
Tebaay et al. (1993); limit ³	300	–	–	200	200	–	100	100	100	–	–	–
Joneck, Prinz (1993); maximální dosahované obsahy ⁴	220	563	60	–	–	60	76	–	48	–	–	–
Jones (1989); maximální dosahované obsahy	210	140	150	–	–	120	120	–	70	–	–	–
Návrh	MAU				CIU						ostatní ²	
	B	T	X	Eb	PCB	HCB	DDT	DDE	DDD	HCH	S	r. z.*
Leideaad (1988) hodnota A MSNMP-MŽP (1992)	50	50	50	50	10	–	4	4	4	2	100	100
Leidraad (1983) hodnota A	–	–	–	–	50	–	–	–	–	1	100	100
Tebaay et al. (1993); limit	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Joneck, Prinz (1993); maximální dosahované obsahy	–	–	–	–	36	9	1	–	–	3–7	–	–
Jones (1989); maximální dosahované obsahy	–	–	–	–	50	2–5	–	–	–	3–7	–	–

* mg.kg^{-1}

¹proposal, ²the others, ³limit, ⁴maximum contents

cí antropicky difuzní pozadí Německa. Významná je obsáhlá studie z Bavorska (Joneck, Prinz, 1993). V relativně čistším Bavorsku je dosahováno obdobných relací mezi látkami při většinou nižší úrovni. Blízké údaje našim hodnotám uvádí i Jones (1989) z UK. I první údaje holandského systému (Leidraad, 1983) uvádějí hodnoty značně podobné našim a německým. Po jejich transformaci v roce 1988 se pozdější hodnoty A posouvají ve směru jejich neúměrného zvýšení, které se odráží v obou citovaných vyhláškách MSNMP-MŽP (1992) a MŽP (1994). Soudobé „target values“, vyjadřující nejnižší hodnoty s ekotoxikologickou relevancí a počínající ztrátu polyfunkčnosti půdy, jsou nižší než původní hodnoty A. Bez ujasnění těchto vztahů by aplikace limitů POXL přinesla mnoho rozporných tvrzení. K tomu je třeba připojit, že původní hodnoty B holandského seznamu, výrazně vyšší než hodnoty A, se vyskytují v ČR velmi ojediněle.

Náš návrh mezních hodnot kontaminace půd POXL řeší otázku zvýšeného znečištění půdy při zvýšených vstupech bez ekotoxikologických aspektů. Je systematicky ověřován v ekologicky rizikových oblastech severočeského, západočeského a severomoravského regionu, na území Prahy a v nívních oblastech v konfrontaci s nezátíženými oblastmi Šumavy a Českomoravské vrchoviny.

LITERATURA

EIJSACKERS, H. J.: Toxicological human health aspects C-soil, risk assessment systems and normsetting. In: Proc. ETC course on Soil Pollution and Risk Assessment, Lübeck, EERO 1993: 1–21.

HOLOUBEK, J. et al.: The comparative study of the state of the environmental contamination in Czech Republic and Bavaria by persistent organic pollutants (POPS). [Tocoen report.] 1995 (105).

JONECK, M. – PRINZ, R.: Inventur organischer Schadstoffe in Böden Bayerns. GLA, Fachberichte (München), 9, 1993.

JONES, K. C. et al.: Organic contaminants in Welsh soils, polynuclear aromatic hydrocarbons. *Envir. Sci. Technol.*, 23, 1989 (5): 540–550.

KOZÁK, J.: Systém hodnocení perzistence pesticidů v půdách. Realizační výstup projektu Z 783 01 22, 1994. 2 s.

NĚMEČEK, J. – PODLEŠÁKOVÁ, E. – FIRÝT, P.: Kontaminace půd severočeského regionu organickými xenobiotickými látkami. *Rostl. Vyr.*, 40, 1994 (2): 113–121.

PODLEŠÁKOVÁ, E. – NĚMEČEK, J.: Background levels and contamination limits of organic xenobiotic compounds in the soils of the Czech Republic. In: Toxic organic compound in the environment, Proc. Conf. Znojmo, 1993: 132–135.

PODLEŠÁKOVÁ, E. – NĚMEČEK, J. – HÁLOVÁ, G.: Zátížení nívních půd Labe rizikovými látkami. *Rostl. Vyr.*, 40, 1994 (1): 69–80.

TEBAAY, R. H. – WELP, G. – BRÜMMER, G. W.: Gehalte an polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und deren Verteilungsmuster in unterschiedlich belasteten Böden. *Z. Pfl.-Ernähr. Bodenkde*, 156, 1993: 1–10.

LEIDRAAD BODEMSANERING: Technisch Inhoudelijk, Deel II. Afl. 4 San ittegeverij, s-Gravenhage: 1983, 1988: 27. MSNMP ČR A MŽP ČR: Postup vyhodnocení závazků z hlediska ochrany ŽP při zpracování privatizačního projektu. Metodický pokyn, 1992: 17–18.

MŽP ČR: Vyhláška MŽP, kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu. Sb. 13/1994.

Došlo 20. 4. 1995

Kontaktní adresa:

Prof. RNDr. Jan Němeček, DrSc., Česká zemědělská univerzita, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika, tel.: 02/338 27 52, fax: 02/34 44 18

Upozornění pro autory vědeckých časopisů

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

Týká se to samozřejmě těch grafických příloh, které byly vytvořeny v nějakém programu PC (např. CorelCHART, Quatro Pro, Lotus 1-2-3, MS Excel). Vzhledem k tomu, že nejsme schopni upravit a použít pro tisk všechny typy (formáty) grafických souborů, žádáme Vás, abyste nám také kromě originálních souborů (např. z MS Excel typ *.XLS) zasílali grafické předlohy vyexportované jako bodovou grafiku v jednom z těchto formátů:

Bitmap	*.BMP
Encapsulated Postscript	*.EPS
Graphic Interchange Format	*.GIF
Mac paint	*.MAC
MS Paint	*.MSP
Adobe Photoshop	*.PSD
Scitex	*.SCT
Targa	*.TGA
Tag Image File Format	*.TIF

Redakce časopisu

THE EFFECT OF FERTILIZATION AND LIMING ON THE CARBON CONCENTRATIONS IN ARABLE SOILS

VLIV HNOJENÍ A VÁPŇENÍ NA OBSAH UHLÍKU V ORNÝCH PŮDÁCH

J. Kubát, J. Lipavský

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

ABSTRACT: The results of 10 years of polyfactorial field experiments conducted on eight different experimental stations situated in different soil and climatic conditions were used for the estimation of the effect of fertilization and liming on the soil organic matter changes. Manuring with farm yard manure increased the concentration of organic carbon in soil on all experimental sites. Mineral fertilization alone increased the carbon concentration in mollisol and alfisols and decreased its concentration in inceptisols and spodosol. Mineral nitrogen fertilization has shown little effect on humus balance in mollisol and alfisols, but it strongly affected humus balance in inceptisols and spodosol. Only the higher dose of liming stimulated organic matter accumulation.

soil; soil organic matter; humus balance

ABSTRAKT: Příznivý vliv humusu na fyzikální, chemické a biologické vlastnosti orných půd je všeobecně známý. K ö r s - c h e n s (1990) uvádí, že změna obsahu uhlíku v půdě o 0,1 % zvýší vododržnou kapacitu půdy o 0,5 až 0,6 % obj., KVK o 0,7 mval.kg⁻¹, pórovitost o 1 % a objemovou hmotnost o 0,01 až 0,02 g.cm⁻³. H o d g e s (1991) připomíná, že půdní organická hmota je zdrojem látek a energie pro půdní mikroorganismy, dále její vliv na půdní strukturu, přístupnost rostlinných živin, přímý vliv na růst rostlin a další. Kromě toho akumulace a mineralizace uhlíku v půdách hraje důležitou roli v globálním koloběhu uhlíku. Do značné míry ovlivňuje koncentraci oxidu uhličitého v atmosféře, a tak přispívá nebo omezuje globální zahřívání a globální klimatické změny. Využili jsme proto existující databáze polyfaktoriálních polních pokusů prováděných na pokusných stanicích VÚRV Praha-Ruzyně od roku 1979, abychom zjistili, nakolik různé způsoby organického a minerálního hnojení a vápnění na různých stanovištích během 10 let trvání pokusu ovlivnily obsah uhlíku v půdě a k jak velkým a rychlým změnám na jednotlivých stanovištích dochází. Pokusné stanice jsou umístěny v různých půdních a klimatických podmínkách, takže tvoří relativně plynulou pedo- a klimasekvenci, charakteristickou pro agroekologické podmínky ČR, a jednotné schéma pokusu a jednotná agrotechnika umožňují velmi dobré srovnání. Hnojení chlévskou mrvou zvýšilo obsah organického uhlíku na všech pokusných lokalitách. Samotné minerální hnojení zvýšilo obsah uhlíku pouze na černozemi a hnědozemi a snížilo jeho obsah na hnědých půdách a podzolu. Hnojení dvojitou dávkou dusíku mělo malý vliv na hladinu humusu v černozemi a hnědozemi, avšak značně zvýšilo jeho obsah v hnědých půdách a podzolu. Pouze vysoká dávka vápence stimulovala akumulaci půdní organické hmoty. Ze získaných výsledků lze odvodit potřebu organického a minerálního hnojení pro udržení vyrovnané bilance humusu na jednotlivých stanovištích za předpokladu, že bude použit stejný osevní postup, agrotechnika a že bude stejný výchozí stav – počáteční hladina humusu.

půda; půdní organická hmota; bilance humusu

INTRODUCTION

The chemical, physical and biological benefits of maintaining or increasing soil organic matter concentrations in agroecosystems are numerous. K ö r s - c h e n s (1990) has reported that the change of carbon concentration in soil by 0.1% changes water holding capacity of the soil by 0.5 to 0.6% vol., CEC by 0.7 mval.kg⁻¹, porosity by 1% and bulk density by 0.01 to 0.02 g.cm⁻³. H o d g e s (1991) listed further functions of soil organic matter, particularly as a source of energy for soil organisms, the effect of organic matter on soil structure and stability, water characteristics, soil

erosion control, soil warming, availability of plant nutrients, ion exchange, and buffering, direct effects on crop growth and incidence of plant pathogens and diseases. Unfortunately, erosion and enhanced decomposition promote losses of soil organic matter in intensively cultivated arable soils. In temperate climates, however, the changes in soil organic matter content tend to be slow. J o h n s t o n (1991) has shown that on the soil ploughed out from grass the humus level declined steadily but after 36 years it was still not as small as that in the old arable soil retained in arable cropping. K ö r s c h e n s (1983) suggested that humus levels change towards new equilibrium values after the

I. The soil and climatic characteristics of the experimental sites

Site	Altitude (m)	Soil		Average	
		type	texture	temperature (°C)	rainfall (mm)
Pohořelice	184	Ustoll	Loam	9.2	478
Hněvčevy	265	Udalf	Clay-loam	8.3	594
Kostelec	300	Udalf	Sand-loam	7.6	650
Střítež	470	Udalf	Loam	6.9	596
Břilice	433	Eutrochrept	Loam	7.8	627
Pernolec	530	Eutrochrept	Sand-loam	6.4	624
Humpolec	545	Dystrochrep	Sand-loam	7.0	655
Vysoké	670	Orthod	Loamy-sand	5.8	1 020

change of cropping practices. He estimated the time necessary to reach a new equilibrium is 30 years, after the cropping and fertilization have been changed, in mollisol developed on calcareous loess in Bad Lauchstädt.

It is generally accepted that the concentration of humus in soil depends on:

- the input of organic material and its rate of oxidation,
- the rate at which existing soil organic matter decomposes,
- soil texture,
- climate.

Factors i and ii depend on the system of farming practiced, which includes the cultivated crops and crop rotation, tillage, organic and mineral fertilization. However, all factors interact so that the different farming practices may have different effects on the humus balance in different soil and climatic conditions.

Besides this, the carbon accumulation and mineralization in soils play an important role in the global carbon cycle. These are important sources / sinks of the carbon dioxide which substantially contribute to the global warming and the global change.

Therefore, we have compared the effects of manuring, mineral fertilization and liming on the carbon dynamics in eight different soils that had been similarly tilled and cropped.

MATERIAL AND METHODS

The polyfactorial long term field experiments were founded on the Experimental Stations of the Research Institute of Crop Production, Praha-Ruzyně, following the same schema (Cochran, Cox, 1957), in 1979. Some of the soil and climatic characteristics of the experimental sites are shown in Tab. I.

The eight years' crop rotation included following crops:

- lucerne or red clover as underseeding in oats,
- lucerne or red clover,
- winter wheat,
- silage maize,
- winter wheat,

- spring barley,
- sugar beet or potatoes,
- spring barley.

Lucerne was substituted with red clover and sugar beet with potatoes in the sites situated in higher altitudes above the sea level (from Střítež to Vysoké).

Conventional tillage was applied during the whole rotation in all variants. The experimental design was manuring with farmyard manure, by mineral fertilization with nitrogen, phosphorus and potassium, liming and stand density, each in five levels with four replications (56 variants, in incomplete blocks, Cochran, Cox, 1957). In 1983, absolute zero variant was included. In this paper we shall consider following eight variants, that are shown in Tab. II.

Farmyard manure was applied once a four years under root crops and maize. The dose of mineral fertilizers is an average annual value over the whole rotation. Liming has been applied over the whole rotation in the following stations: Břilice, Pernolec, Humpolec and Vysoké. In Hněvčevy, Kostelec and Střítež it has been applied since 1985 only. In Pohořelice station, which is situated on ustoll developed from carbonaceous loess, no liming was applied.

Farmyard manure, mineral fertilizers and limestone were applied in the autumn and ploughed under. Only the nitrogen dose was split 2/3 before sowing and 1/3 during vegetation for spring crops and 1/2 before sowing and 1/2 during vegetation for winter crops.

II. Variants of the polyfactorial experiments

Variant	Farmyard manure (t.ha ⁻¹)	N	P	K	Ca
		(kg per year)			
1	0	0	0	0	0
2	0	85	40	80	875
3	80	85	40	80	875
4	40	85	40	80	875
5	40	0	40	80	875
6	40	170	40	80	875
7	40	85	40	80	0
8	40	85	40	80	1 750

III. Carbon concentrations in surface soil of eight variants of fertilization and liming during ten years of the experimental period in individual sites (%C)

	Years	Variants							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Pohořelice	1979	1.43	1.40	1.45	1.46	1.41	1.41		
	1981	1.48	1.49	1.53	1.52	1.48	1.48		
	1983	1.50	1.53	1.59	1.56	1.54	1.55		
	1985	1.48	1.53	1.63	1.58	1.57	1.60		
	1987	1.44	1.49	1.64	1.60	1.59	1.62		
	1989	1.37	1.39	1.64	1.60	1.60	1.64		
Hněvčoves	1979	1.02	1.03	1.04	0.99	1.05	1.04	1.04	1.03
	1981	1.07	1.03	1.10	1.03	1.09	1.09	1.05	1.04
	1983	1.09	1.03	1.14	1.05	1.11	1.12	1.06	1.06
	1985	1.08	1.02	1.16	1.06	1.10	1.14	1.06	1.06
	1987	1.05	1.02	1.17	1.07	1.08	1.15	1.07	1.07
	1989	0.99	1.01	1.18	1.06	1.04	1.16	1.07	1.07
Kostelec	1979	1.17	1.10	1.05	1.11	1.16	1.15	1.14	1.17
	1981	1.15	1.08	1.08	1.08	1.14	1.10	1.08	1.12
	1983	1.11	1.05	1.09	1.06	1.11	1.06	1.03	1.09
	1985	1.05	1.01	1.11	1.05	1.09	1.03	1.00	1.05
	1987	0.99	0.96	1.12	1.04	1.05	1.02	1.00	1.02
	1989	0.89	0.91	1.13	1.03	0.99	1.02	1.02	1.01
Střítež	1979	1.15	1.33	1.25	1.34	1.35	1.37	1.35	1.37
	1981	1.10	1.32	1.28	1.24	1.38	1.37	1.39	1.30
	1983	1.06	1.30	1.31	1.17	1.37	1.37	1.40	1.25
	1985	1.04	1.27	1.33	1.17	1.34	1.36	1.40	1.21
	1987	1.02	1.25	1.35	1.22	1.26	1.34	1.39	1.19
	1989	1.02	1.22	1.36	1.27	1.15	1.31	1.38	1.18
Břilice	1979	0.75	0.70	0.71	0.74	0.69	0.69	0.78	0.79
	1981	0.74	0.74	0.79	0.75	0.69	0.70	0.78	0.79
	1983	0.73	0.76	0.85	0.76	0.69	0.74	0.81	0.80
	1985	0.72	0.78	0.94	0.77	0.68	0.78	0.86	0.81
	1987	0.70	0.78	1.04	0.78	0.66	0.85	0.92	0.86
	1989	0.64	0.76	1.15	0.79	0.64	0.94	1.00	0.95
Pernolec	1979	1.17	1.34	1.33	1.10	1.10	0.98	1.14	1.14
	1981	1.16	1.26	1.42	1.10	1.18	1.07	1.20	1.16
	1983	1.15	1.22	1.48	1.11	1.24	1.14	1.25	1.18
	1985	1.14	1.19	1.53	1.13	1.26	1.18	1.28	1.22
	1987	1.14	1.18	1.56	1.16	1.26	1.23	1.30	1.26
	1989	1.13	1.18	1.58	1.20	1.24	1.26	1.32	1.32
Humpolec	1979	1.62	1.50	1.54	1.50	1.58	1.51	1.54	1.48
	1981	1.60	1.49	1.58	1.55	1.42	1.60	1.49	1.50
	1983	1.58	1.46	1.60	1.55	1.30	1.65	1.47	1.50
	1985	1.56	1.42	1.60	1.55	1.26	1.67	1.47	1.48
	1987	1.54	1.34	1.61	1.55	1.24	1.69	1.50	1.44
	1989	1.50	1.22	1.62	1.50	1.22	1.70	1.56	1.36
Vysoké	1979	2.15	1.90	1.90	2.10	2.20	2.05	1.90	1.95
	1981	2.20	2.05	2.10	2.10	2.25	2.15	2.05	1.99
	1983	2.15	2.10	2.20	2.00	2.20	2.20	2.05	1.98
	1985	2.10	1.95	2.30	1.95	2.10	2.25	1.95	1.94
	1987	1.95	1.70	2.35	1.85	1.90	2.25	1.80	1.86
	1989	1.75	1.20	2.35	1.70	1.65	2.30	1.50	1.74

Soil samples were collected in autumn from the arable layer (0 to 20 cm). At least, five samples from each plot were taken, mixed and air dried. Organic carbon analyses were performed from dry samples passed through 2 mm sieve by wet burning in potassium dichromate and sulphuric acid and expressed as %C in soil (Alten et al., 1935). The analytical data were fitted with polynome of the 2nd order.

RESULTS AND DISCUSSION

Cumulative effects of manuring, fertilization and liming were determined in organic matter concentrations (C_{ox}) of the surface soil. The fitted data of the C_{ox} concentrations in individual sites and plots during ten experimental years are shown in Tab. III.

Carbon concentration in surface soil dropped down in zero variant in all experimental sites. Average mineral fertilization was sufficient to keep the equilibrium of the soil organic matter in sites with higher average temperature. In sites with lower average temperature and higher rainfalls, however, the effect of average mineral fertilization on humus balance was surprisingly negative.

Manuring with 40 t.ha⁻¹ farmyard manure in four years' period and average fertilization with mineral fertilizers has approximately maintained equilibrium in soil organic matter balance on all experimental sites (variant 4).

Higher dose of farmyard manure (80 t.ha⁻¹) and average mineral fertilization have substantially increased the content of soil organic matter in all soils during the experimental period. The effect of organic manure on the humus balance seems to be approximately additional, which supports our former findings derived from long-term experiment kept as a bare fallow since 1958 (Kubát, Novák, 1992).

Zero or double doses of mineral nitrogen have shown little effect on humus balance in mollisol and alfisols, however, zero dose of mineral nitrogen has substantially decreased and the double dose has substantially increased content of the soil organic matter in inceptisols and spodosol.

The effect of liming on humus balance in soil was only very small in our experiments, probably due to the short time it has been applied. The small decrease of humus content in limed plots on inceptisols and spodosol may be due to higher decomposition rate of soil organic matter and lower accumulation of raw humus in these soils.

To make the above presented data more apparent, the relative changes of the carbon concentrations in individual sites and variants are presented in Tab. IV.

IV. Relative changes of the carbon concentrations in individual variants and sites after 10 experimental years (expressed in % of the initial carbon concentration)

Site	Variant							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Pohořelice	95	99	113	110	113	116		
Hněvčevs	85	98	113	107	99	112	103	104
Kostelec	76	83	108	93	85	89	89	86
Střítež	89	92	109	95	85	96	102	86
Břilice	85	109	162	107	93	136	128	120
Pernolec	97	88	119	109	113	129	116	116
Humpolec	93	81	105	100	77	113	101	92
Vysoké	81	63	124	81	75	112	79	89

The change of carbon concentrations in individual variants was higher in inceptisols and spodosol than in mollisol and alfisols. In Pohořelice, the difference between the lowest and the highest relative value in Tab. IV was 21%, while in Vysoké it was 61%. The stability of soil organic matter in mollisol is apparently higher and it drops down in climosequence towards spodosol.

This is another example of the higher fragility of agroecosystems in marginal regions, which calls for more detailed studies of these systems both from the agronomical and from the ecological point of view.

REFERENCES

- ALTEN, F. – WANDROWSKI, B. – KNIPPENBERG, E.: Ergebnisse der Agrikulturchemie, 1935 (4): 61–69.
 COCHRAN, W. G. – COX, G. M.: Experimental designs. New York, John Wiley and Sons, Inc. 1957.
 HODGES, R. D.: Advances in soil organic matter research: the impact on agriculture and the environment. In: WILSON, W. S. (ed.): Royal Society of Chemistry. Cambridge, 1991: 355–364.
 JOHNSTON, A. E.: Advances in soil organic matter research: the impact on agriculture and the environment. In: WILSON, W. S. (ed.): Royal Society of Chemistry. Cambridge, 1991: 299–314.
 KÖRSCHENS, M.: Studies about humus. Praha, 1983: 223–226.
 KÖRSCHENS, M.: Humic substances as an active part of the system soil-plant. Praha, 1990: 42–53.
 KUBÁT, J. – NOVÁK, B.: Dauerfeldversuche und Nährstoffdynamik, Bad Lauchstädt., 1992: 70–72.

Received on July 7, 1994

Contact Address:

Ing. Jaromír Kubát, CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, 161 06 Praha 6-Ruzyně, Česká republika, tel.: 02/36 08 51, fax: 02/36 52 98

VPLYV PODMIENOK PESTOVANIA NA AKUMULÁCIU KADMIU A OLOVA V POTRAVINÁRSKEJ PŠENICI

THE INFLUENCE OF GROWING CONDITIONS ON THE CADMIUM AND LEAD ACCUMULATION IN FOOD WHEAT

Z. Muchová, P. Jaška

University of Agriculture, Nitra, Slovak Republik

ABSTRACT: The accumulation of Pb and Cd in the different parts of *Triticum aestivum* cultivar Vlada corns was investigated. The field stationary trials were carried out at the experimental base of the University of Agriculture in Nitra located in warm, moderately arid region, with loamy brown soil characterised by weak acid soil reaction, rich in accessible nutrients. Three farming systems were applied: Conventional (1) with three variants of nourishment. Conventionally-rational (2) with mineral fertilizers used according to the yield planned and farmyard manure in the autumn prior to root crops. Alternative-organic (3) only manure applied taking into account return rate of the organic matter and mineral nutrients to soil, excluding herbicides application. In the two just mentioned systems two soil management systems were followed: conventional (k – ploughing depth of 0.24 m) and minimal (m – ploughing depth 0.15 m). Wheat was milled out in the Brabender Quadrumat Senior mill and the values of Pb and Cd were obtained using the anodic-dissolutive-voltmetry method on mercury drop microelectrode with reference to silver-chloride electrode in the four milling fractions (I, II, III, IV). Method of Pb²⁺ and Cd²⁺ ions addition was used for evaluations. Reference trials were carried out analogously. Three years investigations (1991 to 1993) results show significant differences in Cd and Pb contents as in the different corn parts as among three farming systems. The highest (highly statistically significant) Cd content was observed for system 1 (Fig. 3). In this system particularly, Cd values even above limit were found out in milling fraction IV. Having evaluated the so-called consumable milling products (fraction I, II, III), we seldom found values above limit (fixed on maximal value of 0.05 mg.kg⁻¹) for the fraction III (Fig. 5). No limit overstepping values were obtained for any year and any fraction (Fig. 6). In the case of Pb, the highest (statistically significant) content was obtained for system 3 (Fig. 4). Neither the limiting Pb content values for consumable products (fractions I, II, III – Pb max. 0.5 mg.kg⁻¹), nor for bran (fraction IV – Pb max. 1 mg.kg⁻¹) were overstepped during the period of the study. Both metals, as Cd as Pb, were prevailingly cumulated in outer – covering parts (fraction IV – bran) and in the more milled out fraction III with only one exception for Pb value for system 1, as can be seen in Fig. 7. The results just reported have great practical importance from the viewpoint of choosing of appropriate milling technique for above limit by heavy metals contaminated cereals processing for consumption. In our conditions, we observed enhanced Cd concentration in the corn envelopes for system 1 in the first year of trials, which caused in expulsion of this material from further reprocessing on whole-corn nourishment products.

farming systems; food wheat; milling fractions; cadmium; lead

ABSTRAKT: Sú uvedené výsledky trojročného skúmania vplyvu rozdielných systémov pestovania (konvenčné a alternatívne) na výskyt kadmia a olova v jednotlivých častiach zrna pšenice *Triticum aestivum* odrody Vlada. Boli zistené štatisticky významné rozdiely v obsahu oboch kovov tak v jednotlivých častiach zrna, charakterizované štyrmi mlynskými frakciami, ako aj medzi skúmanými systémami pestovania a medzi rokmi. Rozdiely medzi dvoma spôsobmi obrábania pôdy (konvenčným a minimálnym) neboli štatisticky významné. Oba kovy sa kumulovali najviac v obalových častiach zrna (mlynské frakcie IV, III). Nadlimitné hodnoty sa zistili len pri kadmiu na konvenčnom systéme pestovania v roku 1991. V alternatívnych systémoch sa nadlimitné hodnoty nevyskytli.

systémy pestovania; potravinárska pšenica; mlynské frakcie; kadmium; olovo

ÚVOD

V podmienkach trhového hospodárstva je úloha kvality dominantná. V európskom a svetovom obchode s obilím sa okrem bežných kritérií a požiadaviek na úžitkovú hodnotu musia rešpektovať aj prísne zdravotné nároky, ktoré sú často limitujúcim faktorom pri ekspor-

te. Výskumom možností eliminácie účinkov rizikových látok v systéme pôda-rastlina, ktoré ho atakujú z rôznych zdrojov, s cieľom minimalizovať ich vstup do potravinového reťazca, sa zaoberá veľa autorov (Kabata-Pendias, Pendias, 1984; Christensen, 1989; Cibulka a kol., 1991; Lahučský, 1993; Holobradý a kol., 1994 a i.). Mechanizmy ich príjmu sú

skúmané v modelových a rizikových (kontaminovaných) podmienkach. Pre potravinárske spracovanie sa však nakupujú suroviny z oblastí, ktoré nie sú rizikové. Napriek tomu aj v pšenici a výrobkoch z nej sa podľa údajov Slovenskej poľnohospodárskej a potravinárskej inšpekcie (SPPI) vyskytujú cudzorodé látky, predovšetkým kadmium, olovo a ortuť (Čech, Kaláš, 1993).

