

ÚZPI

ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH INFORMACÍ

ROSTLINNÁ VÝROBA

Plant Production

ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD

10

VOLUME 43 (LXX)

PRAHA

ŘÍJEN 1997

CS ISSN 0370-663X

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

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

Redakční rada – Editorial Board

Předseda – Chairman

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

Členové – Members

Prof. Dr. Márta Birkás (Agrártudományi Egyetem, Gödöllő, Hungária)

Ing. Helena Donátová, CSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)

Prof. Ing. Václav Fric, DrSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)

Prof. Dr. Günter Kahnt (Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, Stuttgart, BRD)

Prof. Ing. Josef Kozák, DrSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)

Prof. Ing. Lubomír Minx, DrSc. (Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, ČR)

Ing. Timotej Mištin, CSc. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Piešťany, SR)

Doc. Ing. Jan Moudrý, CSc. (Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, České Budějovice, ČR)

Prof. RNDr. Lubomír Nátr, DrSc. (Karlova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Praha, ČR)

Dr. Peter Newbould (The Macaulay Land Use Research Institute, Aberdeen, Scotland, UK)

Ing. Jaromír Procházka, CSc. (Výzkumný ústav pícninářský, Troubsko u Brna, ČR)

Prof. Ing. Stanislav Procházka, DrSc. (Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 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 Slávik, DrSc. (Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, 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 43 vychází v roce 1997.

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.: 02/24 25 79 39, fax: 02/24 25 39 38, e-mail: fofo@uzpi.cz. Den doručení rukopisu do redakce je publikován jako datum přijetí k publikaci.

Informace o předplatném: Objednávky na předplatné jsou přijímány pouze na celý rok (leden–prosinec) a měly by být zaslány na adresu: Ústav zemědělských a potravinářských informací, vydavatelské oddělení, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Cena předplatného pro rok 1997 je 672 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 43 appearing in 1997.

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.: 02/24 25 79 39, fax: 02/24 25 39 38, e-mail: fofo@uzpi.cz. The day the manuscript reaches the editor for the first time is given upon publication as the date of reception.

Subscription information: Subscription orders can be entered only by calendar year (January–December) and should be sent to: Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Subscription price for 1997 is 170 USD (Europe), 177 USD (overseas).

DENITRIFIKACE V HNĚDÉ PŮDĚ

DENITRIFICATION IN EUTHRIC CAMBISOL

M. Králová, P. Růžek, J. Krejčová

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

ABSTRACT: Denitrification in eutric cambisol (Pernolec) as influenced by the different stages of water saturations was investigated. The variant A means the soil samples saturated with 35 ml H₂O to 100 g soil, the variant B describes the soil system (100 g) enriched with 46 ml H₂O, and variant C stands for the flooded soil (96 ml H₂O to 100 g soil). The ten day pre-incubation stabilized the soil system in NO₃⁻ and NH₄⁺ concentrations. After that 5 mg N (KNO₃) and 5 mg C (glucose) were added to every 100 g of soil. The soil system was incubated upon the next five days. In one set of variants the activity of N₂O-reductase was inhibited by acetylene. Results of analyses showed increase in the nitrate reduction in systems with a higher water saturation. The limited factor for the denitrified NO₃-N was the concentration of extractable C_{ox} (1% K₂SO₄ soil extract). The flooded soil (variant C) lost 90% of NO₃-N during four day incubation after KNO₃ and glucose application, 99.9% of NO₃-losses was registered in the variant B and about 11% in the soil of the variant A. Denitrification resulted in the redox potential decrease under 150 mV. The NO₂-concentration showed the destabilization of the soil system. After four day incubation of the flooded soil and enriched with KNO₃ and glucose, the amount of NO₂-N increased to 0.07 mg (in 100 g soil) but the next 24 hour incubation caused again the NO₂-decrease (0.005 mg in 100 g soil). The NO₂-changes reflected the NO₃-reduction and N₂O production. The highest amount of N₂O (24.8 µg N in 100 g soil) was found in the soil system of the variant A. The increase of water saturation of the soil induced the higher production of N₂O, but also the next reduction of that to N₂. The N₂O desintegration slowed down twice or four times in the set inhibited by acetylene. The CO₂-respiration doubled in the soil system of variant A compared with the variant B or flooded soil (variant C). The amount of extractable carbon C_{ox} (e.g. C_{ox} from the 1% K₂SO₄ soil extract) slowly decreased during pre- and incubation processes. The eutric cambisol (Pernolec) contained the high amount of extractable carbon at the start of the experiment (13.55 mg C_{ex} in 100 g soil). The concentration of extractable C_{ox} did not decrease to zero in 15 day incubation in total. The redox potential which was used as an indicator of processes moved in interval of 379 to 117 mV. The values of Eh under 150 mV induce the denitrification in soils.