Z ekologického aj ekonomického hľadiska silnejú tlaky na znižovanie spotreby chemických prípravkov a väčší dôraz sa kladie na uplatňovanie prvkov alternatívneho hospodárenia. Preto aj cieľom nášho výskumu od roku 1990 na úseku kvality potravinárskej pšenice bolo skúmať okrem iného aj jej zmeny v rôznych sústavách hospodárenia s možnosťou porovnať konvenčné a alternatívne systémy pestovania z pohľadu výskytu kadmia a olova v jednotlivých častiach zrna pšenice, čo má veľký význam predovšetkým z hľadiska voľby technológií spracovania pšenice na konzum.

MATERIÁL A METÓDA

Akumuláciu kadmia (Cd) a olova (Pb) sme zisťovali v pšenici *Triticum aestivum*, odrode Vlada, dopestovanej v podmienkach poľných stacionárnych pokusov na experimentálnej báze Vysokiej školy poľnohospodárskej, v lokalite Dolná Malanta, v klimaticky teplej oblasti, mierne suchej podoblasti, na hlinitej hnedozemi, so slabokyslou pôdnou reakciou, s vysokým obsahom prístupných živín. Pšenicu sme skúmali v troch sústavách hospodárenia:

Konvenčná sústava (1) s tromi variantami minerálnej výživy: A – nehnojený, B – hnojený na základe normatívu pre 8 t.ha⁻¹ úrody nadzemnej hmoty, C – na základe rozboru pôdy aj rastlín – metodika komplexnej diagnostikácie (Michalík, Ložek, 1985). V jednotlivých pokusných rokoch boli použité tieto dávky: vo variante B pri dusíku (N) 160 kg.ha⁻¹ vo forme síranu amónneho a dusičnanu amónneho s vápencom (na list), pri fosfore (P) 32 kg.ha⁻¹ vo forme superfosfátu, pri draslíku (K) 126 kg.ha⁻¹ vo forme 60% draselskej soli a vo variante C sa dávky pohybovali pri N

od 69,3 do 81,1 kg.ha⁻¹, pri P od 0 do 10 kg.ha⁻¹ a pri K od 2,12 do 55,4 kg.ha⁻¹. Všetky agrotechnické zásahy na tejto sústave urobila Katedra rastlinnej výroby (Karabínová a kol., 1994).

Konvenčno-racionálna sústava (2) hnojená priemyselnými hnojivami na plánovanú úrodu a maštalným hnojom k cukrovej repe a kukurici na zrno zaradenými do osevného sledu tejto sústavy v dávke 40 t.ha⁻¹. Hnojilo sa na podkladoch obsahu anorganického a ľahko hydrolyzovateľného dusíka a vzhľadom na relatívne vysokú zásobu živín v pôde boli vypočítané nízke dávky dodaných živín. Pri pšenici sa pohybovali v rozpätí 45,3 až 55 kg N.ha⁻¹, 10 až 11,5 kg P.ha⁻¹ a 0 až 16,7 kg K.ha⁻¹ (Bízik a kol., 1994).

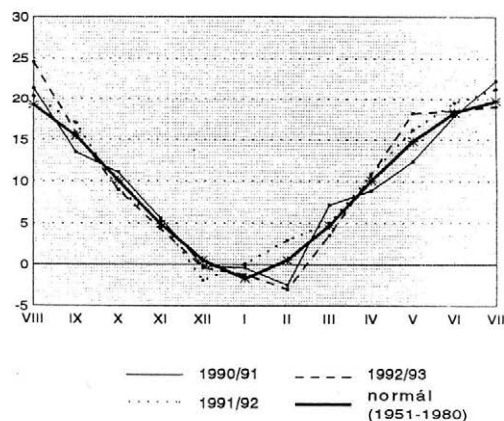
Alternatívne-organická sústava (3) hnojená len maštalným hnojom v dávke 40 t.ha⁻¹ k cukrovej repe a kukurici na siláž v osevnom slede.

V dvoch sústavách (2, 3) sa súčasne sledoval konvenčný (k – orba do hĺbky 0,24 m) a minimálny (m – orba do 0,15 m) spôsob obrábania pôdy.

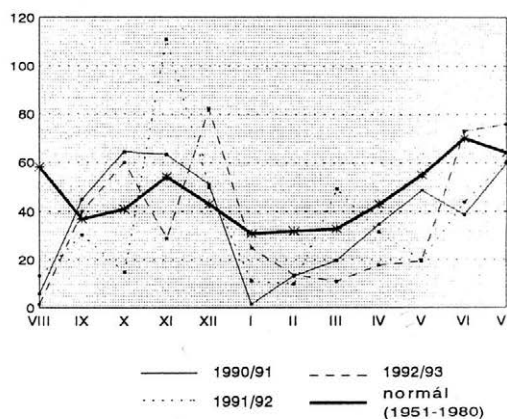
Súhrnné priemerné mesačné teploty a úhrn mesačných zrážok za vegetačné obdobia pšenice (august 1991 až júl 1993) v porovnaní s klimatickým priemerom teplôt a zrážok za 30ročné obdobie (1951 až 1980) znázorňujú pre dané podmienky obr. 1 a 2.

Prirodzene vysušené, vyčistené a vytriedené vzorky pšenice o hmotnosti 3 kg boli pred mletím na mlyne Quadrumat Senior firmy Brabender, ktorý umožňuje získať štyri mlynské frakcie (I, II, III, IV), navlhčované dávkou vody od 10 do 15 ml, doba odležania trvala 14 h.

Na stanovenie kadmia a olova bola použitá polarografická analýza na počítačom ECO-TRIBO polarografe firmy Polaro-senzor Praha podľa postupu uvedenom výrobcem. Vlastné stanovenie kadmia a olova je urobené metódou anodickej rozpúšťacej voltametrie na ortuťovej kvapkovvej mikroelektrode s referenčnou argentschloridovou elektrodou. Počiatkový potenciál bol -850 mV, konečný +150 mV, rýchlosť zmeny potenciálu 10 mV.s⁻¹. Vyhodnotenie sme urobili metódou štandardného prídavku iónov Pb²⁺ a Cd²⁺. Rovnako boli



1. Charakteristika mesiacov a ročníkov podľa klimatického normálu teplôt 1951 až 1980 za obdobie august 1990 až júl 1993 (Nitra) – Characteristics of months and years according to climatic normal of temperatures over 1951 to 1980 for August of 1990 to July of 1993 (Nitra)



2. Charakteristika mesiacov a ročníkov podľa klimatického normálu zrážok 1951 až 1980 za obdobie august 1990 až júl 1993 (Nitra) – Characteristics of months and years according to climatic normal of rainfall over 1951 to 1980 for August of 1990 to July of 1993 (Nitra)

analyzované aj vzorky slepých pokusov. Výsledky boli štatisticky vyhodnotené.

VÝSLEDKY

Obsah kadmia a olova v jednotlivých mlynských frakciách a v jednotlivých sústavách uvádzame kvôli prehľadnosti formou obr. 3 až 7.

Vyhodnotené trojročné výsledky skúmania (1991 až 1993) ukazujú významné rozdiely v obsahu kadmia a olova ako v jednotlivých častiach zrna pšenice, tak aj medzi skúmanými systémami pestovania. Najvyšší (štatisticky vysokopreukazný) obsah **kadmia** bol v systéme 1 (obr. 3). V tomto systéme boli v roku 1991 zistené nadlimitné hodnoty kadmia (nad $0,7 \text{ mg.kg}^{-1}$) v mlynskej frakcii IV. Pri hodnotení tzv. jedlých mlynských produktov (frakcie I, II, III) sa nadlimitné hodnoty pre tieto produkty (max. $0,05 \text{ mg.kg}^{-1}$) prekročili len sporadicky vo frakcii III (obr. 5). V ďalších systémoch pestovania sa nevyskytli nadlimitné hodnoty kadmia v žiadnom roku a v žiadnej frakcii (obr. 6). Pri **oleve** sa najvyšší (štatisticky preukazný) obsah zistil v systéme 3 (obr. 4). V žiadnom zo systémov v sledovanom období však neprekročili zistené hodnoty obsahu olova stanovený limit ani v jedlých produktoch (frakcie I, II, III – max. $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$) ani v otrubách (frakcia IV – max. 1 mg.kg^{-1}). Oba kovy sa evidentne kumulovali viac v obalových častiach zrna, ktoré sa najviac sústreďujú v otrubách (frakcia IV) a vo frakcii III, s jedinou výnimkou pri olove v sústave 1, ako dokumentuje obr. 7. Rozdiely zistené medzi konvenčným a minimálnym spôsobom obrábania pôdy neboli štatisticky významné.

DISKUSIA

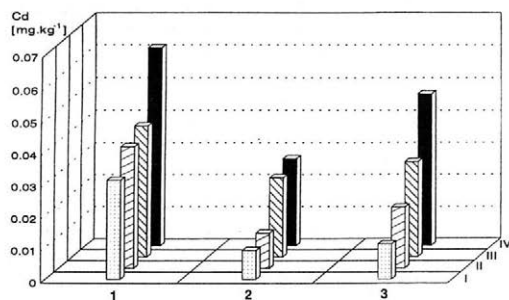
Podľa údajov SPPI (Čech, Kalaš, 1993) je výskyt kadmia v potravinárskej pšenici v súčasnosti síce nižší ako v roku 1988, ale stále sa vyskytuje veľa nadlimitných obsahov, čo sa negatívne prejavuje aj v potravinárskych výrobkoch. V našich pokusných podmienkach vhodných pre pestovanie potravinárskej pšenice boli koncentrácie týchto prvkov v pôde podľa výsledkov hodnotenia rozborov (Hanáčková a kol., 1994)

nízke, pohybovali sa od $0,005$ do $0,012 \text{ mg.kg}^{-1}$ pri Cd a od $4,9$ do $11,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ pri Pb. Aj rozbor použitého fosforečného hnojiva, podľa ktorého superfosfát obsahoval $0,828 \text{ mg Pb.kg}^{-1}$, $6,25 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$, $0,1930 \text{ mg Hg.kg}^{-1}$ a trojitý superfosfát ešte menej, a to $0,68 \text{ mg Pb.kg}^{-1}$, $5,0 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$ a $0,081 \text{ mg Hg.kg}^{-1}$, nedávajú predpoklady ich zvýšeného príjmu a akumuláciu v rastlinnej produkcii z týchto zdrojov, čo citované autorky dokumentujú výsledkami ich obsahu v rôznych druhoch rastlín. Pri pšenici sledovali kumuláciu týchto prvkov v zrne a slame, kde nezistili nadlimitné hodnoty v pestovateľských sústavách 2, 3. Pestovateľskú sústavu 1 nesledovali.

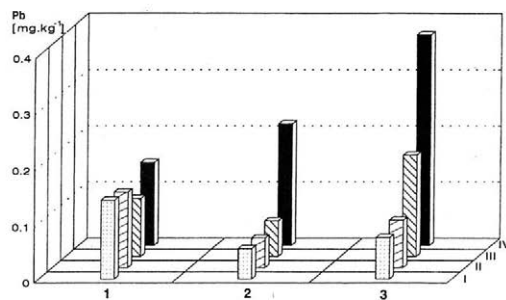
My sme skúmali výskyt kadmia a olova v štyroch základných mlynských frakciách pšenice vo všetkých pestovateľských sústavách experimentálnej bázy.

Výťažnosť jednotlivých mlynských frakcií dosahovala v priemere za sledované obdobie pri odrode Vlada $58,1 \%$ (frakcia I), $10,6 \%$ (frakcia II), $5,0 \%$ (frakcia III), $26,3 \%$ (frakcia IV), ako uvádza Muchová (1993). Oba kovy sa kumulovali najviac v otrubách (frakcia IV) a vo frakcii III, čo korešponduje s obsahom popolovín v uvedených mlynských frakciách, ktorý sa pohyboval v rozpätí $0,21$ až $0,35 \%$ (frakcia I), $0,20$ až $0,39 \%$ (frakcia II), $1,31$ až $1,53 \%$ (frakcia III), $5,03$ až $5,26 \%$ (frakcia IV). Táto skutočnosť má veľkú praktickú hodnotu z hľadiska voľby vhodnej mlynskej techniky pri spracovávaní pšenice pre výživu ľudí. Je v súlade so zisteniami aj iných autorov (Oberländer, Roth, 1987).

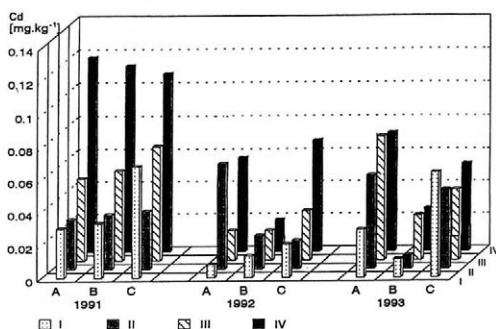
Nadlimitné hodnoty v zmysle Vyhlášky Ministerstva zdravotníctva SR (1994), ktorou sa ustanovujú hygienické požiadavky na cudzorodé látky v požívatinách, sme zistili len pri kadmiu vo frakcii IV v prvom roku pokusov na sústave 1, hnojenej len priemyselnými hnojivami. Na hnojenej variante tejto sústavy, hlavne vo variante B, sa získali najvyššie úrody s najnižším výskytom kadmia. Zistené rozdiely v úrodách sú štatisticky významné voči nehnorej kontrole, ale rozdiely v obsahu kadmia sú štatisticky nepreukazné. Na ďalších dvoch systémoch pestovania hnojenej kombinovane priemyselnými hnojivami a maštalným hnojom (sústava 2) a len maštalným hnojom (sústava 3) sa nadlimitné hodnoty nevyskytovali.



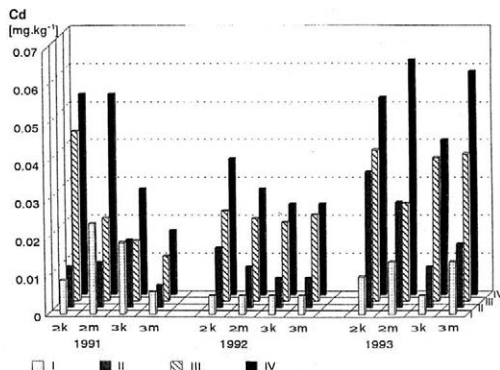
3. Vplyv skúmaných sústav hospodárenia (1, 2, 3) na obsah Cd (mg.kg^{-1}) v jednotlivých mlynských frakciách (I, II, III, IV) počas trojročného obdobia (1991 až 1993) – The effect of studied farming systems (1, 2, 3) on the Cd content (mg.kg^{-1}) in individual milling fractions (I, II, III, IV) during three years' period (1991 to 1993)



4. Vplyv skúmaných sústav hospodárenia (1, 2, 3) na obsah Pb (mg.kg^{-1}) v jednotlivých mlynských frakciách (I, II, III, IV) počas trojročného obdobia (1991 až 1993) – The effect of studied farming systems (1, 2, 3) on the Pb content (mg.kg^{-1}) in individual milling fractions (I, II, III, IV) during three years' period (1991 to 1993)



5. Vplyv ročníka a minerálnej výživy na obsah Cd (mg.kg^{-1}) v jednotlivých mlynských frakciách na sústave 1 – The effect of the year and mineral nutrition on the Cd content (mg.kg^{-1}) in individual milling fractions in the system 1



6. Vplyv ročníka a spôsobu obrábania pôdy (k, m) na obsah Cd (mg.kg^{-1}) v jednotlivých mlynských frakciách na sústavách 2, 3 – The effect of the year and the method of soil tillage applied (k, m) on the Cd content (mg.kg^{-1}) in individual milling fractions in the systems 2, 3

LITERATÚRA

BÍŽIK, J. a kol.: Ekologické princípy hospodárenia na vybraných agroekosystémoch Slovenska. [Syntetická správa.] Nitra, VŠP 1994. 30 s.

CIBULKA, J. a kol.: Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosfére. Praha, Academia 1991. 125 s.

ČECH, D. – KALAŠ, J.: Pohľad kontrolných orgánov potravinového dozoru na kvalitu surovín a potravín rastlinného pôvodu. In: Možnosti ovplyvňovania kvality surovín a potravín rastlinného pôvodu, Nitra, 1993: 13–21.

HANÁČKOVÁ, E. – JALAKŠOVÁ, V. – LÖRINCZOVÁ, K. – KUPČOVÁ, L. – PECHOVÁ, D.: Vplyv alternatívnych systémov hospodárenia na akumuláciu olova, kadmia a ortuti v pôde a rastlinnej produkcii. [Záverečná správa.] Nitra, VŠP 1994. 37 s.

HOLOBRADÝ, K. a kol.: Možnosti eliminácie účinkov rizikových látok v systéme pôda–rastlina. [Záverečná správa.] Nitra, VŠP 1994. 45 s.

CHRISTENSEN, T. H.: Cadmium sorption at low concentrations: VIII. Correlations with soil parameters. Wat. Air. Soil. Pollut., 44, 1989: 71–82.

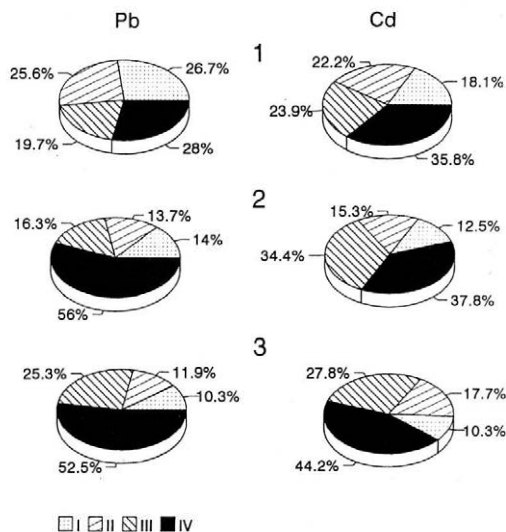
KABATA-PENDIAS, A. – PENDIAS, H.: Trace elements in soils and plants. Boca Raton, Florida, CRC Press 1984.

KARABÍNOVÁ, M. – ADAMOVSÝ, F. – PROCHÁZKOVÁ, M.: Vplyv vybraných pestovateľských faktorov na úrodu ozimnej pšenice. Rostl. Výr., 40, 1994 (10): 925–933.

LAHUČKÝ, L.: Pôdne vstupy ťažkých kovov do rastlín a možnosti ich minimalizácie. [Dizertácia.] Nitra, 1993: 104 s. – VŠP.

MICHALÍK, I. – LOŽEK, O.: Optimalizácia dusikatej výživy porastu ozimnej pšenice počas vegetácie. Rostl. Výr., 31, 1985 (5): 487–493.

MUCHOVÁ, Z.: Zmeny kvality potravinárskej pšenice v rozdielnych pestovateľských sústavách. In: Zbor. Pôdnohospodárske technológie v pěstování rostlin, Brno, 1993: 73–78.



7. Obsah Pb a Cd v jednotlivých mlynských frakciách a sústavách hospodárenia za sledované trojročné obdobie vyjadrený v percentách z celkového množstva – Pb and Cd contents in individual milling fractions and farming systems over three years of the study expressed in percentage of the whole amount

OBERLÄNDER, H. E. – ROTH, K.: Uptake and distribution of labelled, soil applied heavy metals in cereal plants and their milling products. Bodenkult., 78, 1987 (4): 287–298.

Vyhláška Ministerstva zdravotníctva SR o hygienických požiadavkách na cudzorodé látky v poživatinách. Zb. 1994.

Došlo 18. I. 1995

Kontaktná adresa:

Doc. Ing. Zdenka Muchová, CSc., Vysoká škola poľnohospodárska, A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika, tel.: 087/601, fax: 087/41 14 51

KONCENTRACE SELENU V HLÍZÁCH BRAMBOR

SELENIUM CONCENTRATION IN POTATO TUBERS

V. Koutník

Mendel University of Agriculture and Forestry, Brno, Czech Republic

ABSTRACT: Selenium is an important nutrition factor and it occupies an irreplaceable position in human nourishment. With regard to the high consumption of potatoes, our task was to trace the concentrations of selenium in potato production and at the same time to find how the concentration of selenium in the tubers of potatoes depends on the content of selenium in the soil. Regions of traditional potato production in the Českomoravská Highlands were chosen to meet the purpose of the study: localities Bohuňov, Bystřice, Rozsochy, Valečov, Velká Losenice and Zvole. Each variety of potatoes planted at a plot of the given locality was accompanied by sampling of the typical soil of that region. The selenium content in soils and tubers of potatoes was determined by the hydride technique of atomic absorption spectrometry using the device Perkin-Elmer 4000. Prior to the whole process, the plant material was mineralized with HNO_3 and $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, followed by ashing in muffle furnace, the soil underwent digestion with HNO_3 . The samples of potato tubers taken from the different areas contained the following average concentrations of selenium in fresh mass ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$): Bohuňov 29, Bystřice 19, Rozsochy 51, Valečov 26, Velká Losenice 25 and Zvole 19. The samples of soils showed the following results ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ dry matter): Bohuňov 130, Bystřice 129, Rozsochy 194, Valečov 124, Velká Losenice 133 and Zvole 114. Detailed results are shown in Tab I. The dependence of the content of selenium in tubers on the content of selenium in the soil are shown in Figs 1 to 6. Due to the fact that the decisive factor for nutrition of people is selenium in fresh mass, the analysed content in tubers of potatoes appear to be insufficient. The investigated areas and analyses extend our knowledge of contents of selenium not only in soils of the region but in the whole plant production for food production purposes in the broad area of the Českomoravská Highlands and this can contribute to solving the problems of selenium in the Czech Republic.

selenium; tubers of potatoes; soils

ABSTRAKT: Selen je významný nutriční faktor a ve výživě člověka má nezastupitelné místo. Vzhledem k poměrně vysoké spotřebě brambor bylo cílem zmapovat koncentrace selenu v této produkci a současně zjistit, do jaké míry je závislá koncentrace selenu v hlízách na obsahu selenu v půdě. K tomuto účelu byly vybrány produkční oblasti bramborářského výrobního typu na Českomoravské vysočině. Analyzované vzorky bramborových hlíz obsahovaly 12 až 86 $\mu\text{g Se}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty, v přepočtu na sušinu 48 až 458 $\mu\text{g Se}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny a vzorky půd 90 až 278 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suché hmoty. Výsledky informují o poměrně nízkých obsazích selenu v příslušných půdách v návaznosti na jeho využití rostlinami brambor. Koncentraci selenu v hlízách lze považovat za nedostatečnou.

selen; hlízy brambor; půdy

ÚVOD

Selen jako stopový prvek v rostlinném materiálu využívaném k výživě lidí je esenciálním faktorem (Levander, 1987). Koncentrace selenu v rostlinách je závislá na jeho obsahu v půdách. Půdy s velmi nízkými obsahy selenu poskytují rostlinnou produkci rovněž s nízkými hladinami tohoto prvku. V takových rozsáhlých oblastech může docházet k poruchám lidského zdraví. Např. v čínské provincii Keshan, oblasti s extrémně nízkými hodnotami selenu v půdách, se projevil zejména u dětí a mládeže závažné zdravotní poruchy (Yu et al., 1985; Bukkens et al., 1990).

Obsah selenu v půdách je závislý na půdních matečných substrátech. V ČR zatím není dostatek údajů o hladinách selenu v půdách rozsáhlejších oblastí. Například v Rakousku byl proveden rozsáhlý výzkum na obsah selenu v půdách (Danneberg et al., 1993) s výsledkem 0,0 (pod hranici meze detekce) až 3,20 $\text{mg Se}\cdot\text{kg}^{-1}$ půdy, se střední hodnotou 0,27 $\text{mg Se}\cdot\text{kg}^{-1}$. Sima, Gissel-Nielsen (1985) uvádějí, že brambory přijímají selen poměrně intenzivně, avšak nadzemní části (nať) obsahovaly pětikrát více selenu než hlízy.

Cílem práce bylo získat informace o transferu selenu z půd do potravinářsky využitelných částí rostlin – do hlíz brambor. Tyto informace jsou významné zejména z pohledu vstupu studovaného prvku do potravního řetězce člověka.

Oblast ¹	Odrůda ²	Se v hlízách ³ (μg.kg ⁻¹)		Sušina (%)	Se v půdě ⁶ (μg.kg ⁻¹)
		čerstvá hmota ⁴	sušina ⁵		
BO	KM	32	153	20,88	130
	RE	30	158	18,95	124
	SV	26	144	18,03	118
	průměr ⁷	29,33	151,67		124,00
BY	BL	16	69	23,01	118
	KA	22	113	19,43	140
	průměr	19,00	91,00		129,00
RO	OR	16	58	27,38	110
	OS	86	458	18,77	278
	průměr	51,00	258,00		194,00
VA	BL	20	90	22,05	116
	BO	14	56	24,68	116
	EB	14	67	20,66	120
	KM	18	78	22,93	110
	KA	50	255	19,59	162
	OR	20	76	26,31	90
	OS	54	298	18,09	150
	RE	36	194	18,52	130
	SV	20	101	19,73	128
	ZV	20	84	23,76	124
	průměr	26,60	129,90		124,60
VL	AU	16	97	16,36	128
	BL	16	68	23,49	122
	BO	22	82	26,59	130
	EB	30	138	21,66	142
	KA	50	284	17,55	156
	OS	18	105	17,01	130
	RE	48	271	17,69	156
	SV	20	103	19,38	134
	ZV	12	48	25,04	100
	průměr	25,78	132,89		133,11
ZV	EB	18	81	22,09	120
	NI	20	99	20,08	108
	průměr	19,00	90,00		114,00

BO – Bohuňov, BY – Bystřice, RO – Rozsochy, VA – Valečov, VL – Velká Losenice, ZV – Zvole

KA – Karin, RE – Resy, SV – Svatava, BL – Blaník, OR – Oreb, OS – Oštara, BO – Boubín, EB – Eba, KM – Kamýk, ZV – Zvíkov, Ni – Nicola, AU – Ausonia

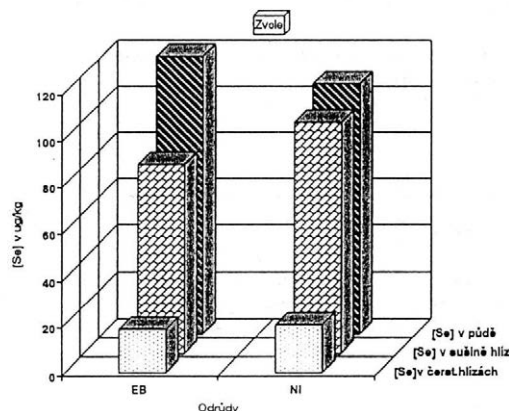
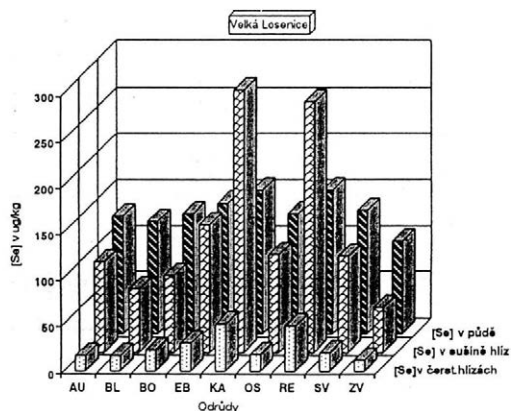
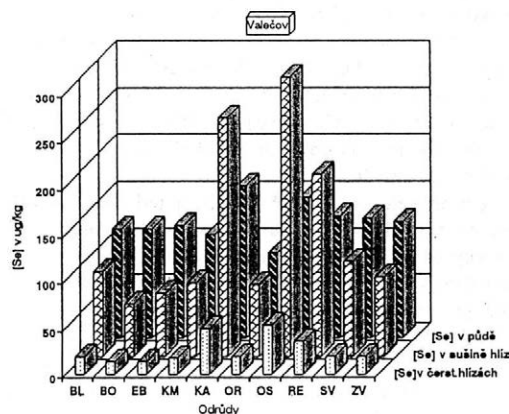
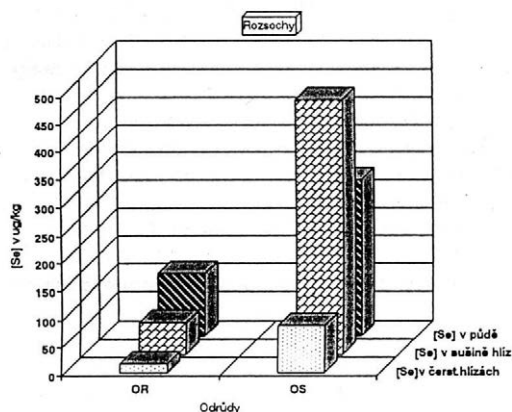
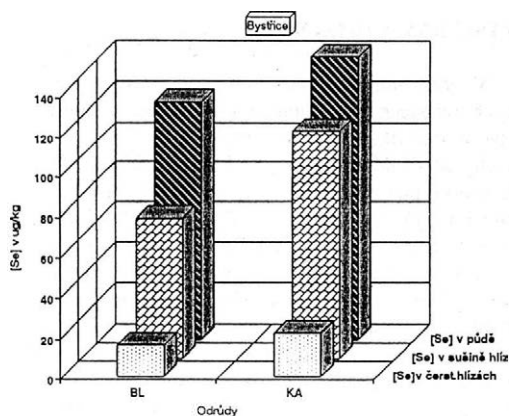
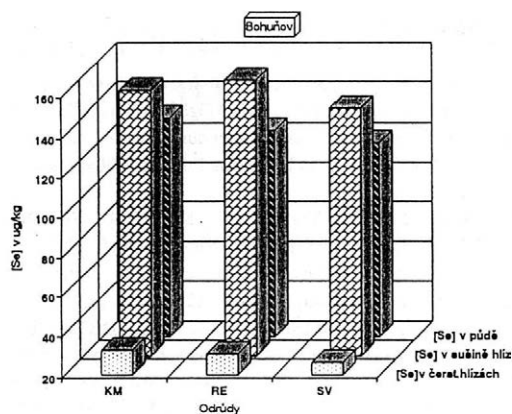
¹region, ²variety, ³Se in tubers, ⁴fresh mass, ⁵dry matter, ⁶Se in soil, ⁷average

MATERIÁL A METODA

Vzorky brambor a půd byly odebírány v roce 1990, a to v bramborářských produkčních oblastech Českomoravské vysočiny na pozemcích zemědělského družstva Bohuňov, Bystřice, Rozsochy, Velká Losenice, Zvole a Výzkumné stanice Valečov (VÚB, Havlíčkův Brod). Reprezentativní vzorky brambor odpovídaly půdním vzorkům, to znamená, že s každou odrůdou

pěstovanou na určitém pozemku byl odebírán vzorek příslušné půdy. Půda byla odebírána do hloubky 25 cm na několika místech tak, aby šlo o průměrný reprezentativní vzorek.

Obsah selenu v půdách a v hlízách brambor byl stanoven metodou atomové absorpční spektrometrie, hydridovou technikou (HG AAS) na přídavném zařízení MHS-10 ve spojení s přístrojem Perkin-Elmer, AAS model 4000 (Dočekalová, 1990). Před vlastním



I. Obsah selenu v hlízách brambor a v půdách – Selenium content in tubers of potatoes and in soils

osa x: odrůdy – x axis: variety

osa y: koncentrace Se (μg.kg⁻¹) – y axis: Se concentration (μg.kg⁻¹)

osa z: koncentrace Se v čerstvých hlízách, v sušině hlíz, v půdě – z axis: Se concentration in fresh tubers, in dry matter of tubers, in soil

stanovením u vzorků půd proběhla digesce 2M HNO₃. Vzorky bramborových hlíz byly mineralizovány HNO₃ a nasyceným roztokem Mg(NO₃)₂. Po zreagování následovalo vysušení, předspálení a spálení v muflové

peci (490 °C). Bílý popel byl rozpuštěn v HCl. U hlíz byla rovněž stanovena sušina. Údaje z analýz byly vyhodnoceny na počítači programovým systémem Quatro Pro V.4.00.

Vzorky bramborových hlíz obsahovaly v jednotlivých oblastech tyto průměrné koncentrace selenu v čerstvé hmotě ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$): Bohušov 29, Bystřice 19, Rozsochy 51, Valečov 26, Velká Losenice 25 a Zvole 19. U vzorků půd byly zjištěny tyto výsledky ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suché hmoty): Bohušov 130, Bystřice 129, Rozsochy 194, Valečov 124, Velká Losenice 133 a Zvole 114. Podrobné výsledky jsou uvedeny v tab. I. Závislost obsahu selenu v hlízách na selenu v půdě ukazuje obr. 1. Vzhledem k tomu, že rozhodující pro výživu člověka je selen v čerstvé hmotě, analyzované obsahy v hlízách brambor se ukazují jako nedostatečné (Hocman, 1991).

Selen vstupuje v rostlinách především do proteinové frakce v podobě selenových aminokyselin, zejména jako selenomethionin, selenocystein a podobně (Clarkson et al., 1991). Obsah selenu v rostlinné produkci lze ovlivnit aplikací jeho sloučenin, např. seleničitanem sodným do půdy (Bahners, 1987), čímž se zvýší hladina selenu v potravních řetězcích, včetně potravního řetězce člověka.

Obsah selenu v poživatinách, a tedy i v hlízách brambor, je ukazatelem nutriční hodnoty. Analyzované vzorky brambor z produkčních oblastí Českomoravské vysočiny ukazují na poměrně nízké koncentrace selenu, což je důsledek nedostatečných obsahů tohoto prvku v půdě. Zmapované oblasti rozšiřují poznatky o obsazích selenu nejen v půdách, ale zejména v potravinářsky využitelných částech rostlinné produkce rozsáhlejšího celku Českomoravské vysočiny a mohou přispívat k problematice suplementace selenu v podmínkách ČR.

Realizováno s podporou grantového projektu GA ČR č. 511/95/1279.

BAHNERS, N.: Selengehalte von Böden und deren Grasaufwuchs in der Bundesrepublik sowie Möglichkeiten der Selenanreicherung durch verschiedene Selendüngungen. [Dizertace.] Bonn, 1987: 31–86. – Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität.

BUKKENS, S. G. F. – VOS, N. DE – KOK, F. J. – SCHOUTEN, E. G. – BRUIJN, A. M. DE – HOFMAN, A.: Selenium status and cardiovascular risk factor in healthy Dutch subjects. *J. Amer. Coll. Nutr.*, 9, 1990: 128–135.

CLARKSON, T. W. – FISHBEIN, L. – MALLINCKRODT, M. G. – PISCATOR, M. – SCHLIPKOTER, H. W. – STOPPLER, M. – STUMM, W. – SUNDERMAN, W.: *Metals and their compounds in the environment*. New York, Basel, Cambridge, 1991. 1168 s.

DANNEBERG, O. H. – HELLMANN, W. – GERBER, H. – GOTSCHLING, H. – POVOLNY, I. – UNGER, G.: Selen in landwirtschaftlich genutzten Böden Niederösterreichs. *Kongr. Hamburg*, 1993.

DOČEKALOVÁ, H.: Modifikátory pro přímé stanovení selenu v tělních tekutinách atomovou absorpční spektrometrií. [Kandidátská dizertace.] Brno, 1990: 83–86. – Masarykova univerzita.

HOCMAN, G.: *Stravou proti rakovině*. Praha, Avicenum 1991: 44–46.

LEVANDER, O. A.: A global view of human selenium nutrition. *Ann. Rev. Nutr.*, 7, 1987: 227–250.

SIMA, P. – GISSEL-NIELSEN, G.: Spraying of crops with selenium. *Acta Agric. Scand.*, 35, 1985: 161–164.

YU, S. – CHU, Y. – GONG, X.: Regional variation of cancer mortality incidence and its relation to selenium levels in China. *Biol. Trace Elem. Res.*, 7, 1985: 21–29.

Došlo 19. 6. 1995

Kontaktní adresa:

Ing. Vilém Koutník, CSc., Mendelova zemědělská a lesnická universita, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, tel.: 05/45 13 32 84, fax.: 05/45 21 11 28

VYUŽITÍ DUSÍKU HNOJIVA A PŮDNÍHO DUSÍKU JARNÍM JEČMENEM

THE USE OF FERTILIZER AND SOIL NITROGEN BY SPRING BARLEY

V. Hejnák¹, V. N. Jefimov², A. I. Osipov²

¹*Czech University of Agriculture, Praha, Czech Republic*

²*Saint-Peterburg State University of Agriculture, Saint-Peterburg, Pushkin, Russia*

ABSTRACT: In the years 1990 to 1992 the effect of nitrogen fertilization (rates of 0, 170, 255 and 340 mg N per pot, i.e. 0, 60, 90 and 120 kg N.ha⁻¹) and soil fertility on the yield of spring barley, Jaspis variety, was studied in small-plot field trials in cylindrical pots without bottom recessed in soil profile, where a main criterion was the grain size structure and humus content (< 1%, 2% and > 3.5%). Moreover, nitrogen uptake from soil and fertilizer by spring barley was investigated using stable isotope ¹⁵N and the balance of fertilizer nitrogen on soils of various fertility was determined. Agrochemical characteristics and grain size structure of soils investigated in the trial are presented in Tab. I. It follows from the results that the number of stems and spikes in spring barley grows with graduated rates of nitrogen fertilization and higher soil fertility (Figs 1 and 2). Regarding the grain and straw yields of spring barley, the most efficient in most soils is a rate of 60 kg N.ha⁻¹. Statistically significantly efficient are rates 90 and 120 kg N.ha⁻¹ on soils 3 and 4 (with medium humus content). The yield of spring barley is affected by soil fertility in a decisive degree (Figs 3 and 4). The total nitrogen uptake by spring barley increases with increasing soil fertility, on the other hand, nitrogen uptake from fertilizer depends more on fertilizer rate than on soil properties. The share of soil nitrogen in the total uptake by the harvest of spring barley ranges from 92 to 78% and is practically identical in all studied soils. With growing rates of nitrogen fertilization the share of soil nitrogen decreases. Nitrogen fertilization leads to increased uptake of soil nitrogen by plants. This so-called „priming effect“ raises with increase of nitrogen fertilizers (Tab. II). The balance of fertilizer nitrogen in soils is in Tab. III; 26 to 34% of fertilizer nitrogen remains bound in soils studied by us. The value of the rest is not affected by soil properties. The use of nitrogen from fertilizer by spring barley is higher in soils with high humus content compared with the soils of low humus content.

nitrogen; soil; nitrogen balance; spring barley

ABSTRAKT: V letech 1990 až 1992 byl v mikroparcelkových pokusech v cylindrických nádobách bez dna zapuštěných do půdního profilu sledován vliv dusíkatého hnojení a půdní úrodnosti na výnos jarního ječmene odrůdy Jaspis a s pomocí stabilního izotopu ¹⁵N byla stanovena bilance dusíku na různých půdách, které se lišily především zrnitostním složením a obsahem humusu. Nejeefektivnější z hlediska výnosu jarního ječmene je na většině naší sledovaných zemin dávka 170 mg N na nádobu, tj. 60 kg N.ha⁻¹. Na zeminách se středním obsahem humusu jsou statisticky průkazně efektivní i dávky 255 a 340 mg N na nádobu, tj. 90 a 120 kg N.ha⁻¹. Rozhodující měrou je však výnos ovlivněn půdní úrodností. Podíl půdního dusíku na celkovém odběru sklizni jarního ječmene se pohybuje od 92 do 78 % a je prakticky stejný na všech sledovaných zeminách. S růstem dávek dusíkatých hnojiv se podíl půdního dusíku snižuje. Hnojení dusíkem vede ke zvýšenému odběru půdního dusíku rostlinami. Na zeminách s vysokým obsahem humusu je využití dusíkatého hnojení vyšší než na zeminách s nízkým obsahem humusu. Množství dusíku vázaného v zemině přitom není ovlivněno půdními vlastnostmi.

dusík; půda; bilance dusíku; jarní ječmen

ÚVOD

Efektivnost dusíkatého hnojení na půdách různé úrodnosti patří v posledních letech k nejdůležitějším otázkám teorie i praxe výživy rostlin. Je potřebné získat přesné údaje o bilanci dusíku hnojiva v půdě a rostlině a prozkoumat procesy jeho transformace v závislosti na půdní úrodnosti, což je možné pouze při použití stabilního izotopu ¹⁵N ve výživářských pokusech (Bálik, 1982; Kidin, Ionova, 1987; Kudějarov,

1989; Lindberg et al., 1989; Vaněk et al., 1989; Lyngstad, 1990; Jefimov, Osipov, 1991). Z experimentálních prací těchto autorů vyplývá, že využití dusíku z minerálních hnojiv většinou zemědělských plodin se pohybuje ve vegetačních pokusech mezi 50 až 60 % z vnesené dávky, v polních pokusech potom nepřevyšuje 30 až 50 %. Dále je 25 až 30 % dusíku z minerálních hnojiv vázáno v půdě a 20 až 30 % představují ztráty. Hlavní roli při formování výnosu zemědělských plodin má však půdní dusík. Jeho

podíl na celkovém odběru sklizni může na půdách úrodných dosáhnout až 75 až 80 %, na méně úrodných potom 50 až 60 %. S růstem dávek dusíkatých hnojiv vzrůstá odběr nejen dusíku z hnojiva, ale i dusíku z půdy.

MATERIÁL A METODA

V letech 1990 až 1992 byl v Sojovicích u Lysé nad Labem založen mikroparcelkový pokus. Mikroparcelky měly plochu 0,028 m² a byly vytvořeny cylindrickými nádobami bez dna o průměru 19 cm a zapuštěnými 30 cm do půdního profilu. Pokusnou plodinou byl jarní ječmen odrůdy Jaspis pěstovaný po 15 rostlinách v každé nádobě.

Zeminy použité v pokusech byly odebrány v předjaří 1990 ze dvou stanovišť z oblasti hnědých půd (zemina 1, 2) a čtyř stanovišť z oblasti lužních půd (zeminy 3 až 6) a byly uskladněny na pokusné stanici. Odsud bylo každý rok odebráno potřebné množství pro naplnění nádob. Agrochemická charakteristika a zrnitostní složení zemín jsou uvedeny v tab. I. Všechny mají neutrální nebo alkalickou reakci a dobrou zásobu přijatelných živin. Pouze zeminy 5 a 6 mají málo fosforu. Hlavní rozdíl je ovšem v zrnitostním složení a obsahu humusu. Tyto charakteristiky ovlivňují fyzikální, chemické a biologické vlastnosti zemín, a tím významně rozhodují o jejich úrodnosti. Zeminy 1 a 2 mají malý obsah humusu a vysoký podíl částic nad 0,1 mm (79,1 a 71,0 %), zeminy 3 a 4 mají střední obsah humusu a zeminy 5 a 6 mají vysoký obsah humusu a nízký podíl částic nad 0,1 mm (14,4 a 23,0 %).

Pro oblast, kde se nachází pokusná stanice, je charakteristické mírně suché klima s průměrnou roční teplotou 8,6 °C, za vegetace (duben až září) 14,8 °C, s průměrným ročním úhrnem srážek 542 mm, z toho za vegetace 353 mm. Vegetační období v letech 1990 až 1992 lze charakterizovat jako teplá a velmi suchá. Např. v roce 1990 spadlo za celou vegetaci 223 mm srážek, tedy 63 % 50letého průměru. Málo pršelo v květnu (22 mm, tj. 41 % měsíčního průměru), prakticky bez srážek zůstal červenec (5 mm). Vegetační

období roku 1991 odpovídalo teplotně normálu, s nedostatkem srážek v dubnu (20 mm, tj. 48 % průměru) a květnu (38 mm, tj. 66 % průměru). Ostatní měsíce odpovídaly dlouhodobým průměrům. V roce 1992 bylo vegetační období velmi teplé, 16,8 °C. Nedostatek srážek se projevil opět v první polovině vegetace – v dubnu (22 mm, tj. 52 % průměru) a v květnu (10 mm, tj. 19 % průměru).

Schéma pokusu zahrnovalo čtyři varianty se šesti opakováními. Na kontrolní variantě bylo hnojeno pouze draslíkem a fosforem, u dalších tří bylo použito stupňovaných dávek dusíku (170, 255 a 340 mg na nádobu, resp. 60, 90 a 120 kg.ha⁻¹). Jako dusíkaté hnojivo byl použit síran amonný se 40% atomovým obohacením stabilním izotopem ¹⁵N. Fosfor a draslík byl dodán v dávce 255 mg na nádobu ve formě mono- a dihydrogenfosforečnanu draselného v poměru 1 : 1,4. Všechna hnojiva byla aplikována ve formě roztoku promísením s celým objemem zeminy před naplněním nádoby.

Po sklizni byl zjištěn v rostlinách (v zrna a ve slámě) i v půdě obsah celkového dusíku metodou podle Kudějara a jeho izotopové složení spektrálně emisní metodou na optickém analyzátoru ¹⁵N. Tyto analýzy byly uskutečněny na katedře agrochemie Saint-Petersburgské státní zemědělské univerzity v Puškinu.

Cílem práce bylo sledování vlivu dusíkatého hnojení v různých půdách na výnos jarního ječmene, odběru dusíku z půdy a hnojiva sklizni jarního ječmene a bilance dusíku hnojiva na půdách různé úrodnosti.

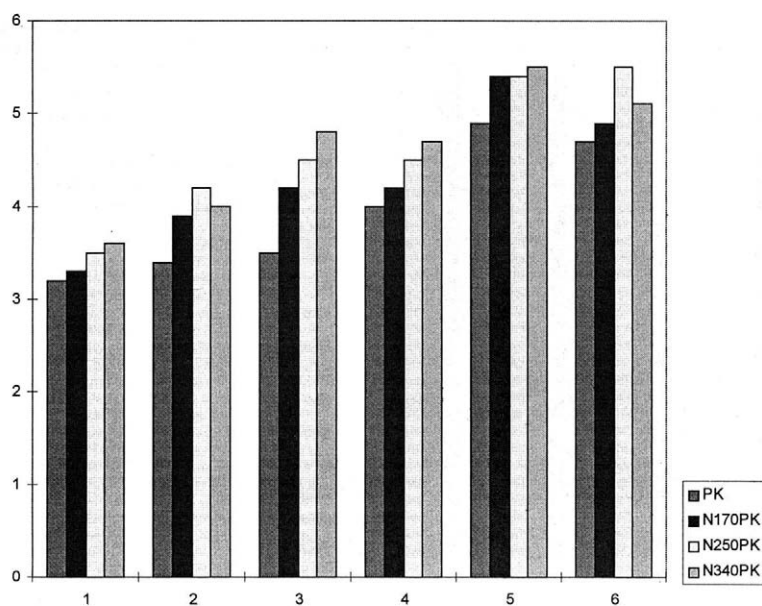
VÝSLEDKY A DISKUSE

Dusíkaté hnojení na všech sledovaných zemínách zvyšovalo počet stébel a klasů na jednu rostlinu jarního ječmene (obr. 1 a 2). Nejlepší výsledky byly dosaženy na zemínách 3 a 4, kde všechny tři dávky dusíku tyto růstové charakteristiky efektivně zvyšovaly. Na zemínách 5 a 6 nebyla dávka 120 kg.ha⁻¹ efektivní, to samé platí i pro zeminu 2. Tvorba stébel a klasů závisí také na úrodnosti půdy. Např. počet stébel na jednu rostlinu

I. Agrochemická charakteristika a zrnitostní složení zemín – Agrochemical characteristics and grain size structure of soils

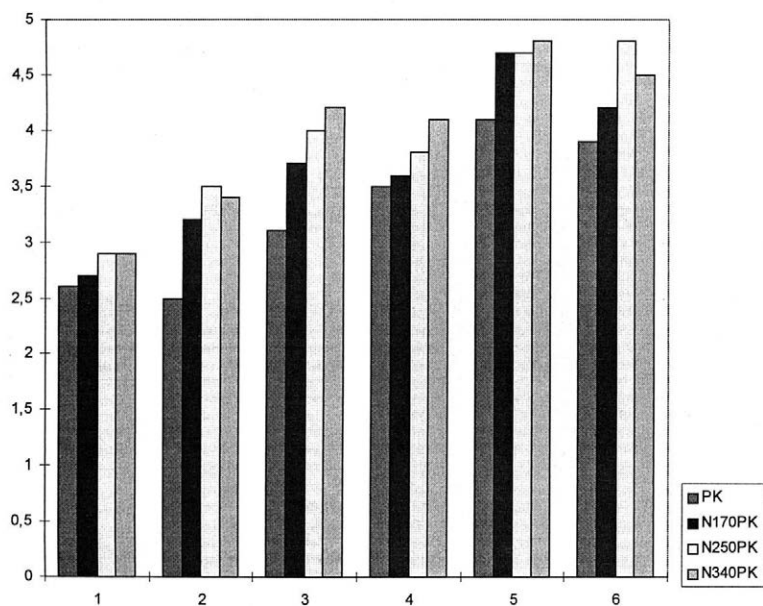
Zemina ¹	Humus ² - -Tjurin (%)	pH /KCl	Obsah přijatelných živin ³ (mg.kg ⁻¹)			Zrnitostní kategorie ⁴ (% v suché zemině ⁵)				Zrnitostní klasifikace podle Nováka ⁶
			P-Egner	K-Schacht- schabel	Mg-Schacht- schabel	2,0–0,1	0,1–0,05	0,05–0,01	0,01–0,001	
						mm				
1	0,80	7,07	72	93	40	79,10	6,40	3,00	11,50	hlinitopísčitá ⁷
2	0,92	6,99	58	103	49	71,00	12,80	6,50	9,70	písčitá ⁸
3	1,83	7,44	99	158	61	65,60	12,00	7,60	14,80	hlinitopísčitá
4	2,10	7,48	46	310	72	41,30	19,80	13,10	25,80	písčitohlinitá ⁹
5	3,71	7,60	20	93	64	14,40	12,10	32,80	40,70	hlinitá ¹⁰
6	4,93	7,50	31	193	83	23,00	31,70	27,60	17,70	hlinitopísčitá

¹soil, ²humus, ³content of available nutrients, ⁴grain size category, ⁵% in dry soil, ⁶grain size classification after Novák, ⁷loamy sand, ⁸sandy, ⁹sandy loam, ¹⁰loam



1. Vliv stupňovaných dávek dusíku na tvorbu stébel u jarního ječmene – The effect of gradated nitrogen rates on formation of spring barley stems

osa x: zemina – x axis: soil
osa y: počet stébel na jednu rostlinu (průměr za tři roky) – y axis: number of stems per plant (average for three years)



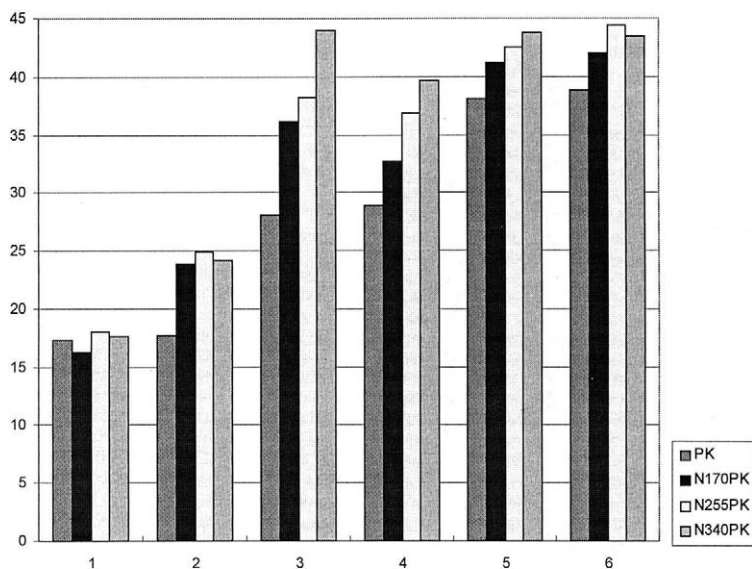
2. Vliv stupňovaných dávek dusíku na tvorbu klasů jarního ječmene – The effect of gradated nitrogen rates on formation of spring barley spikes

osa x: zemina – x axis: soil
osa y: počet klasů na jednu rostlinu (průměr za tři roky) – y axis: number of spikes per plant (average for three years)

na variantě PK stoupal od 3,2 u zeminy 1 až k 4,9 u zeminy 5 a počet klasů vzrůstal obdobně od 2,6 do 4,1.