denitrification; eutric cambisol; nitrates; nitrites; nitric oxide; redox potential

ABSTRAKT: Byly sledovány denitrifikační procesy při různém stupni nasycení hnědé půdy vodou (Pernolec). Varianta A představovala zeminu nasycenou vodou, ve variantě B byla zemina vodou přesycena a ve variantě C byla zemina vodou trvale zatopena. Po 10denní preinkubaci byly půdní vzorky (100 g jemnozeme) obohaceny 5 mg NO₃-N (KNO₃) a 5 mg C (glukóza) a inkubovány dalších pět dnů. Vždy jedna větev každé varianty byla inhibována acetylenem k potlačení aktivity N₂O-reduktázy. Výsledky potvrdily, že redukce nitrátů probíhá pomaleji v půdních vzorcích méně nasycených vodou a rychleji v trvale zatopených půdách. Denitrifikace byla limitována koncentrací extrahovatelného C_{ox}. Množství N₂O a NO₂-N odpovídala oxidačně-redukčním reakcím během denitrifikace. Část vzniklého N₂O se redukovala dále na N₂, což bylo evidentní v zemině neinhibované C₂H₂. Denitrifikaci odpovídaly klesající hodnoty redox potenciálu (Eh) pod 150 mV a snižující se CO₂ respirace.

denitrifikace; hnědá půda; dusičnany; dusitany; oxid dusný; redox potenciál

ÚVOD

Procesy souborně nazývané denitrifikace zahrnují biochemické reakce (redukce nitrátů, nitritů a oxidů dusíku), případně i čistě chemické reakce za anaerobních podmínek. Redukce nitrátů vede k tvorbě plyných produktů dusíku, které jsou zdrojem ztrát dusíku z půdy ze všemi důsledky spojenými s efektivností zemědělské výroby a kvalitou ovzduší (Babich, Stotzky, 1974; Crutzen, 1976; Delwiche, 1981).

V půdních podmínkách, kde aerobní a anaerobní zóny jsou vzájemně propojeny, má důležitou roli nitrit (Cleemput, 1971). Mezi důležité charakteristiky ovlivňující denitrifikaci patří vedle množství nitrátů a nitritů též redox potenciál a protonová aktivita nebo pH (Bohn, 1971; Cleemput, 1971; Lindsay, 1979; Králová et al., 1992), dále množství snadno využitelného organického substrátu mikroorganismy (Lescure et al., 1992; Králová et al., 1992) a teplota (Knowless, 1982).

Účelem předložené práce bylo sledování denitrifikačního procesu v hnědé půdě (Pernolec) v závislosti na měnícím se stupni nasycenosti zeminy vodou při teplotě 22 až 23 °C. Do systému byl aplikován KNO₃ a glukóza a byly sledovány sloučeniny dusíku (NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺, N₂O), redox potenciál, pH a extrahovatelný C_{ox} (extrakce 1% K₂SO₄). V jedné sérii pokusů byla inhibována N₂O-reduktáza acetylenem.