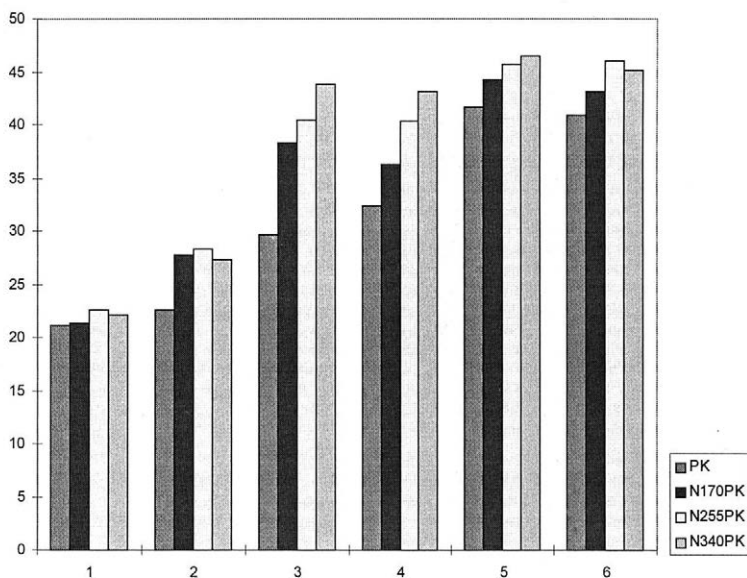
O značném vlivu dusíkatého hnojení na produktivitu jarního ječmene svědčí také výnos zrna a slámy (obr. 3 a 4). Jestliže např. na zemině 3 (se středním obsahem humusu) byl u varianty PK průměrný výnos zrna za tři roky 28,1 g na nádobu, potom při aplikaci 170 mg N se zvýšil na 36,2 g a při dávce dusíku 255 a 340 mg dosáhl hodnot 38,2 a 44,0 g na nádobu. Průměrný výnos slámy na té samé zemině u varianty PK byl 29,7 g

a při použití stupňovaných dávek dusíku vzrůstal postupně na 38,3, 40,4 a 43,8 g na nádobu. Méně efektivní bylo dusíkaté hnojení na zeminách 5 a 6 (s vysokým obsahem humusu) i na zemině 2 (s nízkým obsahem humusu). Průkazného zvýšení výnosů zrna a slámy zde bylo dosaženo pouze při aplikaci 170 mg N. Zvýšené dávky nebyly efektivní. Předpokládáme, že to mohlo být u zemin 5 a 6 způsobeno nízkým obsahem přístupného fosforu, který se stal zřejmě limitujícím faktorem zvýšení výnosu jarního ječmene při vyšších dávkách dusíkatého hnojení. U zeminy 1 byl výnos zrna a slámy



3. Vliv stupňovaných dávek dusíku na výnos zrna jarního ječmene (průměr za tři roky) – The effect of graded nitrogen rates on the yield of spring barley grain (average for three years)

osa x: zemina – x axis: soil
osa y: výnos zrna na nádobu (g) – y axis: grain yield per pot (g)



4. Vliv stupňovaných dávek dusíku na výnos slámy jarního ječmene (průměr za tři roky) – The effect of graded nitrogen rates on the yield of spring barley straw (average for three years)

osa x: zemina – x axis: soil
osa y: výnos slámy na nádobu (g) – y axis: straw yield per pot (g)

ve všech variantách prakticky stejný a pohyboval se v rozmezí 16,3 až 18,0 g a 21,1 až 22,6 g na nádobu. Nízkou efektivnost dusíkatého hnojení v tomto případě, ale i na zemině 2, připisujeme tomu, že vlivem vysokého podílu pískových částic a průběhu počasí ztrácely dané zeminy velice rychle vláhu, čímž se zhoršily podmínky pro příjem a využití dusíku rostlinami.

Rozhodující měrou byl výnos jarního ječmene na různých zeminách ovlivněn jejich úrodností, zejména zrnitostním složením a obsahem humusu. Podle obr. 3 se na variantě PK u zemin s nízkým obsahem humusu

pohyboval výnos zrna v hodnotách 17,3 až 17,7 g na nádobu, na zeminách se středním obsahem humusu dosáhl 28,1 až 28,9 g a na zeminách s vysokým obsahem humusu se dále zvyšoval na 38,1 až 38,8 g na nádobu. Analogických hodnot bylo dosaženo i ve výnosu slámy (obr. 4).

S použitím stabilního izotopu ^{15}N byl dále stanoven odběr dusíku z půdy a hnojiva jarním ječmenem (tab. II) a bilance dusíku hnojiva na půdách různé úrodnosti (tab. III). V našem mikroparcelkovém pokusu se podíl půdního dusíku na celkovém odběru sklízni

II. Odběr dusíku půdy a hnojiva sklizní jarního ječmene (průměrné hodnoty za tři roky v mg na nádobu) – Uptake of soil nitrogen and fertilizer by harvest of spring barley (average values for three years in mg per pot)

Zemina ¹	Varianty pokusu ²	Celkový odběr N ječmenem ³	Odběr N z hnojiva ⁴	Odběr N z půdy ⁵	Odběr půdního N ⁶ (%)	„Priming effect“
1	PK	467	–	467	100	–
	N170PK	523	67	456	87	–
	N255PK	536	102	434	81	–
	N340PK	586	126	460	78	–
2	PK	556	–	556	100	–
	N170PK	664	66	598	90	42
	N255PK	734	107	627	85	71
	N340PK	682	146	536	79	–
3	PK	723	–	723	100	–
	N170PK	879	71	808	92	85
	N255PK	930	105	825	89	102
	N340PK	990	140	850	86	127
4	PK	806	–	806	100	–
	N170PK	938	82	856	91	50
	N255PK	954	105	849	89	43
	N340PK	1 049	143	906	86	100
5	PK	948	–	948	100	–
	N170PK	1090	84	1 006	92	58
	N255PK	1 279	126	1 153	90	205
	N340PK	1 200	147	1 053	88	105
6	PK	965	–	965	100	–
	N170PK	964	79	885	92	–
	N255PK	1 127	119	1 008	89	43
	N340PK	1 092	159	933	85	–

¹ soil, ² variants of trial, ³ total N uptake by barley, ⁴ N uptake from fertilizer, ⁵ N uptake from soil, ⁶ share of soil N

III. Balance dusíku hnojiva na půdách různé úrodnosti (průměr za tři roky v % vneseného dusíku) – The balance of fertilizer nitrogen on soils of various fertility (average for three years in % of supplied nitrogen)

Zemina ¹	Varianty pokusu ²	Přijem rostlinou ³	Zůstatek v půdě ⁴	Nezjištěno ⁵
1	N170PK	40	32	28
	N255PK	40	28	32
	N340PK	38	26	36
2	N170PK	40	33	27
	N255PK	44	31	25
	N340PK	44	29	27
3	N170PK	42	32	26
	N255PK	40	33	27
	N340PK	40	33	27
4	N170PK	45	33	22
	N255PK	42	32	26
	N340PK	41	31	28
5	N170PK	48	34	18
	N255PK	50	32	18
	N340PK	45	32	23
6	N170PK	48	33	19
	N255PK	46	31	23
	N340PK	46	31	23

¹ soil, ² variants of trial, ³ intake by plant, ⁴ rest in soil, ⁵ not found

jarního ječmene pohyboval od 92 do 78 % a byl prakticky stejný na všech sledovaných zeminách (tab. II). S růstem dávek dusíkatého hnojiva se podíl půdního dusíku snižoval na zeminách s nízkým obsahem humusu z 87 až 90 % na 78 až 79 %, na zeminách se středním obsahem humusu z 91 až 92 % na 86 % a na zeminách s vysokým obsahem humusu z 92 % na 85 až 88 %. Se zvýšením úrodnosti narůstal celkový odběr dusíku ječmenem. Jestliže např. na zemině 2 u varianty PK odebral jarní ječmen celkem 556 mg N, potom na zemině 6 dosáhl odběr 965 mg na nádobu. Při hnojení 340 mg N se odběr celkového dusíku jarním ječmenem na těchto zeminách zvyšoval z 682 na 1 092 mg na nádobu. Odběr dusíku z hnojiva jarním ječmenem závisel více na hnojivé dávce než na půdních vlastnostech. Při aplikaci síranu amonného v množství obsahujícím 170 mg N se odběr pohyboval v rozmezí 66 až 84 mg na nádobu, při dávce 255 mg N stoupl na 102 až 126 mg na nádobu a při dávce 340 mg N dosahoval hodnot 126 až 159 mg na nádobu.

Hnojení dusíkem má přímý vliv na koloběh dusíku v půdě, aktivizuje procesy mineralizace půdní organické hmoty, což vede ke zvýšenému odběru půdního dusíku rostlinami v porovnání s variantou nehnojenou. Tento tzv. „priming effect“ se projevil nejvýrazněji na zeminách 3 a 4, kde dosáhl 43 až 127 mg na nádobu (tab. II). S růstem dávek dusíkatých hnojiv se „priming effect“ zvyšuje.

Bilance dusíku hnojiva na půdách různé úrodnosti je zachycena v tab. III. V námi sledovaných zeminách zůstalo vázáno 26 až 34 % dusíku hnojiva. Velikost zůstatku přitom není ovlivněna půdními vlastnostmi. S růstem dávek hnojiv můžeme zaznamenat určité ten-

dence k mírnému snížení využití dusíku z hnojiva. Na zeminách s vysokým obsahem humusu je využití dusíku ječmenem vyšší než na zeminách s nízkým obsahem humusu.

LITERATURA

- BALÍK, J.: Příspěvek k bilanci dusíku (^{15}N) v půdě a jeho využití rostlinami. [Kandidátská dizertace.] Praha, 1982. 198 s. – VŠZ.
- JEFIMOV, V. N. – OSIPOV, A. I.: Gumus i azot v zemledělii nečernozemnoj zony. Počvoveděnije, 1991 (1): 57–77.
- KIDIN, V. V. – IONOVA, O. N.: Prevraščenie v počve i balans pod različnymi kulturami mečenogo ^{15}N azota udobrenij v zavisimosti ot doz u srokov ich vnesenija. Agrochimija, 1987 (11): 7–18.
- KUDĚJAROV, V. N.: Cikl azota v počve i effektivnost udobrenija. Moskva, Nauka 1989. 214 s.
- LINDBERG, T. – BONDE, T. A. – BEGSTRÖM, L.: Distribution of ^{15}N in the soil – plant system during a four-year field lysimeter study with barley (*Hordeum districhum* L.) and perennial meadow fescue (*Festuca pratensis* Huds.). Pl. and Soil, 119, 1989 (1): 25–37.
- LYNGSTAD, I.: A lysimeter study on the nitrogen balance in soil. 1. Fate of ^{15}N labelled nitrate fertilizer applied to barley. Norw. J. Agric. Sci., 4, 1990 (2): 119–128.
- VANĚK, V. – VOSTÁL, J. – ČINKOVÁ, D. – VLKOVÁ, O.: Vliv doby aplikace močoviny na odběr a využití dusíku ozimou pšenicí. Rostl. Vyr., 35, 1989: 681–688.

Došlo 19. 9. 1995

Kontaktní adresa:

Ing. Václav Hejnák, CSc., Česká zemědělská univerzita, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika, tel.: 02/338 25 11, fax: 02/39 37 03

URAN, THORIUM A NĚKTERÉ DALŠÍ PRVKY V ORNICÍCH TŘEBOŇSKA Z ASPEKTU MOŽNÉ KONTAMINACE PRODUKCE

URANIUM, THORIUM AND SOME OTHER ELEMENTS IN TOPSOILS OF THE TŘEBOŇ REGION FROM THE ASPECT OF PRODUCTION CONTAMINATION

R. Ledvina, L. Kolář, J. Frána

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

ABSTRACT: The former state farm Třeboň in cooperation with The Faculty of Agriculture of South Bohemian University studied the possibility of production of non-offending food materials in the form of rational biological agriculture. Farms consider as proved that ecological conditions are fully suitable in preliminary determination of the content of some toxic substances in soils of the territory concerned (heavy metals, residues of pesticides, PCB). Therefore they asked the research of the Faculty of Agriculture of South Bohemian University to work out optimal technologies of production. The staff of this faculty did not regard the documents as sufficient and asked the Department of Nuclear Spectroscopy of the Institute of Nuclear Physics, Czech Academy of Sciences at Řež to participate in cooperation in analysis of soils by neutron activation analysis. Three sampling squares of an area of $3 \times 100 \text{ m}^2$ were set in the territory under study and 100 samples were taken from humus horizon of sod soils (type of loam sandy soil) in each square in the square network. After treatment of the samples in laboratory soil organic matter and sorption ion-exchange properties were analyzed. In preliminary analyses partial samples were united due to economic reasons into mean squares for neutron activation analysis according to the detailed soil map of squares, seven in each square. Gamma spectra were measured by detector HPGe of 22% relative efficiency. Spectroscopic signal was processed by electronic device Nuclear Data and filed in analyzer interface AccuSpecB in personal computer. Measured spectra were evaluated by the program SPOEMOS. The values of element contents were counted in the program AKTANAL by comparing with relative k -factors obtained for each element from simultaneously irradiated standards as well as from previous activations. Program SOLO was used for analysis of correlations, statistical evaluation and factor analysis. Under the above-mentioned conditions of irradiation and measurements, the data of concentrations of 29 elements were acquired in all samples. These were as follows: As, Ba, Br, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Ga, Hf, K, La, Lu, Na, Nd, Rb, Sb, Sc, Sm, Ta, Tb, Th, Tm, U, W, Yb, Zn, Zr. With respect to high U concentrations significant corrections had to be made in arising fissile products which fully made the determination of Mo and Te fully impossible and strongly affected the determination of Cd, Nd and Zr. The results showed that the squares A and B have extremely high C_{ox} content (5.5 to 8.04%), high content of humic acids with low $Q/4/6$ for the given soil type by entirely inadequate ratio HK : FK (1.63 to 1.90) and relatively lower degree of humification (18 to 25%) and very high ion-exchange capacity (32.6 to 49.5 mg.kv./100 g). Samples of both these squares have a high content of some metals, particularly of U (in square B it ranged from 14.89 to 51.90 mg.kg⁻¹). There is a strong correlation of U with Br, Se and elements of heavier rare earths and strong correlation with As, Ba, Co, Cr, Sb, W, Zn, and lighter rare earths. In practical point of view significant anticorrelation of U with K and Na is interesting. The dependence of U on Fe is two-component and reveals two sources of U in investigated soils. This is U of soil-forming substrate (in relative proximity of Uranium Mines Včelnice) and U on square A and B of produced composts for whose structure of raw materials were used, maybe by mistake, also sludges from the treatment plant of uranium ore MAPE near České Budějovice. The square C has ordinary C_{ox} values (1.48 to 2.55%) and of the other characteristics of soil humus and ion-exchange processes. Samples of this square contain just 2.16 to 4.80 mg.kg⁻¹ of U, also the concentration of the other investigated elements is much lower. It was found that composts were not produced on area of square C and they were applied here only a little. Regarding the values of elements found by neutron activation analysis, especially of U, the use of locality Chlum is very unsuitable for agricultural production of nutritionally safe food materials.

toxic metals; soil contamination; uranium

ABSTRAKT: Obsah toxických a nebezpečných či podezřelých kovů v půdách sledovaných lokalit v podstatě limituje možnost výroby nutričně nezávadných rostlinných produktů na těchto lokalitách. Je otázka, jak jsou tyto kovy přijímány rostlinami. V každém případě je nutné varovat před nemístným optimismem, který pramení z vyhovujících obsahů těžkých kovů

podle vyhlášky MZVŽ ČSR v půdách Třeboňska a z úvah, které předpokládají nižší zamoření půd Třeboňska atmosférickým spadem z údajů dálkového průzkumu země. Sledování je nutné opakovat na dalších lokalitách a výsledky srovnávat. Vzhledem k hodnotám prvků nalezeným neutronovou aktivační analýzou, zvláště uranu, je použití lokality Chlum k zemědělské výrobě nutričně nezávadných potravinářských surovin nevhodné.

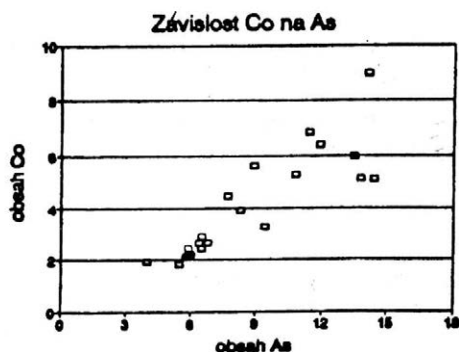
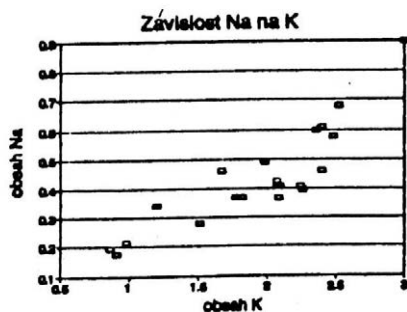
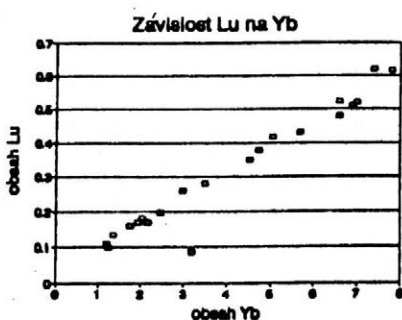
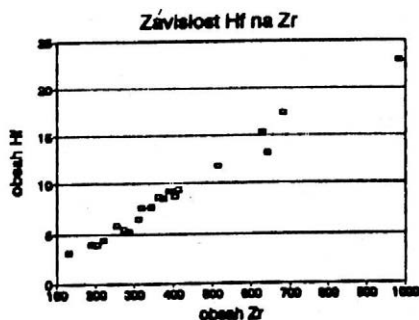
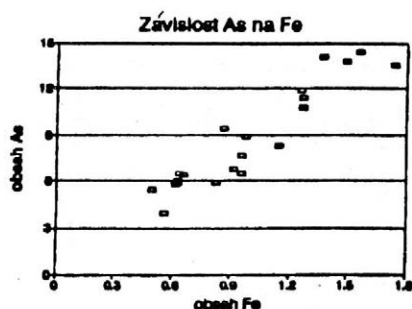
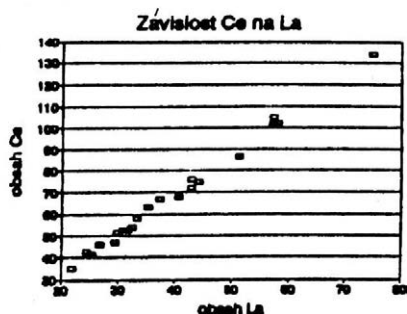
toxické kovy; zamoření půd; uran

ÚVOD

Bývalý státní statek Třeboň ve spolupráci se Zemědělskou fakultou Jihočeské univerzity zjišťoval možnost výroby nezávadných potravinářských surovin formou racionálního biologického zemědělství.

Statky při předběžném stanovení obsahu některých toxických látek v půdách zájmového území (těžké ko-

vy, rezidua pesticidů, PCB) považují za prokázané, že ekologické podmínky plně vyhovují. Požádaly proto výzkum Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity k vypracování optimálních technologií výroby. Pracovníci této fakulty nepovažovali podklady za dostatečné, a proto požádali oddělení jaderné spektroskopie Ústavu jaderné fyziky ČSAV v Řeži o spolupráci v oblasti analýzy půd neutronovou aktivační analýzou.



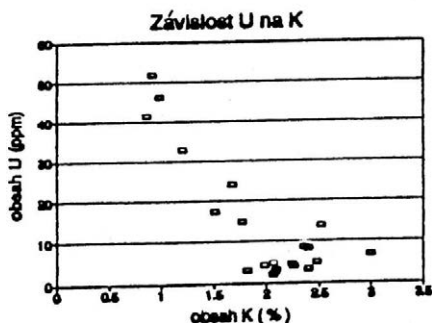
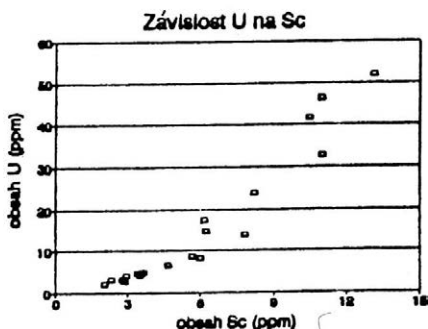
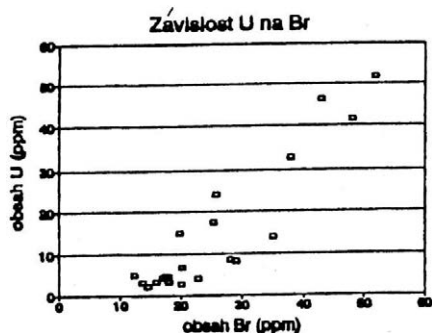
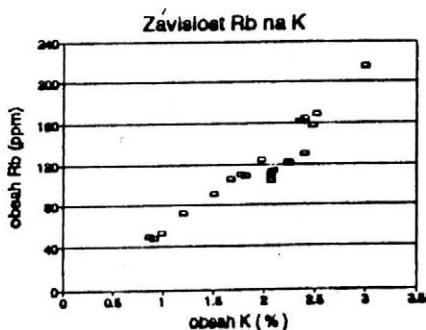
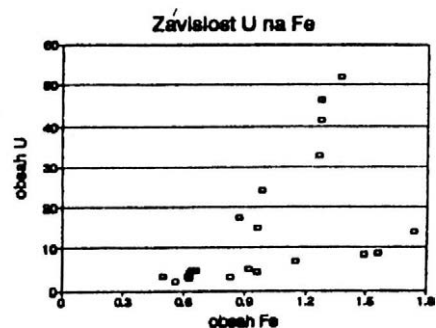
Průměrné obsahy uranu v půdách se pohybují (Ure, Berrow, 1982) v rozmezí 0,8 až 5,8 mg.kg⁻¹, v průměru 2,18 mg.kg⁻¹. Kabata-Pendias, Pendias (1984) uvádějí rozmezí 0,18 až 11 mg.kg⁻¹, s průměrem pro různé půdy světa 3,8 mg.kg⁻¹. Pro půdy ČSR uvádí Hartman (1977) průměr 2,6 mg.kg⁻¹. Beneš, Pabiánová (1987) považují za průměrnou hodnotu 2,5 mg.kg⁻¹, rozptýl zjištěných výsledků je podle citovaných autorů velmi nízký. Obsahy uranu mírně nad 4 mg.kg⁻¹ našli v hnědých půdách na kyselých a neutrálních horninách vyvěřelých a na ortorulách; na granulitech, opukách, křídových slínkách a na lehkých mechanických sedimentech vždy pod 2 mg.kg⁻¹.

Obsahy thoria jsou v lokalitách Třeboňska rovněž velmi vysoké, i když se tolik nevzdalují od průměru pro půdy ve světě, jako uran. Kabata-Pendias,

Pendias (1984) uvádějí průměr 7,8 mg.kg⁻¹ půdy, Bowen (1979) 9 mg.kg⁻¹.

Rostliny jsou schopny uran a transurany z půdy velmi snadno přijímat, dokonce tyto prvky výrazně akumulují. Je to snad způsobeno tvorbou uran-bílkovinných komplexů v listech (Tiffin, 1977). Akumulační schopnost rostlin je obrovská. Thorium např. v nadzemní hmotě různých rostlin má interval nalezených výsledků 8 až 1 300 mg.kg⁻¹ v sušině (Bowen, 1979).

Beneš (1993, 1994) uvádí v přehledu celkových obsahů prvků v půdách průměrné hodnoty pro uran 1,5 až 4,5 mg.kg⁻¹ a pro thorium 4,5 až 29 mg.kg⁻¹ s podrobným členěním nalezených hodnot podle hornin, půdních typů a horizontů. Pro klasifikaci znečištění půdy uranem a thoriem uvádí citovaný autor hodnoty v mg.kg⁻¹, shrnuté v tab. I.



1. Grafický záznam významnějších závislostí sledovaných prvků – Diagram of more significant dependences of studied elements

závislost – dependence
obsah – content

MATERIÁL A METODA

V sledovaném území byly vytyčeny tři odběrové čtverce o ploše 3 x 100 m² a v každém z nich byly odebrány ve čtvercové síti z humusového horizontu drnové půdy (druh hlinitopísčité zemina) vzorky po 100 kusech.

Po úpravě vzorků v laboratoři byly provedeny analýzy půdní organické hmoty a sorpčně-iontovýměnných vlastností a v předběžných analýzách byly dílčí vzorky z ekonomických důvodů spojeny pro neutronovou aktivizační analýzu do průměrných vzorků podle podrobné půdní mapy čtverců, sedm z každého čtverce.

Ozařování probíhalo po dobu 6 h v aktivní zóně reaktoru v Řeži v neutronovém toku 10¹³ n cm⁻² s⁻¹. K relativnímu monitorování neutronového toku byly použity monitory zirkonia, zlata a kobaltu. Jako standardy byly použity ve většině případů odparky roztoků jednotlivých prvků nebo jejich směsí.

Spektra gama byla měřena detektorem HPGe s relativní účinností 22 %. Spektroskopický signál byl zpracováván elektronikou Nuclear Data a ukládán v analyzátorovém interfejsu AccuSpecB v osobním počítači.

Naměřená spektra byla vyhodnocována programem SPOEMOS. Hodnoty obsahů prvků byly počítány v programu AKTANAL porovnáváním s relativními k-faktory, získanými pro každý prvek nejen ze současně ozařených standardů, ale i z předchozích aktivací. K analýze korelací, statistickému vyhodnocování a k faktorové analýze byl použit program SOLO.

Za uvedených podmínek ozařování a měření bylo možné získat ve všech vzorcích údaje o koncentracích 29 prvků: As, Ba, Br, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Ga, Hf, K, La, Lu, Na, Nd, Rb, Sb, Sc, Sm, Ta, Tb, Th, Tm, U, W, Yb, Zn, Zr.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Výsledky (obr. 1 a tab. I) ukázaly, že čtverce A, B mají extrémně vysoký obsah C_{ox} (5,5 až 8,04 %), vysoký obsah huminových kyselin s nízkým Q/4/6, pro daný půdní typ zcela neadekvátním poměrem HK : FK (1,63 až 1,90) a relativně nižším stupněm humifikace (18 až 25 %) a velmi vysokou iontovýměnnou kapacitou

(32,6 až 49,5 mgkv./100 g), vzorky z obou těchto čtverců mají vysoký obsah některých kovů, zvláště uranu (ve čtverci B 14,89 až 51,90 mg.kg⁻¹), existuje zde výrazná korelace uranu s bremem, selenem a prvky těžších vzácných zemin a silná korelace s arzenem, baryem, kobaltem, chromem, antimonem, vanadem, zinkem a lehčími vzácnými zeminami.

Zajímavá z praktického hlediska je výrazná antikorelace uranu s draslíkem a sodíkem. Závislost uranu na železe je zřetelně dvousložková a prozrazuje dva zdroje uranu v sledovaných půdách. Jde o uran půdotvorného substrátu (v relativní blízkosti Uranové doly Včelnice) a uran na čtverci A a B vyráběných kompostů, k jejichž surovinové skladbě snad omylem byly použity také kaly z úpravny uranové rudy MAPE u Českých Budějovic.

Čtverec C má již běžné hodnoty C_{ox} (1,48 až 2,55 %) i ostatních charakteristik půdního humusu i iontovýměnných procesů. Vzorky z tohoto čtverce obsahují jen 2,16 až 4,80 mg.kg⁻¹ uranu, také koncentrace ostatních sledovaných prvků je podstatně nižší. Bylo zjištěno, že na ploše čtverce C se komposty nevyráběly a celkem málo se zde aplikovaly.

Největší vliv na mobilizaci uranu v půdách mají transformované organické látky, zvláště nižší huminové kyseliny, tvořící přechod mezi fulvokyselinami. Značný vliv má i mikrobiální půdní aktivita. Je tedy skličující, že mobilitu uranu prudce zvyšují právě zúrodňovací opatření, tedy intenzivní organické hnojení a úprava půdní reakce vápněním, které vedou k vysokému zvýšení půdní mikrobiální aktivity a produkci nízkomolekulárních humusových látek v poměrně krátkém časovém úseku.

Jako nejvyšší možnou koncentraci uranu v půdách uvádí K l o k e (1985) hodnotu 5 mg.kg⁻¹. V sledovaných lokalitách Třeboňska byla tedy tato limitní koncentrace překročena tři- až desetkrát.

Velkým problémem hygienickým u uranu je skutečnost, že se velmi snadno mobilizuje tvorbou komplexních minerálních kationtů, které však jsou velmi snadno transformovány na organické sloučeniny při tvorbě nové organické hmoty (W i l d u n g, 1980). Dokonce mikroorganismy hrají významnou roli v geochemickém cyklu uranu. Je známo, že vysokomolekulárními huminovými kyselinami i jílovou půdní frakcí je uran

I. Klasifikace znečištění půdy uranem a thoriem – Classification of soil contamination by uranium and thorium

	Druh půdy ¹	Přirozený obsah ²	Znečištění ³		
			mírné ⁴	střední ⁵	vysoké ⁶
Uran	L	> 0,5	0,51–2,00	2,01–5,00	< 5,0
	S	0,51–2,00	2,01–5,00	5,01–7,00	< 7,0
	T	2,01–5,00	5,01–7,00	7,01–10,00	< 10,0
Thorium	L	> 8,00	8,1–12,00	12,1–15,0	< 15,0
	S	8,1–12,00	12,1–20,00	20,1–30,0	< 30,0
	T	12,1–20,00	20,1–30,00	30,1–50,0	< 50,0

¹soil texture, ²natural content, ³contamination, ⁴slight, ⁵medium, ⁶high

II. Korelace mezi prvky v humusovém horizontu drnové půdy lokality Chlum u Třeboně (čtverce A + B) – Correlation between elements in humus horizon of sod soil of the locality Chlum near Třeboň (squares A + B)

	Prvek ³	Silná korelace ⁴ ; $K_r > 0,8$	Mírná korelace ⁵ ; $K_r = 0,6-0,8$	Žádná korelace ⁶ ; $K_r < 0,2$
Kladné korelace ¹	As	Ba, Br, Co, Sb, Yb, Zn	Cr, Eu, Ga, Lu, Sc, Sm, Tb, Th, Tm, U, W	K, Rb, Na, Ta
	Ba	As, Co, Sb	Br, Ce, Eu, Fe, Ga, La, Lu, Nd, Sc, Sm, Tb, Th, Tm, U, W, Yb, Zn	K, Na, Rb
	Br	Co, Cr, Eu, Sb, Sc, Sm, Tb, U	As, Ba, Fe, Lu, Tm, Yb, Zn	Cs, Hf, K, Na, Rb, Zr
	Ce	Ga, La, Nd, Th	Ba, Cs, Fe, Hf, W, Zn, Zr	U
	Co	As, Ba, Br, Cr, Eu, Fe, Sb, Sc, Sm, Tb, U, Yb, Zn	Ga, Lu, Th, Tm, W	K, Hf, Na, Rb, Ta, Zr, Cs
	Cr	Br, Co, Eu, Sc, Sm, Tb, U	As, Fe, Lu, Sb, Yb, Zn	Cs, Hf, K, Na, Rb, Ta, Zr
	Cs	Na, Rb, Ta	Ce, Ga, Hf, K, La, Nd, Th	Br, Co, Cr, Eu, Sb, Sc, Sm, Tb, U
	Eu	Br, Co, Cr, Sb, Sc, Sm	As, Ba, Lu, Tm, Yb, Zn	Cs, Hf, K, Na, Rb, Ta, Zr
	Fe	As, Co, Sb, Tm, Zn	Ba, Br, Ce, Cr, Ga, La, Lu, Nd, Sc, Sm, Tb, Th, W, Yb	K, Rb
	Ga	Ce, La, Th, Zn	As, Ba, Co, Cs, Fe, Hf, Nd, Sb, Ta, Tm, W, Zr	K
	Hf	Ta, Zr	Ce, Cs, Ga, La, Na, Nd, Rb, Th	Co, Eu, Cr, Br, Lu, Sb, Sc, Sm, Tb, Yb
	K	Na, Rb	Cs, Ta	As, Ba, Br, Co, Cr, Eu, Fe, Ga, Lu, Sb, Sc, Sm, Tb, Th, Tm, W, Yb, Zn
	La	Ce, Ga, Nd, Th	Ba, Cs, Fe, Hf, W, Zn, Zr	
	Lu	Tm, Yb	As, Ba, Br, Co, Cr, Eu, Fe, Sb, Sc, Sm, Tb, U, Zn	K, Na, Rb, Ta, Zr
	Na	Cs, K, Rb, Ta	Hf, Zr	Ba, As, Br, Co, Cr, Eu, Sb, Sm, Tb, Yb
	Nd	Ce, La, Th	Ba, Cs, Fe, Ga, Hf, W, Zn, Zr	U
	Rb	Cs, K, Na, Ta	Hf, Zr	As, Ba, Br, Co, Cr, Eu, Fe, Lu, Sb, Sc, Sm, Tb, Tm, U, W, Yb, Zn
	Sb	As, Ba, Br, Co, Eu, Fe, Sc, Sm, Tb	Cr, Ga, Lu, Th, Tm, U, W, Yb, Zn	Cs, Hf, K, Na, Rb, Ta, Zr
	Sc	Br, Co, Cr, Eu, Sb, Sm, Tb, U, Yb	As, Ba, Fe, Lu, Tm, W, Zn	Cs, Hf, K, Na, Rb, Ta, Zr
	Sm	Br, Co, Cr, Eu, Sb, Sc, Tb, U	As, Ba, Fe, Lu, Th, Tm, W, Yb, Zn	Cs, Hf, K, Na, Rb, Ta, Zr
	Ta	Cs, Hf, Na, Rb	Ga, K, Zr	As, Br, Co, Cr, Eu, Lu, Sb, Sc, Sm, Tb, U, Yb
	Tb	Br, Co, Cr, Eu, Sb, Sc, Sm, U, Yb	As, Ba, Fe, Lu, Tm, W, Zn	Cs, Hf, K, Na, Rb, Ta, Zr
	Th	Ce, Ga, La, Nd	As, Ba, Co, Cs, Fe, Hf, Sb, Sm, Tm, W, Zn, Zr	K
	Tm	Fe, Lu, Yb, Zn	As, Ba, Br, Co, Eu, Ga, Sb, Sc, Sm, Tb, Th, W	K, Rb
	U	Br, Co, Cr, Eu, Sc, Sm, Yb	As, Ba, Lu, Sb, Yb	Ce, Cs, Hf, Nd, Rb, Ta, Zr
	W		As, Ba, Ce, Co, Fe, Ga, La, Nd, Sb, Sc, Sm, Tb, Th, Tm, Yb, Zn	K, Na, Rb
	Yb	Co, Lu, Sc, Tb, Tm, Zn	As, Ba, Br, Cr, Eu, Fe, Sb, Sm, U, W	Hf, K, Na, Rb, Ta
	Zn	As, Co, Fe, Ga, Tm, Yb	Ba, Br, Ce, Cr, Eu, La, Lu, Nd, Sb, Sc, Sm, Tb, Th, W	K, Rb
	Zr	Hf	Cs, Ga, La, Na, Nd, Rb, Ta, Th	Br, Co, Cr, Eu, Lu, Sb, Sc, Sm, Tb, U
Záporné korelace ²	U	Na, K		
	K	U		
	Na	H		

¹positive correlations, ²negative correlations, ³element, ⁴strong correlation, ⁵slight correlation, ⁶no correlation

sorbován, ale vratnost tohoto děje je mnohem vyšší než např. u podobně nebezpečného thorcia.

Obsahy thorcia jsou v lokalitách Třeboňska velmi vysoké. Zajímavé je, že na Třeboňsku čtverec B, nejvíce kontaminovaný uranem, má asi dvakrát více thorcia, než je světový průměr; uranem méně zamořený čtverec A má naopak obsah thorcia vyšší asi třikrát, než odpovídá světovému průměru.

Rostliny jsou schopny uran a transurany z půdy velmi snadno přijímat, dokonce tyto prvky výrazně akumulují. Výrazná antikorelace uranu s draslíkem by stála za šetření, zda vysoká úroveň půdního draslíku, která ve výživě rostlin působí známé těžkosti (především horší konverzi rostlinami přijatého nitrátového dusíku na dusík organický nové organické hmoty), nemá naopak příznivý vliv na nižší možnost zvýšené eluce uranu z půdy.

Průměrné obsahy arzenu v půdách leží obvykle v rozsahu 2 až 20 mg.kg⁻¹, je tedy zamoření půd sledovaných lokalit arzenem průměrné. Platí to i o baryu, kobaltu (střední obsahy 3 až 25 mg.kg⁻¹), chromu (průměr pro půdy světa 84 mg.kg⁻¹), galiu (průměr 20 mg.kg⁻¹) a nebezpečného antimonu (průměr 1 mg.kg⁻¹). Průměr hafnia je mírně vyšší než světový průměr (6 mg.kg⁻¹).

Ze sledovaných lokalit je nejvíce kontaminován čtverec A, méně čtverec B a čtverec C je relativně nejčistší. Jak uvádí Beneš (1993, 1994), lze průměrné znečištění půdy jako mírné klasifikovat pro Ce, As, Eu, Hf, La, Nd, Rb, Sb, Ta, Zn, střední pro Lu, Sn, Th, Tm, W a vysoké pro Br, Tb, U, Yb, Zr. Půdy nejsou zne-

čištěny s ohledem na Co, Cr, Cs, Fe, Ga, Sc, s výjimkou čtverce A, kde je znečištění půdy podstatně vyšší.

LITERATURA

- BENEŠ, S.: Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí. I. část. Praha, MZ ČR 1993. 88 s.
- BENEŠ, S.: Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí. II. část. Praha, MZ ČR 1994. 158 s.
- BENEŠ, S. – PABIÁNOVÁ, J.: Přirozené obsahy, distribuce a klasifikace prvků v půdách. Praha, VŠZ 1987. 205 s.
- BOWEN, H. J. M.: Environmental chemistry of the elements. New York, Acad. Press 1979. 333 s.
- HARTMAN, V.: Výzkum chemického složení půd ČR. [Závěrečná zpráva.] Kutná Hora, ÚNS 1977. 86 s.
- KABATA-PENDIAS, A. – PENDIAS, CH.: Mikroelementy v počvach i rostlinách. Moskva, MIR 1984. 439 s.
- KLOKE, A.: Richt und Grenzwerte zum Schutz des Bodens vor Überlastung mit Schwermetallen. Forschungen zur Raumentwicklung, Bd. 14, Bundesforsch.-Anst. Landeske u. Raumordn., 1985. 128 s.
- TIFFIN, L. O.: The form and distribution of metals in of Energy. Washington, D. C. 1977. 315 s.
- URE, A. M. – BERROW, M. L.: Environmental chemistry, vol. 2, London, Roy. Soc. Chem. 1982. 265 s.
- WILDUNG, R. E.: The relationship of microbial processes to the fate and behavior of transuranic elements in soil and plants. The transuranic elements in the environment. Hanson, W. C. ERDA, TIC-22 800, NTIS, Springfield, Va. 1980. 300 s.

Došlo 30. 1. 1995

Kontaktní adresa:

Prof. Ing. Rostislav Ledvína, CSc., Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, Studentská 13, 370 05 České Budějovice, Česká republika, tel.: 038/731 15 58, fax: 038/403 01

HODNOCENÍ TESTŮ ZRALOSTI KOMPOSTU

EVALUATION OF COMPOST MATURITY TESTS

E. Reichlová, J. Váňa, J. Janovský

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

ABSTRACT: The maturity of five compost types in the thermally isolated bioreactors was modelled. In defined time intervals (start, 1st, 2nd, 4th, 6th, 9th and 12th week) the intensity of organic materials decomposition and their progressive conversion to the compost by the classical microbiological and biochemical tests were evaluated. These tests were compared with the biological method of measuring the phytotoxicity level of water extracts of compost samples by means of germination index (IK). The method elaborated on this workplace for composting praxis according to the procedure of Italian authors Zucconi et al. (1981) allows the quantitative evaluation of decomposition intensity and duration by germination index value from 0 to 100, declared in percent of control distilled water sample. Germination index values up to 50 represent the immatured compost and thus, it is not suitable for the direct application, germination index values from 60 up to 80 give the possibility of application with specific risk of sensitive plants damage, germination index values higher than 80 declare the mature compost. The maturity course (average value of all five combinations) determined by the germination index, CO_2 production, N-NH_4^+ content and the number of microorganisms of basic physiological groups is presented in Tab. II. By the maximum value of Sperman's correlation coefficient ($r_s = 1$) the statistically important indirect linear functional dependence of the biological test and the classical respiration method of compost maturity determination were proved. By this dependence the possibility of mutual substitution of these two tests was verified so that the compost maturity could be determined by simpler biological method, where the final value of germination index quantifies the degree of compost maturity in the conditions of adherence to the methodological procedure (Reichlová, 1991). Furthermore, the correlation dependence was found at the limit of conclusive evidence ($r_s = 0.822$) between the N-NH_4^+ content and the decrease of phytotoxicity. Between the number of microorganisms and the biological method was not found the statistically evident correlation. Detailed analysis of correlation dependence of individual composts combinations is given in Tab. III.

compost maturity; maturity determination; germination index; correlation dependences

ABSTRAKT: V tepelně izolovaných bioreaktorech bylo modelově testováno zrání pěti typů kompostů. V určených časových intervalech byla vyhodnocována intenzita rozkladu organických materiálů a jejich postupná přeměna na kompost klasickými mikrobiologickými a biochemickými testy. Tyto testy byly porovnávány s biologickou metodou měření fyto toxicity výluhu vzorku kompostu indexem klíčivosti, vypracovanou ve VÚRV pro kompostářskou praxi. Maximální hodnotou Spermanova korelačního koeficientu ($r_s = 1$) byla prokázána statisticky významná nepřímá lineární funkční závislost biologického testu a klasické respirační metody stanovení zralosti kompostu. Tím byla potvrzena vzájemná zastupitelnost těchto dvou testů, a tak zralost kompostu lze stanovit jednodušší biologickou metodou. Byl nalezen korelační vztah s průkazností $r_s = 0,822$ mezi úbytkem amonné formy dusíku a úbytkem fyto toxicity. Mezi stanovením počtu mikroorganismů a biologickou metodou nebyla statisticky průkazná korelace.

zralost kompostu; stanovení zralosti; index klíčivosti; korelační vztahy

ÚVOD

Kompost určený pro všeobecnou aplikaci musí z hlediska kvality odpovídat ČSN 46 5735, měl by být sanitarizován a stabilizován. Stabilizace organických látek neboli zralost kompostu není v uvedené normě dostatečně deklarována a je v současné době velmi diskutovaným problémem. Je to z důvodu neexistence vhodné expeditivní metody stanovení tohoto parametru v SKZÚZ. Dosud jediný ukazatel zralosti je dán nejvyšší přípustnou teplotou (45°C) při expedování kompostu, která však může být také výsledkem malé vlhkosti nebo nedostatkem kyslíku (tzv. fyzikální zralosti).

Výzkumné pracoviště detoxikace odpadů VÚRV Praha-Ruzyně se dlouhodobě zabývá problematikou kompostování. Závislost průběhu fermentačního procesu na stabilitě konečného produktu je stanovována pomocí mikrobiologických (Pokorná-Kozová, 1964), respiračních a amonizačních testů (Novák, Apfeltaer, 1964). Tyto metody, u nás i v zahraničí používané při výzkumu a vývoji nových biotechnologií, jsou pracné, přístrojově náročné, a proto pro kompostářskou praxi málo použitelné. Od roku 1989 toto pracoviště řeší jednodušší metody stanovení zralosti kompostu tak, aby expeditivnost a možnosti interpretace odpovídaly skutečnosti.

MATERIÁL A METODA

Tato práce se zabývá standardizací metody stanovení zralosti kompostu jednoduchým biologickým postupem. Tento postup vychází z metody (Zucconi et al., 1981a, b) která byla modifikována a statisticky dopracována ve VÚRV Praha-Ružyně (Reichlová, 1991). Metoda je určena pro rutinní stanovení průběhu zrání a konečné kvality kompostu tak, aby spolu s ostatními kvalitativními znaky podle ČSN 46 5735 umožňovala standardní použití.

Metoda stanovení stability kompostu pomocí biozkoušky je založena na stanovení fyto toxicity vodního výluhu vzorku kompostu (výsledný extrakt obsahuje v 1 ml přepočtené množství 20 mg sušiny).

Pojem fyto toxicity definované biozkouškou je třeba posuzovat ve velmi širokém okruhu, protože se ve sledovaném materiálu setkáváme s nesnadno definovatelným množstvím toxických substancí, působících společně a rozličně kombinovaných v každém specifickém případě. Přítomnost toxických substancí není reprezentativní v každé fázi, toxiny jsou produkovány za určitých podmínek jako odraz mikrobiálního rozkladu a mají tendenci být rychle inaktivovány. Vleeschauwer et al. (1981) zjistili, že jednou z hlavních příčin fyto toxicity jsou nízkomolekulární organické kyseliny, hlavně kyselina octová, dále fenolické kyseliny a vysoký obsah amonného iontu.

Velikost fyto toxicity měřená reakcí citlivé rostliny (řericha setá) je přímým odrazem obsahu fyto toxických meziproductů a umožňuje kvantitativní ohodnocení intenzity a trvání rozkladu stanovením hodnoty indexu klíčivosti (IK), jehož vysoká hodnota je ukazatelem nepřítomnosti toxických meziproductů. Index klíčivosti vyjádřený v procentech kontroly, kterou je destilovaná voda, při hodnotách do 50 představuje nepoužitelnost kompostu k přímé aplikaci, od 60 do 80 dává možnost aplikace s určitým rizikem poškození citlivých rostlin, při hodnotách 80 a vyšších deklaruje zralý kompost. Při standardizaci této metody byly hledány korelační vztahy mezi jednotlivými uvedenými testy a touto metodou.

V roce 1994 byl vyhodnocen pokus, v němž v optimálních podmínkách (tepelně izolované 50l bioreaktory s 15 kg substrátu, vzdušení 15 l/h, teplota termostatu 30 °C) po dobu tří měsíců probíhala fermentace kompostů lišících se obsahem několika běžně dostupných odpadů (tab. I) označených kombinacemi 1 až 5.

V určených časových intervalech (start, 1., 2., 4., 6., 9. a 12. týden) byly odebrány vzorky zrajícího substrátu ke sledování průběhu zrání a stability konečného produktu byla určena těmito testy: stanovení produkce CO₂ interferometricky, stanovení N-NH₄⁺ Conveyovou metodou, stanovení počtu mikroorganismů základních kultivačních skupin plotnovou metodou (MPA – masopeptonový agar, ŠA – škrobový agar, THA – Thorntonův agar, počet spor na MPA). Biozkouškou byl stanoven index klíčivosti. K statistickému zhodnocení vzájemné korelace v předpokládaném trendu nepřímé lineární funkční závislosti byl použit neparametrický test, Spearmanův korelační koeficient (r_s).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Vztahy mezi hodnotami indexu klíčivosti jako nepřímého měření obsahu fyto toxinů a dalšími zvolenými parametry vývoje zralosti byly vyhodnoceny systémem spojitého dvojrozměrného rozdělení výpočtem korelačních koeficientů statistických dvojic. Jednotlivé hodnoty v časové řadě odběrů všech pěti typů kompostů byly zprůměrovány a statisticky zhodnoceny jako jeden soubor (tab. II) i jednotlivě (tab. III).

Po proběhnutí první fáze kompostování spojené s intenzivním rozvojem mikroorganismů a vysokou produkcí CO₂ (168,80 mg) je její postupné snižování během dozrávání a ustálení na hodnotě kolem 20 mg v posledních třech týdnech zrání hlavním ukazatelem ukončení fermentačního procesu. Trend od vysoké fyto toxicity (IK = 14,31) jako výsledku obsahu labilních toxických sloučenin, odpovídající vysoké intenzitě rozkladu, statisticky průkazně koreluje s trendem úbytku produkce CO₂ během zrání (r_s = 1). Konečná hodnota

I. Surovinová skladba kombinací kompostů v procentech hmotnosti – Material composition of composts combinations in percentage of weight

Surovina ¹	Kombinace ¹¹				
	1	2	3	4	5
Tuhý komunální odpad ²	48,0	38,7	–	20,0	–
Stromová kůra ³	21,0	16,9	37,5	17,5	48,7
Kejda prasat ⁴	25,0	20,2	–	–	–
Kanalizační kal ⁵	5,5	3,7	–	–	–
Hovězí kejda ⁶	–	–	37,5	37,5	37,5
Drůbeží trus ⁷	–	–	13,1	13,1	13,1
Průmyslový papírenský kal ⁸	–	20,0	11,2	11,2	–
Močovina ⁹	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Superfosfát ¹⁰	–	–	0,2	0,2	0,2

¹material, ²solid municipal waste, ³tree bark, ⁴pig slurry, ⁵effluent sludge, ⁶cattle manure, ⁷poultry droppings, ⁸paper industry sludge, ⁹urea, ¹⁰superfosfate, ¹¹combination

indexu klíčivosti (85,51) odpovídá dobře vyzrálému kompostu. Znamená to, že ve všech sledovaných časových intervalech je možno použít k potřebným závěrům nezávisle buď parametr produkce CO₂, nebo parametr indexu klíčivosti. Potvrdil se tak předpoklad (L ö b l et al., 1986) přímého vztahu aktivity mikroorganismů dané jejich respirací a velikosti rozkladu organických materiálů bez ohledu na různě vedený biotechnologický proces a surovinovou skladbu.

Při kompostování dochází k přeměně amonných iontů dusíku, které jsou při dodržení aerobity metabolickým odpadem a zároveň i zdrojem dusíku následných sukcesí mikroorganismů, na vázanější formy. Jejich imobilizace na makromolekuly humusových látek vznikajících při humifikaci organických materiálů je důkazem správně vedeného fermentačního procesu. Poznamenání (G o l u e k e, 1977), že stopový obsah amonného iontu je ukazatelem zralosti kompostu, byl potvrzen i našimi předcházejícími výsledky (L ö b l, R e i c h-

l o v á, 1985). Vysoká korelace mezi jeho postupným úbytkem (na konci pokusu o 82 %) vzhledem ke zvyšujícímu se indexu klíčivosti a zmenšující se respirací CO₂ ($r_s = 0,822$) nemá však v hodnoceném pokuse charakter vysoké průkaznosti.