MATERIÁL A METODA

Použitá zemina byla z lokality Pernolec (bramborářská výrobní oblast, nadmořská výška 530 m, hlinitopísčité hnědá půda). Vzorky půdy byly odebrány na podzim v roce 1995, a to z pole s ozimou pšenicí po jeteli. Odebraná půda byla usušena na vzduchu při laboratorní teplotě, všechny pokusy byly provedeny se zeminou po 2 mm. Charakteristiky jsou uvedeny v tab. I.

Z hydrolimitů hnědé půdy (tab. I) vyplývá, že pórovitost půdy je 49 % obj., z čehož více než polovina (56 %) jsou póry kapilární a zbytek (44 %) póry nekapilární. Do každé nádoby (sérůvky používané v lékařství pro infuzní roztoky) o objemu 600 ml bylo naváženo 100 g zeminy. Jedna část vzorků byly zeminy (100 g) ovlhčené 35 ml H₂O (varianta A), do druhé série vzorků bylo přidáno 46 ml H₂O (varianta B) a třetí varianta C byly zeminy s přidavkem 96 ml H₂O. Varianty B a C byly zatopeny vodou. Ovlhčení pipetou bylo realizováno velmi pomalu, tak aby nebyl porušen povrch zeminy. Potom byly nádoby uzavřeny těsnicí gumovou zátkou a pevně zašroubovány kovovým uzávěrem. Nádoby tak byly připraveny k preinkubaci. Doba preinkubace vyplynula z předcházejících pokusů s toutéž zeminou za stejných modelových podmínek. Z výsledků uvedených v tab. II je patrné, že po určité době (8 až 11 dnů) dojde ke stabilizaci režimu dusíkatých látek půdního systému. Doba preinkubace závisí na stupni nasycenosti zeminy vodou. Těto zákonitosti jsme využili pro určení doby aplikace KNO₃ a glukó-

I. Fyzikálně-chemické charakteristiky hnědé půdy (Pernolec) – Physical and chemical characteristics of eutric cambisol (Pernolec)

Půda vysušená na vzduchu ¹	95,99 ± 0,02 %
Půda vysušená při 105 °C ²	98,56 ± 0,02 %
Specifická hmotnost ³	2,68 g.cm ⁻³
Pórovitost ⁴	49 % obj. ¹⁰
Objemová hmotnost ⁵	1,57 ± 0,05 g.cm ⁻³
Redukovaná objemová hmotnost ⁶	1,35 ± 0,05 g.cm ⁻³
Kationtová výměnná kapacita ⁷	130 mmol.kg ⁻¹
pH(H ₂ O)	6,5
pH(KCl)	6,1
C _{ox}	2,30 %
Skelet ⁸ (> 2 mm)	20,70 % hm. ¹¹
Frakce ⁹ 0,25–2,0 mm	44,80 % hm.
Frakce 0,05–0,25 mm	17,80 % hm.
Frakce 0,01–0,05 mm	20,20 % hm.
Frakce < 0,01 mm	17,20 % hm.
Frakce < 0,001 mm	3,20 % hm.

¹air-dried soil, ²soil dried to 105 °C, ³specific weight, ⁴porosity, ⁵bulk density, ⁶reduced bulk density, ⁷cation exchange capacity, ⁸skeleton, ⁹fraction, ¹⁰volume %, ¹¹weight %

zy. Zvolili jsme 10 dnů preinkubace pro všechny sledované varianty. Po 10 dnech byly aplikovány KNO₃ (5 mg NO₃-N na 100 g zeminy) a glukóza (5 mg C na 100 g zeminy). Zároveň s touto aplikací byla inhibována aktivita N₂O-reduktázy pomocí acetylenu v jedné z větví variant (2 ml C₂H₂). Výsledky průběhu denitrifikačních procesů jsou uvedeny v tab. III. Byly sledovány koncentrace NO₃⁻, NH₄⁺, NO₂⁻, N₂O, redox potenciál a pH. Zároveň byla sledována produkce CO₂ a obsahy extrahovatelného C_{ox} pro obě větve variant, inhibovanou C₂H₂ i neinhibovanou.