Soubory počtu mikroorganismů jednotlivých kultivačních skupin jsou přibližným ukazatelem následného rozkladu organické hmoty (Š a n t r ů č k o v á, 1992). Změny počtu mikroorganismů jednotlivých sukcesí v průběhu zrání nekorelují v našem pokuse s jejich aktivitou, ať měřenou produkcí CO₂, nebo indexem klíčivosti. Hlavním důvodem je použití plotnové metody, záměrně zvolené k potřebě určování zastoupení specifických druhů v jednotlivých fázích kompostování. Tento postup však neumožňuje přesně definovat biomasu mikroorganismů vcelku. Zvyšování počtu sporetvorných mikroorganismů s délkou zrání souvisí zřejmě s úbytkem snadno přijatelných živin a postupným úbytkem vlhkosti. Korelační koeficient ($r_s = 0,720$), blížíci

II. Statistické vyhodnocení průběhu zrání pěti typů kompostů (v průměru všech kombinací) $P \{ |r_s| > r_s(\alpha) \} \leq \alpha$ pomocí kritické hodnoty Spermanova korelačního koeficientu $r_s(\alpha)$ – Statistical evaluation of maturity course of five compost types (average of all combinations) $P \{ |r_s| > r_s(\alpha) \} \leq \alpha$ by means of critical value of Sperman's correlation coefficient $r_s(\alpha)$

Týdny odběrů ¹	IK (%)	mg CO ₂ /100 g sušiny ²	mg N-NH ₄ ⁺ /100 g sušiny	Počty mikroorganismů ³ (mil./g sušiny)			
				MPA	ŠA	THA	spory ⁴ MPA
Start ⁵	14,31	168,36	722,80	2 201	55	113	12
1	33,82	81,69	768,34	549	274	252	83
2	47,07	56,68	614,51	1 014	122	143	146
4	68,14	22,72	196,49	565	62	79	151
6	58,93	35,16	166,58	1 633	68	75	186
9	63,70	26,96	172,85	542	45	40	144
12	86,51	21,03	132,61	nestanoven ⁶			
r_s		1,000**	0,822*	0,496	-1,932	0,664	0,720
Tab. r_s (n = 7)		$\alpha = 0,05$	0,745*	Tab. r_s (n = 6)		$\alpha = 0,05$	0,828*
		$\alpha = 0,01$	0,892**			$\alpha = 0,01$	0,942**

* statistická průkaznost – statistical significance

** vysoká statistická průkaznost – high statistical significance

¹weeks of samplings, ²dry matter, ³counts of microorganisms, ⁴spores, ⁵start, ⁶not settled

III. Korelační koeficienty $r_s(\alpha)$ jednotlivých kombinací kompostu vztahen k hodnotám indexu klíčivosti – Correlation coefficients $r_s(\alpha)$ of individual composts combinations in relation to values of germination index

Kombinace ¹	mg CO ₂ /100 g sušiny ²	mg N-NH ₄ ⁺ /100 g sušiny	Počty mikroorganismů ³ (mil./g sušiny)			
			MPA	ŠA	THA	spory ⁴ MPA
1	0,822*	0,465	-0,568	0,440	0,104	0,832*
2	0,822*	0,680	-0,120	-0,288	-0,288	0,664
3	1,000**	0,822*	0,496	0,328	0,644	0,776
4	0,822*	0,929**	0,272	0,608	0,608	0,644
5	0,965**	0,929**	0,888*	0,832*	0,944**	0,832*
Tab. r_s (n = 7)		$\alpha = 0,05$	Tab. r_s (n = 6)		$\alpha = 0,05$	0,828*
		$\alpha = 0,01$			$\alpha = 0,01$	0,942**

* statistická průkaznost – statistical significance

** vysoká statistická průkaznost – high statistical significance

¹combination, ²dry matter, ³counts of microorganisms, ⁴spores

se hladině průkaznosti, určité korelační vztahy mezi počtem spor a zralostí kompostu měřenou produkcí CO_2 a indexem klíčivosti potvrzuje.

Detailní rozbor korelačních vztahů jednotlivých kombinací kompostů je uveden v tab. III. Pro přehlednost již neuvádíme jejich jednotlivé hodnoty, ale výsledné korelační koeficienty. Pouze u kombinace 5, což je klasický kůrový kompost, byla nalezena průkaznost vztahu indexu klíčivosti a produkce CO_2 i k počtu mikroorganismů sledovaných kultivačních skupin. Z toho je možno usuzovat, že i v podmínkách přesně vedeného laboratorního pokusu je obtížné plotnovou metodou zmapovat průběh kompostování, případně zralost kompostu. Průkazná až vysoce průkazná korelace mezi indexem klíčivosti a produkcí CO_2 byla nalezena u všech pěti kombinací, průkazná až vysoce průkazná korelace mezi indexem klíčivosti a obsahem amonných iontů pouze u tří kombinací.

Vzhledem k aerobnímu, exotermnímu charakteru mikrobiálního rozkladu organických odpadů, jehož výsledek je kompost, je nutné považovat za zřejmou indikaci intenzity rozkladu mikrobiální respiraci. Proto, jak tvrdí i autoři zjednodušené metody monitorování procesu kompostování a udržování kvality kontrolou velikosti mikrobiální respirace (Wilson, Dalmat, 1986), je-li tato hodnota u aerobních mikroorganismů proporcionální jejich produkci tepla, produkci CO_2 a jejich spotřebě kyslíku, pak měření kteréhokoli z těchto parametrů může být indikací stability. Autoři dokumentují ve standardizovaných podmínkách dobrou korelaci mezi mikrobiální respirací a vývojem stability kompostu. Zároveň uvádějí nezbytnost testování korelace mezi respirací a biozkouškou v kritických hodnotách.

V souladu s uvedenými autory nahrazením v praxi nesnadno měřitelného parametru produkce CO_2 parametrem vývoje indexu klíčivosti spolu se standardním měřením teploty podle ČSN 46 5735 byla naším pracovištěm prověřována kompostovatelnost různých i ne-tradičních surovin a kompostovacích systémů. Potřebná stabilizace produktu podle předpokládaného použití je kvantifikována konečnou hodnotou indexu klíčivosti řehyčů seté (50 až 100). Spotřebitel má záruku deklarované vyzrállosti kompostu s možností reklamace a výrobce důvěru odběratelů.

ZÁVĚR

Modelovým pokusem s pěti kombinacemi kompostu a statistickým srovnáním několika testů stanovení průběhu fermentace a vývoje stability organických látek byl potvrzen předpoklad možné náhrady klasické respirometrické metody biozkouškou, vyvinutou pro kompostářskou praxi. Zvyšující se index klíčivosti průkazně koreluje s úbytkem produkce CO_2 během fermentace a jeho konečná hodnota kvantifikuje stupeň vyzrállosti kompostu.

LITERATURA

- GOLUEKE, C.: Biological reclamation of solid wastes. Rodale Press, 1977: 99–102.
- LÖBL, F. – REICHLÖVÁ, E.: Commercial composts with different degrees of N immobilization and their effect on mineral N changes in soils under different soil and climatic conditions. In: Sbor. půdoznal. Konf. Nitra, 1985: 115–119.
- LÖBL, F. – ŠTIKOVÁ, A. – REICHLÖVÁ, E.: Joint processing of tree bark and liquid materials in the commercial composts. Ann. Res. Inst. Crop Prod. Praha-Ruzyně, 1986: 215–224.
- NOVÁK, B. – APFELTHALER, R.: Příspěvek k metodice stanovení respirace jako indikátoru mikrobiologických pochodů v půdě. Rostl. Výr., 10, 1964 (2): 145–150.
- POKORNÁ-KOZOVÁ, J.: Zur Methodik der Festsstellung der Ammonifizierung in Bodenproben. Zbl. Bakt. II, 18, 1964: 368–373.
- REICHLÖVÁ, E.: Biologická metoda stanovení zralosti kompostu. Úroda, 235, 1991 (10): 45–46.
- ŠANTRŮČKOVÁ, H.: Metody studia mikrobiální biomasy v půdě. In: Sbor. ÚPB ČSAV České Budějovice, 1992: 7–17.
- VLEESCHAUWER, D. DE – VERDONCK, O. – ASSCHE, P. VAN: Phytotoxicity of refuse compost. BioCycle, January, February, 1981: 44–46.
- WILLSON, G. B. – DALMAT, D.: Measuring compost stability. BioCycle, August, 1986: 34–37.
- ZUCCONI, F. – PERA, A. – FORTE, M.: Evaluating toxicity of immature compost. BioCycle, March, April, 1981a: 54–57.
- ZUCCONI, F. – FORTE, M. – MONACO, A.: Biological evaluation of compost maturity. BioCycle, July, August, 1981b: 27–29.
- ČSN 46 5735. Průmyslové komposty. 1984.

Došlo 27. 6. 1995

Kontaktní adresa:

Ing. Eva Reichlová, Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, 161 06 Praha-Ruzyně, Česká republika, tel.: 02/36 08 51, fax: 02/36 52 28

TITÁN VO VÝŽIVE RASTLÍN

TITANIUM IN PLANT NUTRITION

M. Kovarčík

University of Agriculture, Nitra, Slovak Republic

ABSTRACT: The problems of microelement plant nutrition have been a subject of interest in the works of many scientists in the whole world. An estimation of element quantity needed for the plant nutrition is one of important factors. The content of element in the soil, water and air may have a decisive impact on the plant metabolism. Titanium ranks among the elements to which an attention of scientific research is aimed nowadays. Also the introduced contribution deals with the titanium importance in the plant nutrition. The results of scientific works from various countries from the beginning of the 20th century till today are included in this work.

titanium; soil; plant; yield; quality of production; toxicology

ABSTRAKT: Problematikou výživy rastlín mikroelementami sa zaoberalo vo svojich prácach veľké množstvo vedeckých pracovníkov na celom svete. Dôležitým faktorom je určenie množstva prvku, ktoré je potrebné pre výživu rastlín. Obsah prvku v pôde, vo vode či vo vzduchu môže mať rozhodujúci vplyv na metabolizmus rastlín. Jedným z prvkov, ktorý sa v poslednom čase dostáva do pozornosti vedeckého výskumu, je aj titán. Jeho významom vo výžive rastlín sa zaoberá aj uvedená práca, sú v nej zahrnuté výsledky prác vedeckých pracovníkov z rôznych krajín od začiatku 20. storočia až do súčasnosti.

titán; pôda; rastlina; úroda; kvalita produkcie; toxikológia

Titán (Ti) je jedným z najčastejších prvkov v zemskej kôre. Steček (1991) uvádza priemerný obsah titánu v pôde v podmienkach strednej Európy 0,58 %. Titán v pôde je vo všeobecnosti viazaný na oxidy a kremičitany a je súčasťou asi 80 nerastov. Najvyšší obsah bol zistený v bazických vyvrelinách (u nás až 0,68 %). V tejto forme je titán pre rastliny prakticky neprístupný. V nerastoch, v ktorých titán zastupuje hliník, železo alebo horčík, môže zvetraním časť titánu prechádzať do roztoku a z neho sa potom veľmi ľahko sorbuje ílovitými časticami pôdy. Tým možno vysvetliť značný obsah titánu v ílovitých sedimentoch (Stejskal, 1958).

Altınbas, Uysal (1988) uvádzajú priemerný obsah oxidu titaničitého v pôdach juhozápadnej Anatólie 1,33 % v nevápenej hneдозemi, 0,84 % v hneď lesnej pôde, 0,73 % v červenej hlinitej pôde a 0,48 % v rendzine.

Hiller, Brummer (1989) v podmienkach Šlezvicko-Holštajnských močaristých pôd zistili titán vo väzbe so železom i manganom.

Milnes, Fitzpatrick (1989) sa venovali vo svojom výskume výskytu titánu, zirkónu a ich minerálov alebo zlúčenín. Sledovali ich geologický a geoche-

mický vývin, formy a výskyt, chemické a fyzikálne vlastnosti, formovanie a zvetrávanie v pôdnom systéme. Sledovali tiež syntézu týchto minerálov a ich použitie pri štúdiu formovania pôdy.

Ramakrishna et al. (1989) vo svojej výskumnej práci s rastlinou *Ipomea biloba* dokázali vysokú koreláciu medzi obsahom kovov (titánu a železa) v pôde a v rastlinách na nej vegetujúcich.

V posledných desaťročiach bolo vydaných asi 500 vedeckých publikácií súvisiacich určitým spôsobom s biologickou úlohou titánu, ale len málokterá z nich dostatočne podrobne túto problematiku rozoberá. Počas posledných 40 rokov bol publikovaný narastajúci počet odborných príspevkov a monografií o biochemickej a fyziologickej úlohe prvkov (Scharer, 1955; Bowen, 1966; Epstein, 1972; Eichorn, 1973), ale žiadna z nich nepopisovala titán ako biologicky dôležitý prvok. Jedni z prvých autorov upozorňujúcich na priamy vplyv titánu pri syntéze chlorofylu boli však Traetta, Mosca (1913 – cit. Pais et al., 1977). Zaujímavú prácu publikovali Konishi, Tsuge (1936), ktorí uvádzajú prehľad priaznivých vplyvov titaničitanu draselného na vývoj lucerny a na množstvo a aktivitu koreňových hrčiek. V tejto súvislosti Anderson

(1951) naznačil možnú úlohu titánu v procese fixácie dusíka strukovinami. Baum (1939) zaznamenal priaznivý vplyv titánu na rozvoj baktérií rodu *Azotobacter*, pútajúcich vzdušný dusík. Priaznivé hnojivé účinky Thomasovej múčky na hrach a datelinu sú okrem iných vyvolávané tiež obsahom vanádia a titánu v tomto hnoji.

Poluzarev (1965) uvádza, že titán vykazuje vlastnosti intenzívnej biologickej akumulácie a nízkej pôdnej migrácie. Tento výrok sa spochybuje nielen v staršej literatúre, ale aj podľa niektorých výskumov. Glazovskaja (1964) zistila, že koeficient biologickej akumulácie titánu je jedným z najnižších.

Tonkošenko, Chljupina (1974) uvádzajú odber titánu z pôdy rastlinami v množstve 75 až 2 700 g.ha⁻¹, čo je najširší rozptyl nameraných hodnôt. Údaje o fytotoxite titánu sú tiež zaujímavé. Kusaka et al. (1971) uvádzajú, že 30 mg.kg⁻¹ v pôde naruša rast cukrovej repy, kým 150 mg.kg⁻¹ je už úplne fytotoxických. Na druhej strane Luzzatti (1963) informoval, že v neutrálnych a kyslých pôdach je titán toxický iba nad 400 mg.kg⁻¹.

Hara et al. (1976) uskutočnili pokusy s kapustou pestovanou v hydropóniách a zistili, že fytotoxicita titánu začína nad koncentráciou 1 mg.kg⁻¹. Tento údaj sa zhoduje s výsledkami, ktoré uvádzajú Pais et al. (1979) pri sledovaní sadeníc rajčín v hydropóniách.

V roku 1968 sa začali práce na zdokonalení metódy vhodnej na výskum funkcie stopových prvkov vrátane titánu. Podstata metódy bola v tom, že kontajner, v ktorom sa pestovali rastliny, a substrát použitý na fixovanie rastlín boli zo syntetických materiálov (polyetylén, resp. polystyrén), ktoré sú z hľadiska výmeny iónov indiferentné. Okrem toho bola hydropónia pripravená z čistých chemikálií a vody bez obsahu mikroelementov. Materiál kontajnerov a čistota roztokov sa kontrolovali vysokocitlivou metódou hmotovej spektrografie.

V prvých pokusoch sa okrem makroelementov primárne potrebných pre život rastlín skúmali nielen vplyvy tých stopových prvkov, ktoré sú jednoznačne považované za podstatné, ale tiež niektoré ďalšie prvky vrátane titánu. Výsledkom pokusov s rajčinami, ktoré boli použité ako skúšobné rastliny, bolo zistenie priaznivého vplyvu titánu na tvorbu chlorofylu. V prípade kobaltu a niklu sa dávka 1 mg.kg⁻¹ prejavila fytotoxicky, kým u titánu sa rovnaký efekt objavil až pri 5 mg.kg⁻¹.

Neskôr sa realizovali pokusy s mimokoreňovou výživou rajčín pestovaných na poli (Pais, Hodossi, 1975). Zistilo sa zvýšenie úrod plodov, pozitívne zmeny v ich zložení a akcelerácia ich dozrievania. Listový postrek aplikovaný v tomto experimente obsahoval množstvo makro- a mikroprvkov vrátane titánu.

V roku 1974 sa začali pokusy, cieľom ktorých bolo objasnenie úlohy titánu vo fyziológii rastlín a zistenie možnosti jeho využitia pri pestovaní rastlín. V poľnohospodárskom podniku sa pestovali tri dôležité záhradné plodiny (rajčiny, zimné jablká a vinič) roztokom obsahujúcim 1 mg.kg⁻¹ titánu. Pri príprave roztoku titánu sa použil analyticky čistý tetrachlorid

titánu a na zriedovanie bola použitá redestilovaná voda. Titán v roztoku s tak nízkou koncentráciou sa nezráža. V priemerných vzorkách odoberaných z parciel postrekovaných v troch termínoch sa merali parametre niekoľkých komponentov a obsah chlorofylu v listoch. Ako je zrejme z tab. I, mimokoreňová výživa roztokom titánu viedla u všetkých troch plodín k vysokopozitívnym výsledkom.

O dôležitosti titánu pre život rastlín svedčia aj výsledky získané hmotovou spektrografiou látok obsiahnutých v listoch rastlín ošetrovaných roztokom titánu (Pais, 1974). Kladný vplyv titánu sa potvrdil aj na značnom náraste koncentrácie niektorých základných stopových prvkov. Vysvetľuje sa to tým, že titán podporuje fotosyntézu, a tak potrebu iónov pre zvýšenie aktivity enzýmov, ktoré tento proces zabezpečujú. Titán teda stimuluje príjem iónov rastlinou. Na základe výsledkov uvedených výskumov sa predpokladalo, že využitie mimokoreňovej výživy roztokom titánu vyrieši dôležitý problém produkcie repy v Maďarsku. V lete 1975 bola cukrová repa na poľnohospodárskych podnikoch trikrát postrekovaná roztokom obsahujúcim titán v koncentrácii 1 mg.kg⁻¹ tak, že celkove dostali rastliny 3 g.ha⁻¹ titánu. Pozoruhodné výsledky sa dosiahli na hospodárstve Mezöhegyes (Pais et al., 1977). Výsledky pozorovaní dokazujú, že aplikáciu titánu vzrástol obsah chlorofylu v listoch, vzrástli aj úrody koreňa a digescia.

V poľnohospodárskom podniku Kalocsa sa uskutočnili rozsiahle pokusy s dvoma americkými odrodami skorej kukurice (Yukon a Commander) a jednou neskorou odrodou (Merit). Údaje z pokusov ukazujú, že úrody cukrovej kukurice, ako aj obsah cukru v nej, vzrástli u každej odrody o 25 až 30 %. Tento dvojité efekt sa považuje za prísľub veľkého ekonomického prínosu.

Zbiskó (1987) uvádza pozoruhodné výsledky aplikčných skúšok kvapalného listového hnojiva Titavit, vplyvom ktorého sa urýchľuje fotosyntéza v listoch, zvyšuje množstvo chlorofylu a aktivita niektorých enzýmov. Titán tiež zvyšuje využitie základných živín, najmä dusíka, takže po ošetroaní sa znižuje obsah dusičnanov v plodoch ich intenzívnejšou premenou na bielkoviny.

V Maďarsku aplikovali Titavit v rôznych dávkach na porasty ozimnej pšenice, cukrovej repy, lucerny, kukurice na siláž, cukrovej kukurice, slnečnice, zeleninovej papriky a rajčín, strukovín, na ovocné stromy a vinič. Toto hnojivo bolo testované v mnohých poľnohospodárskych podnikoch celého Maďarska.

Pri ozimnej pšenici aplikáciu 1 l Titavitu na 1 ha dosiahli nárast produkcie zrna o 6 až 15 %. Aplikáciu odporúčajú vykonať tesne po odkvitnutí. Pokusy uskutočnili v siedmich poľnohospodárskych podnikoch.

V porastoch cukrovej repy aplikovali Titavit v troch termínoch. Cukornatosť cukrovej repy sa zvýšila až o relatívnych 10 %. Pokusy sa uskutočnili v štyroch poľnohospodárskych podnikoch.

Fehér et al. (1986a) študovali príjem titánu rastlinami vo výživnom roztoku. Titán sa aplikoval vo vý-

Vzorka ¹		Obsah chlorofylu ⁵ (mg.g ⁻¹)	Refraktometrická sušina ⁸ (%)	Obsah glukózy ⁹ (%)
Rajčiny ²	ošetrené ⁶	1,97	5,00	3,23
	kontrola ⁷	1,53	4,50	2,24
Jablká ³ Jonatan	ošetrené	2,60	13,80	8,39
	kontrola	2,06	13,00	7,80
Vinič ⁴ Ezerjó	ošetrené	1,33	15,70	13,40
	kontrola	1,14	14,80	12,84

¹sample, ²tomatoes, ³apples, ⁴grape-vine, ⁵chlorophyll content, ⁶treated, ⁷control, ⁸refractometric dry matter, ⁹glucose content

živnom roztoku ku koreňom alebo na list v dvoch formách, ako tetrachlorid titánu, alebo chelátový komplex stabilizovaný kyselinou askorbovou, pričom každá forma bola v dvoch koncentráciách (2 a 5 mg.ml⁻¹). Korene a listy prijímali titán, ktorý bol premiestnený v dvoch smeroch. Vyššie koncentrácie mali za následok zvýšený príjem. V koreňoch bol príjem titánu vyšší z komplexu askorbovej kyseliny oproti príjmu z tetrachloridu. Opačne to bolo v prípade príjmu listami. Všetky ošetrenia zvýšili produkciu sušiny.

Fehér et al. (1986b) zisťovali, ako titán ovplyvňuje príjem živín rajčinou. Postrek listov rajčín chelátom titánu spôsobil rast hmotnosti plodu a hmotnosti sušiny. Vo vzťahu k aplikácii titánu obsah fosforu, draslíka, horčíka, medi, zinka, železa a mangánu v listoch vzrástá, obsah vápnika klesá.

Tichý (1987) sledoval účinok a spôsob použitia zriedeného roztoku síranu titanylammónneho stabilizovaného kyselinou vinnou alebo citrónovou (v súčasnosti má už obchodný názov Titavin). Nový prostriedok vyvinul Křížal (1987). Testoval nové kvapalné hnojivo na ŠPP VŠP v Nitre na hneдозemi. Pri overovaní jeho účinkov sa orientoval na tie plodiny, ktoré majú vysoké nároky na živiny. Také požiadavky spĺňajú cukrová a krmná repa. Posudzoval jednotlivé parametre úrody a kvality koreňov cukrovej repy. Poloprevádzkové pokusy vykonal na ŠSM Sládkovičovo. Na základe experimentálnych výsledkov bol vyslovený záver, že ide o nový prostriedok pre foliárnu výživu rastlín.

Tóth, Žilincík (1988) porovnávali účinnosť hnojiva Titavin s kontrolou (NPK) a s účinkom hnojiva Folibor. Titavin aplikovali trikrát po 1 l.ha⁻¹, spolu Titavin 3 l.ha⁻¹ a Folibor 2,5 l.ha⁻¹ v jednom termíne. Výsledky úrody koreňov sa v priemere pohybovali na úrovni kontroly (varianty 2 a 3 l), pri jednej aplikácii Titavinu boli vyššie, pri Folibore boli nižšie ako priemer kontroly. Digestia sa zvýšila priemerne o 1 %, čo je potrebné hodnotiť výrazne pozitívne. Varianty s aplikáciou titánu a bóru mali o 15 až 19 % nižší obsah rozpustného popola. Hodnoty MB-faktora sa aplikáciou titánu znížili o 14 až 18 %.

Citovaní autori súhrnne formulujú predbežné závery o pozitívnom účinku aplikovaného Titavinu na digestiu a predovšetkým na produkciu rafinády. Vyslovujú názor, že postačí dávka 1 l.ha⁻¹ kvapalného listového

hnojiva Titavin aplikovaného v čase najintenzívnejšej resorpcie živín (jún, august).

Tichý et al. (1989) dosiahli v roku 1989 v lokalite Koliňan pri foliárnej aplikácii Titavinu na cukrovú repu pri dvoch ošetrovaniach titánom v dávkach po 4,5 g.ha⁻¹ najvyššiu úrodu a tiež aj najvyššiu cukrnatosť, najmenší obsah alfa-aminodusička, najvyššiu výťažnosť a produkciu rafinády. Tomu zodpovedá zvýšený obsah a + b chlorofylu. Na ŠSM Sládkovičovo realizovali tiež veľkoplošnú aplikáciu Titavinu v cukrovej repy. Výsledky tu tiež poukazujú na jednoznačnú tendenciu zvyšovania cukrnatosti vplyvom foliárneho hnojiva Titavin.

Tichý, Tóth (1990) uverejnili ďalšie zaujímavé výsledky overovania pôsobenia Titavinu v cukrovej repy. Ich výsledky hovoria o zvýšení obsahu chlorofylu a najmä o preukaznom a vysokopreukaznom zvýšení produktivity fotosyntézy. Zvýšenie úrod koreňov asi o 2 až 7 % bolo síce štatisticky nepreukazné, ale účinok Titavinu sa prejavil pozitívne na zvyšovaní cukrnatosti a produkcie rafinády. Odporúčajú foliárnu aplikáciu Titavinu v dvoch dávkach po 1 l.ha⁻¹ v období najintenzívnejšieho rastu cukrovej repy.

Steček (1991) uvádza výsledky skúšok s Titavinom v cukrovej repy a na lesných škôlkach. Pokusy na repy prebiehali v roku 1986 až 1989 ako presné nádobové pokusy, poľné pokusy i ako poloprevádzkové pokusy. Základné predsejbové hnojenie priemyselnými hnojivami bolo na všetkých kombináciách rovnaké. Aplikácia Titavinu bola vykonaná foliárne 0,5% roztokom. Vegetačný nádobový pokus s cukrovou repou po foliárnej aplikácii prípravkom Titavin preukázal pozitívny vplyv na digestiu a ďalšie ukazovatele technologickej hodnoty (rozpustný popol a amidický dusík).

Okrem pokusu so samotnou aplikáciou Titavinu na cukrovú repu v čase vegetácie citovaný autor zároveň overoval i vplyv spoločnej aplikácie živín a stopových prvkov prichádzajúcich do úvahy pre foliárnu výživu cukrovej repy (bór, horčík). Bór bol aplikovaný v Solubore, horčík v suspenznom sírane horečnatom (hnojivo obsahovalo 6,5 % oxidu horečnatého, 1 % železa, 0,02 % titánu). Výsledky nádobového pokusu poukazujú na pozitívny vplyv aplikácie Titavinu, Soluboru a síranu horečnatého na technologické hodnoty cukrovej repy.

Titavin bol vyskúšaný aj v lesnej škôlke v Krnove na posilnenie asimilačného aparátu ihličnatých stromov poškodených imisiami. Pri záverečnom hodnotení vykazovali pokusné plochy oproti kontrole sýtejšiu zelenú i dlhšie ihlice o 50 až 80 %. Súčasne boli odobraté vzorky ihličia na obsah chlorofylu. Obsah chlorofylu bol vyšší o 42,5 % oproti kontrolnej ploche.