Fyzikální a chemické metody. Byla stanovena objemová hmotnost, redukovaná objemová hmotnost výchozí půdy, měrná hmotnost, pórovitost a KVK (Králová et al., 1990). Tyto parametry (tab. I) byly

II. Preinkubační analýza hnědé půdy (Pernolec) s různým obsahem vody (hodnoty vyjádřeny v mg N na 100 g sušiny; SD = 0,03, korelační koeficient r = 0,95 pro n = 10) – Pre-incubation analyses of eutric cambisol (Pernolec) with different water amounts (values expressed in mg N per 100 g dry soil; SD = 0,03, correlation coefficient r = 0,95 for n = 10)

Přídavek vody na 100 g zeminy ¹	Varianta ² A		Varianta B		Varianta C	
	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N
Dny ³	mg/100 g					
0	0,17	0,54	0,17	0,54	0,17	0,54
3	0,52	0,48	0,09	0,46	0,08	0,42
5	0,44	0,32	0,08	0,33	0,12	0,33
8	0,21	0,23	0,08	0,23	0,10	0,25
9	0,11	0,21	0,04	0,28	0,05	0,34
10	0,12	0,25	0,04	0,26	0,05	0,33
11	0,12	0,27	0,06	0,29	0,01	0,56

¹water addition to 100 g of soil, ²variant, ³days

III. Denitrifikační analýza hnědé půdy (Pernolec) s různým obsahem vody (hodnoty vyjádřeny v mg na 100 g sušiny; $SD = 0,03$, korelační koeficient $r = 0,95$ pro $n = 10$) – Denitrification analyses of eutric cambisol (Pernolec) with different water amounts (values expressed in mg per 100 g dry soil; $SD = 0,03$, correlation coefficient $r = 0,95$ for $n = 10$)

Varianta ¹ A	Přídavek ² N (mg/100 g)	0	0	0	0	5	5	5	5
	přídavek C (mg/100 g)	0	0	0	0	5	5	5	5
	C ₂ H ₂ (ml/100 g)	0	0	0	0	2	0	2	0
	inkubace ³ (dny ⁴)	0	3	6	10	14	14	15	15
	pH (H ₂ O)	7,02	6,64	6,69	6,46	6,85	6,86	6,59	6,47
	Eh (mV)	379	342	320	319	306	327	304	302
	C _{ox} (mg/100 g)	13,55	12,37	6,31	5,86	8,32	9,94	5,64	5,17
	NO ₃ -N (mg/100 g)	0,17	0,12	0,12	0,11	4,45	3,13	2,92	3,66
	NH ₄ -N (mg/100 g)	0,54	0,27	0,38	0,66	0,26	0,29	0,36	0,65
	NO ₂ -N (μg/100 g)	4,28	14,75	16,75	24,82	4,95	6,23	5,00	0,01
Varianta B	N ₂ O-N (mg/100 g)	–	–	–	–	5,67	2,69	8,96	0,11
	H ₂ O (%)	98,63	75,21	74,10	74,53	70,00	65,69	69,29	69,82
	CO ₂ (mg/100 g)	–	–	–	–	48,66	69,61	84,50	62,70
	přídavek N (mg/100 g)	0	0	0	0	5	5	5	5
	přídavek C (mg/100 g)	0	0	0	0	5	5	5	5
	C ₂ H ₂ (ml/100 g)	0	0	0	0	2	0	2	0
	inkubace (dny)	0	3	6	10	14	14	15	15
	pH (H ₂ O)	7,02	7,36	7,20	7,31	7,32	7,35	7,17	7,16
	Eh (mV)	379	253	271	270	205	174	147	110
	C _{ox} (mg/100 g)	13,55	12,15	9,01	8,45	10,68	12,09	7,75	10,16
Varianta C	NO ₃ -N (mg/100 g)	0,17	0,06	0,04	0,04	0,04	0,16	0,07	0,01
	NH ₄ -N (mg/100 g)	0,54	0,29	0,50	0,29	0,40	0,55	0,48	0,54
	NO ₂ -N (μg/100 g)	4,28	4,87	8,38	21,07	10,84	20,34	10,59	5,22
	N ₂ O-N (mg/100 g)	–	–	–	–	3,06	1,21	3,23	1,37
	H ₂ O (mg/100 g)	98,63	70,86	69,65	70,21	66,21	66,36	66,84	66,00
	CO ₂ (mg/100 g)	–	–	–	–	30,39	29,82	47,44	44,83
	přídavek N (mg/100 g)	0	0	0	0	5	5	5	5
	přídavek C (mg/100 g)	0	0	0	0	5	5	5	5
	C ₂ H ₂ (ml/100 g)	0	0	0	0	2	0	2	0
	inkubace (dny)	0	3	6	10	14	14	15	15
Varianta C	pH (H ₂ O)	7,02	7,38	7,54	7,38	6,92	7,07	6,90	6,87
	Eh (mV)	379	148	105	80	136	123	117	118
	C _{ox} (mg/100 g)	13,55	10,06	8,69	8,09	11,90	14,42	8,07	13,54
	NO ₃ -N (mg/100 g)	0,17	0,01	0,05	0,05	0,98	1,44	0,65	0,90
	NH ₄ -N (mg/100 g)	0,54	0,56	0,61	0,55	0,46	0,52	0,58	0,58
	NO ₂ -N (μg/100 g)	4,28	4,00	5,97	11,75	78,07	70,24	41,97	45,47
	N ₂ O-N (mg/100 g)	–	–	–	–	4,21	0,54	4,93	0,36
	H ₂ O (%)	98,63	58,15	59,71	54,11	53,54	52,67	55,03	54,31
	CO ₂ (mg/100 g)	–	–	–	–	33,31	26,20	35,18	37,80