Čo sa týka obilnín, Asmajaeva, Ilvitsky (1969) zistili v popole pšeničného zrna 0,8 mg.kg⁻¹ titánu.

Mrowca (1973, 1974) patentoval rôzne deriváty titánu. Podľa jeho výsledkov vzrástla úroda zrna pšenice a hrachu vplyvom takýchto zlúčenín titánu o 15 až 20 %. Je však potrebné uviesť, že ich výroba bola komplikovaná, čím sa znemožňuje ich hospodárske využitie.

Troitsky (1955) skúmal zloženie pôdy, viniča na nej pestovaného a vína vyrobeného z hrozna v rôznych vinohradníckych oblastiach Ruska. Podľa jeho údajov je možné v pôde zistiť priemerne 2 000 mg.kg⁻¹ titánu, v hrozne maximálne 10 mg.kg⁻¹ titánu a vo víne niekoľko desiatín mg.kg⁻¹ titánu. Organoleptické testy ukázali kladný vplyv titánu na tvorbu chuti a arómy vína.

Dobroljubskij (1961) použil na postrek viniča roztok s obsahom trojmocného titánu a zistil, že sa takto zvýšila úroda, obsah cukru v hrozne a redukoval sa obsah tirovateľných kyselín v hroznejvej šťave.

Zaujímavé pokusy realizovali Rutsckaja (1971, 1976) a Rutsckaja, Rižabsckaja (1974), ktoré zistili, že vývoj cukrovej repy kladne ovplyvnilo prídanie síranu titanylomónneho do pôdy. Podľa ich výsledkov obsah chlorofylu v listoch vzrástol a obsah cukru v repe sa tak tiež zvýšil.

Pais et al. (1979) dosiahli so zlúčeninami titánu rozpustnými vo vode podobné výsledky, ale s dvoma dôležitými rozdielmi: aplikáciou formou mimokoreňovej výživy; a to len 3 až 15 g.ha⁻¹ titánu oproti 300 až 400 g.ha⁻¹ titánu (Rutsckaja, 1971, 1976).

Údaje zo staršej literatúry potvrdzujú novšie japonské patentové špecifikácie (Wakamoto, 1973; Tsukamoto, 1975), podľa ktorých doplnky k hnojivám pozostávajúce zo zlúčenín železa a titánu brzdia proces denitrifikácie, čím podporujú premeny dusíka v pôde. Uvedení autori skúmali aj pozitívny vplyv titánu na kvantitu a kvalitu úrody sóje. Veľmi zaujímavé sú výskumy (Grizankova, Bojčenko, 1976), v ktorých boli z morských rastlín (*Laminaria japonica*, *Zostera marina*) izolované zlúčeniny titánu, ktorých zloženie naznačuje, že by mohli zohrávať biologickú úlohu.

Hecl, Šoltýsová (1989) sledovali vplyv kvalitatívnych listových hnojív DAM 390 a Titavitu (výrobok Istrochemu Bratislava) na obsah aminokyselín v zrne ozimnej pšenice. Titavit bol aplikovaný v období predlžovania listových pošiev. Poľné pokusy prebiehali na troch pôdnych typoch: nívna pôda, ilimerizovaná pôda a nívna pôda glejová. Aplikácia Titavitu sa prejavila kladne na nívnej pôde, kde sa zvýšil obsah esenciálnych aminokyselín (EAK) o 4,13 % oproti kontrolné-

mu variantu. Na ostatných pôdnych typoch bol jeho vplyv nevýrazný. Ak hodnotíme vplyv hnojiva Titavit na najdôležitejšiu esenciálnu aminokyselinu lyzín, je badateľný jeho prínos na nívnej pôde a nívnej pôde glejovej.

Fehér (1987) si vytýčila za cieľ výskumu zlepšiť kvalitu plodov rajčín, pričom rastliny hnojila aj titánom. Titán sa totiž v periodickej sústave prvkov nachádza v rade takých elementov, z ktorých väčšina je žiaduca v bunkách rastlín, resp. tieto predstavujú nevyhnutne potrebné živiny.

Pri týchto výskumoch zo všetkých anorganických a organických solí titánu najviac vyhovovala jeho komplexná soľ s kyselinou askorbovou. Táto soľ umožnila rozpustnosť titánu vo vode, čo umožňuje resorpciu titánu z tejto zlúčeniny. Výsledky výskumu objasnili, že predmetná zlúčenina titánu preniká do rastliny tak koreňmi, ako aj listami, čo je pri postreku na list, a tam sa titán v bunkových chloroplastoch hromadí. Tak pravdepodobne zvyšuje fotosyntézu tým, že po naviazaní na bielkoviny urýchľuje redox procesy, čo súvisí so schopnosťou titánu ľahko odovzdať a prijímať elektróny.

Zvyšovanie aktivity enzýmov, ktoré sa podieľajú na fotosyntéze, objasňuje aj biochemickú funkciu titánu. Vplyvom titánu sa zvyšuje aktivita týchto enzýmov, čím sa zvyšuje rýchlosť fotolýzy (tvorí sa viac molekúl kyselika), a tým aj syntéza sacharidov. Narastá množstvo chlorofylu, ktorý je potrebný na fotosyntézu. V pokusoch sa potvrdilo aj to, že vplyvom výživy rastlín titánom sa zvyšuje aj príjem ostatných minerálnych prvkov, ako sú: draslík, horčík, meď, zinok, železo a mangán. Zvýšená tvorba sacharidov podmieňuje ich obsah v rastlinných produktoch.

Súčasný výskum je zameraný na presnejšie stanovenie mechanizmu pôsobenia titánu, a to preto, aby sa objasnilo, v ktorej rastovej fáze rastliny pôsobí výživa titánom najúčinnnejšie. Tým sa znižujú náklady na aplikáciu tohto mikroelementu. Náklady sa znižujú tiež jeho spoločnou aplikáciou s niektorým nevyhnutne potrebným ochranným prostriedkom.

Ram et al. (1988) sa v nádobových pokusoch zaoberali vplyvom titánu na úrody rajčín. Titán aplikovali na list a do pôdy. Do pôdy v nádobách pridali 0,25 až 2,00 mg.kg⁻¹ vo vode rozpustného titánu ako dicyklopentadienylchlorid titánu, zmiešaný s pôdou alebo dvakrát aplikovaný postrekom (30 až 50 dní po zasadení). Rastliny boli poberané 60 dní po zasadení. V porovnaní s neošetrenými rastlinami postreky na list výrazne prispeli k tvorbe sušiny, ale aj k príjmu horčíka, titánu, hliníka a vanadu z pôdy. V každom prípade však aplikácia do pôdy nemala výraznejší účinok a predpokladá sa, že titán prešiel do formy oxidu titaničitého, nedostupnej pre rastliny. Listový postrek v množstve 1 mg.kg⁻¹ bol najúčinnnejší: zvýšil úrodu sušiny oproti neošetreným rastlinám o 0,442 g na nádobu obsahujúcu päť rastlín. Priemerná úroda sušiny pri postreku na list bola na jednu nádobu 1,923 g, 1,638 g pri aplikácii do pôdy a 1,481 g u kontrolných rastlín.

Senesi et al. (1988) študovali obsah skandia, titánu, volfrámu a zirkónu vo vyluhovaných vzorkách zo 48 druhov anorganických hnojív, získaných od rôznych talianskych distribútorov a výrobcov. Štyri skúmané prvky boli prítomné v značných množstvách vo všetkých superfosfátoch a takmer vo všetkých dvojzložkových hnojivách NP, trojzložkových hnojivách NPK a vo vzorkách kyanamidu vápenatého, kým v sírane draselnom a syntetických dusíkatých hnojivách boli tieto prvky vo väčšine prípadov nezistiteľné alebo prítomné len vo veľmi malých množstvách. Poradie podľa množstva bolo vo všeobecnosti: titán, zirkón, volfrám, skandium.

Kaup, Carter (1987) skúmali zdroje a distribúciu titánu v pôdach pomocou mikromorfológie, submikroskopie a prvkovej analýzy. Najskôr sa určoval titán a zirkón v pôde vytvorenej z grandioritu. Následne sa určil zdroj titánu a jeho distribúcia, aby sa mohlo zhodnotiť zvetrávanie minerálov s obsahom titánu a mobilita titánu. Obsah titánu meraný röntgenovou spektroskopiou vzrastal od silicovej do ílovitej frakcie, od C cez A horizont. Použitím spektrografického mikroskopu, röntgenovej difrakcie zobrazovacieho elektrónového mikroskopu a disperznej analýzy energie röntgenových lúčov sa identifikoval ilmenit ako minerál obsahujúci titán, avšak titán sa tiež objavoval v biotite, anfibole a titanite. Údaje ukazujú, že ilmenit, biotit, anfibol a titanit môžu pri zvetrávaní uvoľňovať titán v argilitoch, ferroargilitoch, feránoch, neoferánoch a kvaziferánoch, nekryštalických materiáloch a v časticach veľkosti ílu v plazme. Údaje tiež dokazujú pohyblivosť titánu, čo vidno zo straty titánu z profilu po vymývaní.

Cary et al. (1986) vyvinuli presnú metódu na stanovenie titánu v rastlinnom materiáli a v pôde. Dumon, Ernst (1988) diskutujú o týchto problémoch: výskyt a podiel jednotlivých častíc titánu v pôdach, hromadenie titánu vo vodných organizmoch, výskyt titánu v suchozemských rastlinách, vplyv titánu na rast rastlín, vplyv titánu na fyziologické procesy.

Z uvedených poznatkov vyplýva potreba ďalšieho skúmania vplyvu foliárneho kvapalného hnojiva Titavin na úrodu a kvalitatívne ukazovatele cukrovej repy ako aj ďalších poľných plodín. V prospech efektívnosti použitia Titavínu svedčia minimálne materiálové náklady a možnosti tank-mix aplikácie s pesticídmi ako i so všetkými druhmi kvapalných a suspenzných hnojív.

Zdravotné a bezpečnostné aspekty a toxikológia titánu

V priebehu posledných štyroch až piatich desaťročí sa vykonalo veľké množstvo prác, ktorých predmetom bola toxikológia titánu, hlavne ako dôsledok rozšírenia používania farbív – pigmentov na báze oxidu titaničitého – titánová beloba (Poole et al., 1969; Berlin et al., 1979; Valentin, Scholler, 1980).

Diskutuje sa len o titáne prítomnom v anorganických zlúčeninách, a nie o vplyve doprevádzajúcich zlo-

žiek. Napr. chlorid titaničitý je toxický vplyvom doprevádzajúcich zložiek (kyseliny chlór vodíkovej) i exotermickou reakciou v priebehu reakcie s vodou, nie však pre možnú toxicitu samotného titánu.

Nie je dokázané, že titán je esenciálnym prvkom pre život človeka, rovnako nie je dokázané, že by bol toxickým prvkom. Zdá sa, že ľudský organizmus má veľkú toleranciu voči titánu. Výskumy na pokusných zvieratách potvrdzujú, že oxid titaničitý nie je karcinogénny, mutagénny alebo teratogénny (Ministerstvo zdravotníctva USA, 1979).

V kovovej forme sa titán používa ako chirurgický implantát a niekoľko titánových zlúčenín sa používa v lekárskech a potravinárskych produktoch bez akýchkoľvek škodlivých účinkov. Oxid titaničitý sa používa tiež ako kontrolná látka pri výskume vypudzovania niektorých zlúčenín z pľúc, v ktorých sa nachádza v najväčších koncentráciách (Tipton, Cook, 1963; Ferin, 1971; Hamilton et al., 1972). Titán sa akumuluje v pľúcach v priebehu života. Osoby vystavené vplyvu zlúčenín titánu v ich pracovnom prostredí majú vo svojom organizme vyššiu koncentráciu titánu. Zistilo sa, že priemerná hladina titánu v pľúcach baníkov ($119 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sušiny) je v porovnaní s osobami, ktoré neboli vystavené vplyvu pracovného prostredia ($19 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), výrazne vyššia (Craib et al., 1968). Preukazuje vyššie koncentrácie titánu sa vyskytli v pľúcach pracovníkov, ktorí boli zamestnaní deväť rokov vo fabrike na výrobu farbív na báze oxidu titaničitého v porovnaní s normálnymi podmienkami (Elo et al., 1972). Usadeniny v pľúcnych alveolách sa zistili v súvislosti s deštrukciou buniek a fibrózou. Prítomnosť titánu v lymfatickom systéme viedla k záveru, že tento systém bol zodpovedný za elimináciu oxidu titaničitého z pľúc. Na základe týchto dôkazov sa oxid titaničitý klasifikoval ako ľahké dráždivo pľúcnych alveol, ale jeho účinky sa prejavili neskôr ako adverzné účinky vyvolané inými zlúčeninami, ako sú oxid kremičitý alebo silikáty (Määtä, Arstila, 1975).

Pigment (farbivo) na báze oxidu titaničitého v dôsledku malých rozmerov častíček je kvalifikovaný ako škodlivý prach (ACGIH, 1980; Guidance Note EH 15/80, 1980). Limit krátkodobej expozície je $30 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$. V Nemecku sa špecifikovala hodnota MAK $8 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Nie je možné určiť, ktorá časť pigmentu na báze oxidu titaničitého je v uvedených rozsahoch. Počas výroby a pri balení sú množstvá dýchatelného prachu 5 až 15 % z celkového prachu. Ak sa predpokladá, že koncentrácia prevyšuje určené hranice, pracovníci musia používať vhodné respiračné ochranné prostriedky a prach neprepúšťajúce ochranné okuliare. Veľmi jemné častíčky farbiva na báze oxidu titaničitého absorbujú vodu a viažu sa na prirodzené tuky pokožky, a tým spôsobujú jej vysušenie. Preto je potrebné vyhnúť sa dlhotrvajúcemu pôsobeniu a každé vysušenie pokožky by sa malo odstrániť jej umývaním vodou a mydlom. Čistá pokožka sa má ošetriť krémom.

Koncentrácia titánu v krvných vzorkách odobratých zo skupiny osôb vykazovala hodnoty 30 až $160 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$

krvi (Maillard, Hori, 1936; Timakan, 1967). Koncentrácia v moči normálnych osôb je cca $10 \mu\text{g.l}^{-1}$ (Perry, Perry, 1959; Kirk, Othner, 1983).

Z hygienického hľadiska nie je u nás titán považovaný za toxický prvok (Steček, 1991). V hygienických predpisoch (Zb. zákonov, 1/1994) o cudzorodých látkach v požívatinách nie je uvedený medzi chemickými prvkami kontaminujúcich cudzorodých látok.

LITERATÚRA

- ALTINBAS, U. – UYSAL, H.: Egeuniversitesi Ziraat Fakultesi Dergisi, 25, 1988 (1): 23–34.
- ANDERSON, A. J.: The influence of plant nutrients on symbiotic nitrogen fixation. Proc. Spec. Conf. Pl. and Anim. Nutr., 1951: 190–199.
- ASMAJEVA, Z. I. – ILVITSKY, N. A.: Levels of some major trace elements in wheat grains. Izv. Vissh. Ucheb. Zaved. Pisch. Technol., 1969.
- BAUM, T.: Zum Wirkung von Titan Verbindungen auf Pflanzen [Dizertace.] München, 1939. – T. H.
- BERLIN, M. – NORDMAN, C. – FRIBERG, L. et al.: Handbook on the toxicology of metals. Amsterdam, Netherlands, Elsevier/North Holland Biomedical Press 1979 (38): 627–636.
- BOWEN, H. J. M.: Trace elements in biochemistry. London, New York, Academic Press 1966. 241 s. In: J. Pl. Physiol., 133, 1988 (2): 203–209.
- CARY, E. E. – GRUNES, D. L. – BOHMAN, V. R.: Stanovenie titánu pre úpravu pôdnej kontaminácie rastlinných vzoriek. Agron. J., 1986, 78, 1986: 933–936.
- CRABB, J. V. et al.: Amer. Ind. Hyg. Assoc., 28, 1967; 29, 1968.
- DOBROLUBSKIJ, O. K.: The effect of titanium as a trace element on some biochemical processes in grapes. II. Menhviz. Soveshch. po Mikroelem, 1961: 156–162.
- DUMON, J. C. – ERNST, W. H. O.: Titanium in the plants. J. Pl. Physiol., 133, 1988 (2): 203–209.
- EICHORN, G. L.: Inorganic biochemistry. Amsterdam, London, New York, Elsevier Scientific Publishing Company 1973. 1263 s.
- ELO, R. et al.: Arch. Path., 94, 1972: 417.
- EPSTEIN, E.: Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. New York, J. Wiley and Sons 1972. 412 s.
- FEHÉR, D.: Hogyan hat a Titán? Élet Tudom., 34, 1987: 1062.
- FEHÉR, D. – FODOR, P. – PAIS, I.: Ako rajčiny prijímajú titán. Kert. Egy. Közlem., 50, 1986a (1): 37–45.
- FEHÉR, D. – PAPP, K. – PAIS, I.: Ako mikroelement titán ovplyvňuje príjem výživných prvkov rajčinou. Kert. Egy. Közlem., 50, 1986b (1): 15–35.
- FERIN, J.: Inhaled particles. 3 Proc. Int. Symp., 1971: 283–292.
- GLAZOVSKAJA, M. A.: Biological cycle of elements in various landscape zones of the Urals. Dokl. VIII. Mezhd. Kongr. Pochvov. Bucharest, 1964: 148–157.
- GRIZANKOVÁ, L. I. – BOJČENKO, L. A.: Izurčeniej sojedenij titána v rastenijach. Fiziol. Rast., 22, 1976: 1177–1182.
- HAMILTON, E. I. – MINSKI, M. J. – CLEARY, J. J.: Sci. Tot. Envir., 1972: 341.
- HARA, T. – SONODA, Y. – IWAI, I.: Growth response of cabbage plants to transition elements under water culture conditions. I. Titanium, vanadium, chromium, manganese and iron. Soil Sci. Pl. Nutr., 22, 1976: 307–315.
- HECL, J. – ŠOLTÝSOVÁ, B.: Obsah aminokyselín v zrne ozimnej pšenice a kvapalné hnojivá. Úroda, 37, 1989 (11): 505–506.
- HILLER, D. A. – BRUMMER, G. W.: Konkrécie Ti-Fe a vedľajšie prvky vo výsledkoch močiarných pôd mikrosondových analýz. Bonn, Inst. Bodenkd. Univ. 1989: 5300.
- CHAPMAN, H. D.: Diagnostic criteria for plants and soils quality printing company. Texas, 1966: 793.
- KAUP, B. S. – CARTER, B. J.: Určenie zdroja a distribúcie titánu v palenstale pomocou mikromorfológie, submikroskopie a prvkovej analýzy. Geoderma, 40, 1987 (1/2): 141–156.
- KIRK, R. E. – OTHNER, D. F.: Encyklopédia chemickej technológie. III. New York, John Wiley and Sons, 23, 1983: 170.
- KONISHI, K. – TSUGE, T.: Mineral matters of certain leguminous crops. II. Nodule formation and titanium supply. Kyoto Univ. Mem. Coll. Agric., 37, 1936: 24–35.
- KŘÍŽALA, J.: Předmět výnalzu – prostředek pro foliární doplňkovou výživu rostlin. PV, 1987: 6180–6187.
- KUSAKA, S. – MAEKAWA, M. – SONO, S. H.: Toxicities of heavy metal on crops. I. Toxicities of excess zinc, nickel, chromium and titanium on turnip plant. Hyogo Kenr. Nogyo Shik. Kenk. Hok., 18, 1971: 71–74.
- LUZATTI, A.: Effect of some trace elements on the production of crops. Ann. Sper. Agrar., 17, 1963: 183–220.
- MAILLARD, L. C. – HORI, J. E.: Bull. Acad. Med. Paris, 1936: 115, 631.
- MÄÄTTÄ, K. – ARSTILA, A. V.: Lab. Invest., 33, 1975: 342.
- MILNES, A. R. – FITZPATRICK, R. W.: Minerály v pôde. Madison, Wisconsin, 1989.
- MROWCA, J. J.: Sulfinato cyclopentadienyltitanium and – zirconium complexes. U. S. 3, 728, 1973: 365.
- MROWCA, J. J.: Cyclopentadienyl (group IV-B metal) hydrocarbon sulfonates and sulfonates as agents for increasing crop yields. U. S. 3, 782, 1974: 917.
- PAIS, I.: Objektív kémiei vizsgálatok néhány tápelem szerepének felderítésére kertészeti növényekben. [Dizertace.] Budapest 1974: 185. – Hungarian Academy of Sciences.
- PAIS, I. – FEHÉR, M. – FARKAS, E.: Acta Agron. Acad. Sci. Hung., 28, 1979: 378–382.
- PAIS, I. – FEHÉR, M. – FARKAS, E. – SZABÓ, Z. – CORNIDES, I.: Titanium as a new trace element. Comm. Soil Sci. Pl. Anal., 8, 1977 (5): 407–410.
- PAIS, I. – HODOSSI, S.: A paradicsom permetező tragyázása. Kert. Egy. Közlem., 39, 1975: 227–230.
- PERRY, H. M. – PERRY, E. F.: Clin. Invest., 38, 1959: 1452.
- POLUZAREV, N. A.: The relation of the concentration of Pb, Zn, Bi, Mo, Ag, Mn and Ti in plants, native and gray soils. Izv. Acad. Nauk. Kat. SSR, Ser. Biol. Nauk., 3, 1965: 28–37.
- POOLE, W. K. et al.: Estimating population exposure to selected metals-titanium. Research Triangle Institute, Research Triangle Park, NC 1969.

- RAM, N. – VERLOO, M. – COTTENIE, A.: Vplyv titánu aplikovaného na list a do pôdy, na rajčiny. *Acta Agron. Hung.*, 37, 1988 (1–2): 43–46.
- RAMAKRISHNA, R. S. – PAUL, A. A. – FONSEKA, J. P. R.: Centrum analytického výskumu a vývoja. Oblasť chémie. Vonkajšie životné podmienky a pokusná botanika. Srí Lanka, Univ. Columbie, 29, 1989 (3): 293–300.
- RUTSKAJA, S. I.: Titan, jeho vlivy na fyziologické procesy i produktivnosť sacharnej svjokly. In: Značenie nových form minerálnych udobrení v uveličeníi proizvodstva sacharnej svjokly. Kijev, 1971: 254–266.
- RUTSKAJA, S. I.: Vlivy titanovej zoly na sacharnuju svjoklu sortov Jaltuškovskaja odnosemennaja i mnogosemennaja V 031. *Fiziol. i biochem. Kul't. Rast.*, 8, 1976: 72–76.
- RUTSKAJA, S. I. – RIŽABSKAJA, S. V.: Soderžanie mikroelementov v različnych časťach sveklovičného rastenija v zavisimosti ot meteorologičeskich uslovij i naličija titana. *Fiziol. i biochim. Kul't. Rast.*, 6, 1974: 469–473.
- SENESE, N. – PADOVANO, G. – BRUNETTI, G.: Obsah skandia, titánu, wolfrámu a zirkónu v komerčných anorganických hnojivách a ich prínos pre pôdu. *Envir. Technol. Lett.*, 9, 1988 (9): 1011–1120.
- SCHARRER, K.: *Biochemie der Spurenelemente*. Berlin, P. Parey Verlag 1955. 404 s.
- STEČEK, L.: Výsledky zkoušek s Titavinem v cukrovce a lesných školkách. *Agrochémia*, 31, 1991 (4): 77–78.
- STEJSKAL, J.: *Zemědělská geologie*. Praha, 1958.
- TICHÝ, I.: Odborné posouzení možností PV 6180-87 názvu: Prostředek pro foliární doplňkovou výživu rostlin. 1987.
- TICHÝ, I. – FECENKO, J. – TÓTH, J.: Výročná správa úloh riešených v rámci HZ/89 za rok 1989 pre zadateľa PCHZ Píerov.
- TICHÝ, I. – TÓTH, J.: Výsledky overovania Titavínu v cukrovej repe. *Agrochémia*, 30, 1990 (8): 225–229.
- TIMAKAN, N. P. et al.: *Vap. Teor. Khim. Tomsk, Med. Inst.* 1967: 114.
- TIPTON, I. H. – COOK, M. J.: *Hlth Phys.*, 9, 1963: 103.
- TONKONOŠENKO, E. V. – CHLJUPINA, M. I.: Titanium in soils and plants of the Krasnodar territory. *Počvovedenje*, 3, 1955: 38–45.
- TÓTH, J. – ŽILINČÍK, L.: Agrochemická účinnosť Titavínu v cukrovej repe. *Slovosivo*, 1988 (10).
- TRAETTA-MOSCA, F.: Titan und die seltenen Metalle in den Aschen der Blätter des in Italien kultivierten Kentucky-tabaks. *Gaz. Chim. Ital.*, 43, 1913: 437–440.
- TROITSKY, M. P.: The content of several microelements in the system soil-grape-vine leaf-grape-vine. *Tr. Vsesojuz. Soveshch.*, 1955: 379–388.
- TSUKAMOTO, K.: Fertilizer stabilization by titanium-iron containing substances. *Jap. Kokai*, 75, 1975 (18): 242.
- VALENTIN, H. – SCHOLLER, K. H.: Titanium. Human biological monitoring of chemicals, directorate-employment and social affairs. Brussels, Comm. Europ. Commun., Vol. 3, EUR 6609 EN 1980.
- WAKAMOTO, K.: Inhibition of ammonia volatilization from soils by iron and titanium compounds. *Jap. Kokai*, 73, 1973 (85): 354.
- ZBISKÓ, L.: Osszafoglalás a titavit folyékony levelságja próbadagolásának eredménye. *Fűzfőgyártel*, 1987.
- ACGIH – Threshold limit values for chemical substances and physical agents in the workroom environment. *Amer. Conf. Gov. Hyg. Cincinnati, Ohio*, 1980.
- Guidance Note EH 15/80. London. The Health and Safety Executive HMSO, 1980.
- U. S. Dep. Hlth. Bioassay of titanium dioxide for possible carcinogenicity. *Nat. Canc. Inst. Techn. Rep. Ser. No. 97 U. S. Dep. Hlth Educ. Welf. Washington, D. C.* 1979.
- Zbierka zákonov SR, čiastka 1. 1994, č. 2.

Došlo 21. 8. 1995

Kontaktná adresa:

Ing. Martin Kovarčík, Vysoká škola poľnohospodárska, A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika, tel.: 087/601, fax: 087/41 14 51

INSTITUTE OF AGRICULTURAL AND FOOD INFORMATION
Slezská 7, 120 56 Praha 2, Czech Republic
Fax: (00422) 25 70 90

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

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

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

NUTRIENT SUPPLY AND FERTILIZER USE IN EASTERN EUROPE

ZÁSBOVÁNÍ ŽIVINAMI A POUŽÍVÁNÍ HNOJIV VE VÝCHODNÍ EVROPE

E. Andres

International Potash Institute, Basel, Switzerland

ABSTRACT: Fertilizer use in Eastern Europe has tremendously declined during the last five years. The strong reduction in fertilizer use has led to a decrease of crop yields and increases the economical problems of farms during the period of privatization and restructuring. At present in all Eastern European countries nutrient balances are negative, in particular for K. That means, farms are working on account of the soil nutrient storages which were established during the last two decades. Nutrient buffering capacities of soils in the Eastern European countries are quite different. In Poland, for example, the frequent occurrence of light sandy soils together with insufficient fertilizer application has caused yield losses in the short-term run. But even in countries with a big share of well buffered fertile soils like Hungary yield levels have been negatively affected during the last three years. For the Eastern European countries this must be regarded as a signal to establish efficient and sustainable agricultural production systems. Farms must be enabled to purchase farm means like fertilizers and use them in an adequate manner to ensure yields and soil fertility.

nutrient supply; fertilizers; balanced fertilization

ABSTRAKT: Během uplynulých pěti let došlo ve východní Evropě ke značnému omezení používání hnojiv. Velké snížení aplikace hnojiv vedlo k poklesu výnosů kulturních plodin a zvýšilo ekonomické problémy farem v období privatizace a restrukturalizace. V současné době jsou ve všech zemích východní Evropy bilance živin negativní, zejména pokud jde o bilanci K. Znamená to, že farmy pracují na účet zásob živin v půdě, které byly vytvořeny v uplynulých dvou desetiletích. V zemích východní Evropy existují půdy s velmi rozdílnou schopností doplňovat odčerpané živiny. Např. v Polsku jsou časté lehké písčité půdy, na kterých nedostatečná aplikace hnojiv vede v krátké době ke snížení výnosů. Avšak i v zemích, jako je Maďarsko, s velkým podílem úrodných půd s dobrou sorpční a pufovací schopností, byly výnosy v uplynulých třech letech negativně ovlivněny. Tuto skutečnost je třeba v zemích východní Evropy chápat jako signál pro vytváření efektivních a trvale udržitelných zemědělských výrobních systémů. Farmy musejí mít možnost nakupovat prostředky jako např. hnojiva a odpovídajícím způsobem je využívat, aby si zajistily výnosy a úrodnost půdy.

zásobování živinami; hnojiva; vyvážené hnojení

Introduction

The consumption of fertilizers in Eastern Europe is not only of importance for the agricultural production potential of the regarded countries but, moreover, for the global system of fertilizer production and distribution. The tremendous changes in this region which in 1988/89 took up 16.2 mill. tons of nitrogen (N), 11.2 mill. tons of phosphate (P_2O_5) and 9.5 mill. tons of potash (K_2O) nearly ruined the domestic fertilizer industries and strongly reduced fertilizer imports.

As P and K application nearly were omitted, the question arises how decreased soil fertility due to ex-

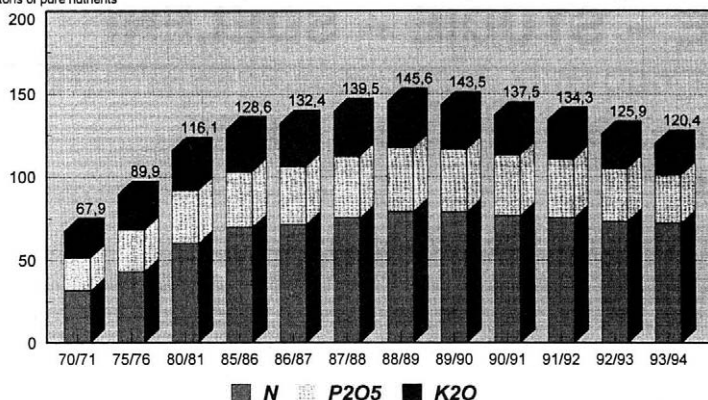
haustive nutrient management affects crop yields and the efficiency of farm means in general.

In the following, changes in fertilizer consumption of Eastern Europe and effects on crop yields are discussed. Moreover, focusing on potassium the nutrient supply status of selected countries is commented.

Development of fertilizer use in Western and Eastern Europe

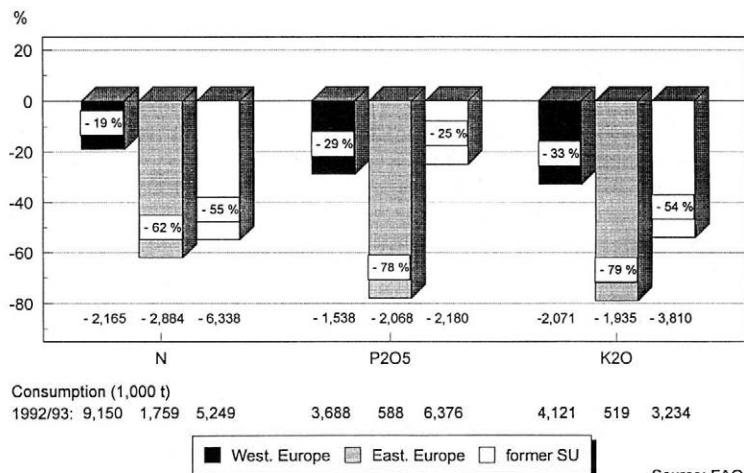
Up to 1988/89 world fertilizer consumption was characterized by a positive trend leading to a maximum global use of 145.6 mill. tons of pure nutrients. Since

Mill. tons of pure nutrients



Source: FAO

1. World fertilizer consumption 1970/71–1993/94 (agricultural use)



Source: FAO

2. Changes of fertilizer-consumption by region 1992/93 : 1988/89

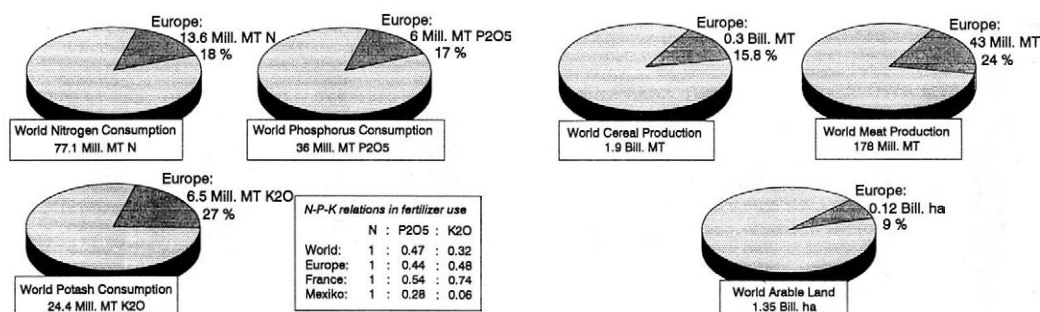
that time fertilizer consumption declines reaching a level of 120.4 mill. tons (N-P₂O₅-K₂O) in 1993/94 (Fig. 1). The reason is primarily the reduced fertilizer application of agriculture in Western and Eastern Europe and the former Soviet Union (FSU).

Between 1988/89 and 1993/94 nitrogen consumption in Western Europe decreased by 2.2 mill. t (-19%), in Eastern Europe 2.9 mill. t (-62%) and in the FSU by 6.3 mill. t (-55%). A more stronger decline has to be recognized for phosphorus consumption in Western Europe (-29%) and Eastern Europe (-78%). Potash consumption was reduced by 2.1 mill. t of K₂O (-33%) in Western Europe, by 1.9 mill. t (-79%) in Eastern Europe and by 3.8 mill. t (-54%) in the countries of the former Soviet Union (Fig. 2).

There is no doubt that fertilizers decisively contribute to the achievements in productivity of European farming systems. It should be mentioned that European agriculture today is producing 16% of world cereal production and 24% of world meat production on only 9% of world arable land (Fig. 3a, b). Without using highly

sophisticated production techniques, e.g. crop varieties, tillage, seeding and harvesting equipment, plant protection, and last but not least fertilizers these achievements would not have been possible. Particularly the balanced use of nutrients made fertilization to an efficient instrument of European plant production. But as frame conditions of farming in both Western and Eastern Europe have changed into negative, fertilizer use declines.

Whereas Western European farmers could adapt stepwise to the changing economical frame conditions, agriculture in the Eastern European countries has undergone a shock therapy. During the opening of the iron curtain Eastern European economies lost their balance. The breakdown of the COMECON rouble-clearing and its replacement by hard-currency payment decreased interstate trade and made inflation rates go up. As people's salaries did not keep up with rising food prices, the domestic food demand fell, too, further increasing the pressure on food prices originally resulting from reduced exports (mainly to the former Soviet Union).

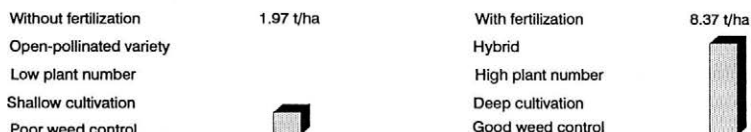


3a. Europe's share in world fertilizer consumption 1990/91 (FAO, 1992)

3b. Europe's share in world food production 1991

Fertilization 31 % • Cultivation 28 % • Weed control 17 % • Plant number 21 % • Deep ploughing 3 %

Grain yield



Györfy, 1993

4. Simple effect of crop production factors over a 30-year average on grain yield of maize (Martonvásár, 1960–1990)

Falling prices for agricultural produce and rising costs for the oversized staff of state farms and cooperatives forced farm management to refrain from purchasing yield increasing farm means, e.g. plant protection and fertilizers. In Poland prices of cereals fell from 1985 to 1990 by 75%, completely questioning the profitability of production and, moreover, ruining state farms and cooperatives, which cropped only 23% of farmland but applied 43% of Poland's fertilizer consumption. Similar problems occurred in the other Eastern European countries, aggravated by the lack of private farming and a delay in privatization of farmland.

The difficulties of agriculture in Eastern Europe to adapt to the new political and economical conditions not only led to a strong reduction of fertilizer use but to imbalanced fertilizer application. Whereas nitrogen

is applied in rates of 13 (Albania) to 37 kg N/ha (Bulgaria, Poland), phosphorus is used in amounts of 1 (Hungary) to 12 kg P₂O₅/ha (Poland) and potash in amounts of 2 (Hungary, Romania) to 15 kg K₂O/ha (Poland). It must be stressed that particularly K consumption is less than 10 kg K₂O/ha in all Eastern European countries besides Poland (Tab. I). Ecological consequences of that situation shall be discussed.

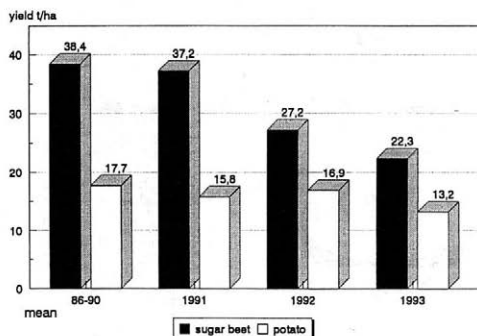
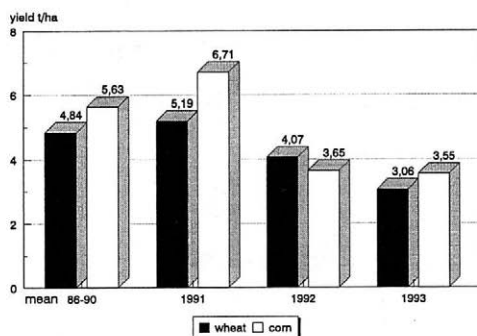
Effects of fertilizer use on yield level

There is no doubt that the reduction of farm means by Eastern European agriculture negatively affects the yield performance of the cropping systems. Hungarian investigations clearly show that even on Chernozem

I. Fertilizer consumption of agriculture (kg/ha agric. area)

Country	Agric. area (mill. ha)	N				P ₂ O ₅				K ₂ O			
		1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93
AL	1,12	71	65	20	13	21	23	7	8	2	3	1	–
BG	6,16	80	78	55	37	36	24	10	7	15	15	5	3
CS	6,76	104	91	40	33	70	53	11	10	68	66	10	8
H	6,5	95	55	45	19	44	17	4	1	61	36	6	2
PL	18,82	68	35	33	36	40	18	12	12	53	31	16	15
RO	15,11	51	43	18	17	24	21	10	9	16	9	3	2
YU	14,11	31	27	21	16	16	14	10	7	16	13	11	9

Source: FAO



Source: Agra-Europe 10/94

5. Development of crop yields in Hungary (1986/90-1993)

soils well known for their extraordinary fertility status fertilizer applications (N-P-K) makes up for 31% of corn yield and therefore can be the most efficient means to influence yield formation (Fig. 4). Long-term field experiments in Poland have demonstrated that fertilizers can affect yield performance of crop rotations more than 50% (Blecharczyk et al., 1993).

Fertilizer effects should not only occur in model trials but in practice, too, especially after several years of reduced application, respectively omission. Statistical data on the development of crop yield in Eastern Europe confirm the experimental findings: in Hungary average yields of field crops have had a negative tendency in the last three years (Fig. 5). Of course, climatic impacts cannot be excluded. Nevertheless, it is well known, that adequate plant nutrition reduces the risk of yield variation by unfavorable weather conditions.

The omission of K fertilization in Hungary has resulted in negative K balances since 1990 (Tab. II). Moreover, Hungary's K balance at present is comparable to the situation at the beginning of the 20th century. As Hungarian scientists recently calculated, the country needs about 250 thousand tons of K_2O annually for maintaining soil fertility (Kadar, 1993).

Polish agricultural statistics are confirming the Hungarian data on yield development in the 90's. From 1990 to 1992 the efficiency of farming tremendously

decreased (Fotyma, Gosek, 1993). As root and tuber crops (sugar beet and potatoes), which are rather sensitive to K deficiency, were more strongly affected, reduced K fertilization seems to play an important role for that phenomenon.

Reduced crop yields are further increasing the economical problems of agriculture as the costs per unit of produce rise and margins diminish. At the same time soil fertility is suffering from negative nutrient balances and the question arises, how long Eastern European agriculture can live on account of the soil's nutrient storage.

Nutrient supply of soils in Eastern Europe

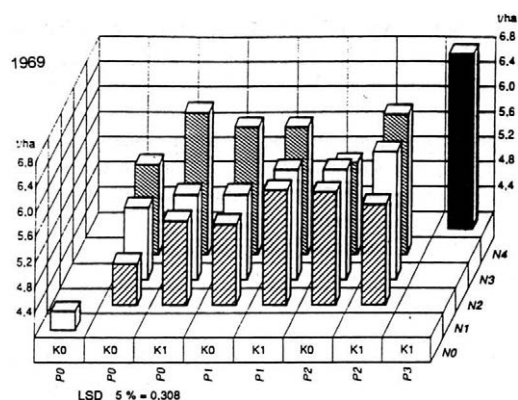
Nutrient supply of soils in Eastern Europe is not uniform due to the different conditions in geology, climate and soil type. The present nutrient supply statistics reflect, too, the different farming systems, particularly the intensity of cropping and livestock raising. This shall be demonstrated by taking potassium as an example (Tab. III).

In Poland, due to the big share of light sandy soils with low K buffering capacity, about 75% of farmland is grouped into the supply categories very low to medium. It is quite understandable, that in such a situation the reduction of K fertilization has caused yield losses

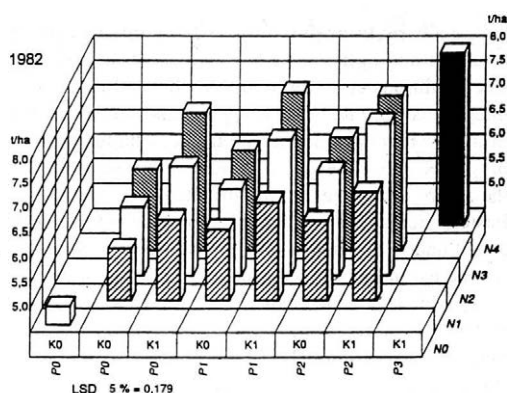
II. K-balance of Hungarian agriculture (kg K_2O /ha)

Years	1900-50	1960-64	1971	1975	1984	1990	1991
K-uptake by plants	38	48	61	76	84	71	88
K-return to fields							
Farm yard manure	16	18	20	21	60	25	23
Fertilizers	-	7	45	82	71	29	6
Crop residues	-	-	17	25	24	18	26
Total	16	25	82	128	125	72	55
K-Balance	-22	-23	21	52	41	1	-33
Return: uptake (%)	42	52	134	168	149	100	62

Kadar (1993)



Debreceni, 1994



6. Balanced fertilization – the precondition for optimum yield; field trial Keszthely/Hungary: effect of different N-P-K treatments on yield of corn (t/ha) on lessivated brown forest soil (rotation B, 1969 and 1982)

and the occurrence of K deficiency symptoms at crops in the short-term run. Poland's farmers are aware of the unsatisfactory growing conditions of crops and immediately have used the slight upturn of farm prices in 1992/93 for careful investments in farm means. So N consumption slightly rose again in 1993 and the negative trend in P and K use has come to a halt.

In the Czech and Slovak Republics as well as in Hungary a big share of arable land is situated on well buffered soils containing K bearing minerals in different amounts. Chernozems and Phaeozems, primarily developed from loess deposits and well known for their excellent fertility attitudes, are found on 20% of farmland in these countries. Accordingly, the last available statistical data only reveal about 40% of arable land in the supply categories very low to medium, where regular K application is required for optimum yield performance of crops. But even in better supply categories ('high') K fertilization is profitable for K sensitive root and tuber crops (e.g. sugar beet).

In the past lots of nutrients were recycled to fields as farmyard manure and slurry, respectively, contributing to positive nutrient balances for about 20 years, but

as livestock has shrunk, now less organic manure is available for compensating reduced fertilizer application. So there is no question about the necessity of increased fertilizer use in the Eastern European countries if competitive and profitable farming systems are desired. This increase must include P and K as well as N to avoid the negative consequences of imbalanced fertilization on yield and quality of crops (Fig. 6).

Balanced fertilization as a principle of integrated cropping systems

Balanced fertilization is not only a prerequisite for economy of agriculture but for its environmental amiability. Only adequate supply of all plant nutrients guarantees highest nutrient efficiency. In long-term experiments, for instance, higher N residues were found in the soil profile after harvest of sugar beet on plots where insufficient K supply limited plant growth and N uptake. During wintertime such residues are displaced downward by leaching water and may lead to nitrate enrichment of groundwater reserves (Andres, Orlovius 1993).

III. Soil K supply of arable land in selected countries of Western and Eastern Europe

Land	% of soils in K supply category				
	very low	low	medium	high	very high
Germany					
former FRG ¹	6	23	44	21	6
former GDR ²	1	10	32	42	16
Czech Republic ³	1	8	30	35	26
Slovak Republic ⁴	2	9	24	29	36
Hungary ⁵	7	15	28	30	20
Poland ⁶	18	29	26	12	16

¹Wiechens, Deller (1988); ²Schnee (1991); ³Baier (1992); ⁴Hrtánek et al. (1993); ⁵Baranyai et al. (1987); ⁶Fotyma, Gosek (1992)

It's a basic principle of integrated crop management to adjust and optimize all growth factors according to site conditions and crop rotations. K fertilization is an integral part of integrated cropping. As soil laboratories in most cases have monitored the regional distribution of soil K supply levels, it should be possible to meet the future challenges of site-oriented K fertilization in Eastern Europe. These data sets must be completed by actual data and a field trial network which is necessary for the calibration of nutrient recommendations.

The International Potash Institute (IPI-Basel, Switzerland) is accompanying research and advisory institutions in the Eastern European countries by participating in practice-oriented research projects on K in balanced fertilization systems.

Moreover, IPI together with local cooperators strengthens the information transfer between science and farming practice via symposia, lectures and recommendation brochures in the countries' languages. The intensive cooperation with local experts is estimated to be the decisive prelimitation for a successful work in and for Eastern Europe.

REFERENCES

- ANDRES, E. – ORLOVIUS, K.: Effect of different levels of K supply on yield and quality of crops and N residues in the soil in a long-term field experiment. In: Insight from foresight. Rothamstead 150th Anniversary Conference. July 12–14, 1993. Rothamstead Experimental Station, Harpenden, Herts, AL52JQ.
- BAIER, J.: Fertilizer recommendations as determined by chemical and physical parameters of soil and by K requirement of crops. In: Potassium in Ecosystems. 23rd Colloquium, International Potash Institute, CH-4001 Basel/Switzerland, P. O. Box 1609, 1992.
- BARANYAI, F. – FEKETE, A. – KOVACS, J.: Results of the observation on the plant nutrient status of Hungarian soils. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1987.
- BLECHARCZYK, A. – PUDELKO, J. – WALCZAK, S.: Effect of 35-year differentiated fertilization on crop yield. Proc. Int. Symp. Long-term static fertilizer experiments. Warszawa, Krakov, 1993.
- DEBRECZENI, K.: The soil potassium resources and the efficiency of potassium fertilizers in Hungary. Country Report 4. International Potash Institute, CH-4001 Basel/Switzerland, P. O. Box 1609, 1994.
- FOTYMA, M. – GOSEK, J.: The soil potassium reserves and the efficiency of potassium fertilizers in Poland. Country Report 1. International Potash Institute, CH-4001 Basel/Switzerland, P. O. Box 1609, 1993.
- GYÖRFFY, B.: Long-term experiment with crop factors, Martonvásár 1960–90. In: Strategies for sustainable agriculture. Conf. Proc. Sept. 21–26, 1992, Martonvásár, Hungary, 1993.
- HRTÁNEK, B. – BUJNOVSKÝ, R. – TORMA, S. – JAMBOR, J.: The soil potassium reserves and the efficiency of potassium fertilizers in Slovakia. Country Report 2. International Potash Institute, CH-4001 Basel/Switzerland, P. O. Box 1609, 1993.
- KADAR, I.: Potassium supply in Hungary (Hungarian). Ed. Ministry of Environment and Regional Policy. H-1011 Budapest, Fö u. 44–50, Hungary, 1993.
- SCHNEE, M.: Die Praxis der Düngung in den neuen Bundesländern. In: Zukünftige Entwicklung der Landwirtschaft in Gesamtdeutschland, Bundesarbeitskreis Düngung e. V., Karlstr. 21, D-60329 Frankfurt/Main, 1991.
- WIECHENS, E. – DELLER, B.: Übersicht über die Nährstoffversorgung unserer Böden nach derzeit gültigen Grenzwerten. In: Versorgung der Böden mit Phosphat und Kali. Bundesarbeitskreis Düngung e. V., P. O. Box 10 20 29, D-34111 Kassel, 1988.
- AGRA-EUROPE. Presse- und Informationsdienst GmbH. Bonn/Germany, 1994 (10).
- FAO. Yearbooks Fertilizer and Production. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1992.

Received on March 30, 1995

Contact Address:

Dr. E. Andres, International Potash Institute, P. O. Box 1609, CH-4001 Basel, Switzerland

POKyny PRO AUTORY

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

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

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

Rozsah vědeckých prací nemá přesáhnout 15 stran psaných na stroji včetně tabulek, obrázků a grafů. V práci je nutné používat jednotky odpovídající soustavě měrových jednotek SI (ČSN 01 1300).

Vlastní úprava rukopisu má odpovídat státní normě ČSN 88 0220 (formát A4, 30 řádek na stránku, 60 úhozů na řádku, mezi řádky dvojitě mezery), k rukopisu je vhodné přiložit disketu s prací pořízenou na PC v některém textovém editoru, nejlépe v T602, a s grafickou dokumentací. Tabulky, grafy a fotografie se dodávají zvlášť, nepodlépají se. Na všechny přílohy musí být odkazy v textu.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Literatura musí odpovídat státní normě ČSN 01 0197. Citace se řadí abecedně podle jména prvního autora. Odkazy na literaturu v textu uvádějí jméno autora a rok vydání. Do seznamu se zařadí jen práce citované v textu. Na práce v seznamu literatury musí být odkaz v textu.

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

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

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

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

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

The paper extent shall not exceed 15 typescript pages, including tables, figures and graphs.

Manuscript layout shall correspond to the State Standard ČSN 88 0220 (quarto, 30 lines per page, 60 strokes per line, double-spaced typescript). A PC diskette should be provided with the paper, written in an editor program, preferably T602, and with graphical documentation. Tables, figures and photos shall be enclosed separately. The text must contain references to all these annexes.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

OBSAH – CONTENTS

Němeček J., Podlešáková E., Pastuszková M.: Návrh limitů kontaminace půd perzistentními organickými xenobiotickými látkami pro ČR – Proposal of soil contamination limits for persistent organic xenobiotic substances in the Czech Republic	49
Kubát J., Lipavský J.: The effect of fertilization and liming on the carbon concentrations in arable soils – Vliv hnojení a vápnění na obsah uhlíku v orných půdách	55
Muchová Z., Jaška P.: Vplyv podmienok pestovania na akumuláciu kadmia a olova v potravinárskej pšenici – The influence of growing conditions on the cadmium and lead accumulation in food wheat	59
Koutník V.: Koncentrace selenu v hlízách brambor – Selenium concentration in potato tubers	63
Hejnák V., Jefimov V. N., Osipov A. I.: Využití dusíku hnojiva a půdního dusíku jarním ječmenem – The use of fertilizer and soil nitrogen by spring barley	67
Ledvina R., Kolář L., Frána J.: Uran, thorium a některé další prvky v ornících Třeboňska z aspektu možné kontaminace produkce – Uranium, thorium and some other elements in topsoils of the Třeboň region from the aspect of production contamination	73
Reichlová E., Váňa J., Janovský J.: Hodnocení testů zralosti kompostu – Evaluation of compost maturity tests	79
INFORMACE – STUDIE – SDĚLENÍ – INFORMATION – STUDY – REPORTS	
Kovarčík M.: Titán vo výžive ratlín – Titanium in plant nutrition	83
Andres E.: Nutrient supply and fertilizer use in Eastern Europe – Zásobování živinami a používání hnojiv ve východní Evropě	91