¹variant, ²addition, ³incubation, ⁴days

použity pro založení modelového pokusu. Pro doplnění je uvedeno v tab. I též zrnitostní složení sledované půdy (Růžek, 1993). Hodnoty NH₄-N, NO₃-N, NO₂-N byly stanoveny na průtokovém analyzátoru FIA STAR 5020 (Tecator) z půdních extraktů s 1% K₂SO₄ (poměr zeminy a extrahovač byl 1 : 5). Extrahovatelný C_{ox} byl měřen potenciometrickou titrací po spálení uhlika-
tých látek půdního extraktu s 0,8M K₂Cr₂O₇ (Krej-

č o v á et al., 1996). Plyn (2 ml) byly odebírány z horního prostoru nádoby (400 ml) a v nich byly měřeny hodnoty N₂O a CO₂ plynovým chromatografem Hewlett Packard 5890A za použití ECD (300 °C) a TCD (80 °C) detektorů. Nosným plynem bylo helium a byla použita kolona Porapak Q. Byla provedena korekce N₂O i CO₂ rozpuštěného v půdním roztoku. Analýzy plynů byly realizovány v Ústavu půdní biologie AV

ČR (České Budějovice). Hodnoty uvedené v tabulkách jsou výsledky analýz přepočítané na sušinu (mg na 100 g sušiny). Redox potenciál byl měřen v půdní pastě pomocí Pt elektrody kombinované s kalomelovou (Králová, 1992). Hodnoty pH byly měřeny skleněnou elektrodou.

Statistické vyhodnocení bylo provedeno z 10 opakování pro všechny udané hodnoty metodou standardní odchylky (SD) a korelačním koeficientem (r).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Během 15denní inkubace, tj. 10denní preinkubace a následně 5denní inkubace (teplota 22 až 23 °C), byl sledován vliv $\text{NO}_3\text{-N}$ a glukózy na zeminu (hnědá půda) různě nasycenou vodou (varianty A, B, C). Výsledky analýz jsou uvedeny v tab. III.

Doba inkubace zeminy po přidání KNO_3 a glukózy byla 5 dnů, protože jsme chtěli zachovat plnou inhibici N_2O -reduktázy pomocí C_2H_2 . Aulakh, Doran (1990) zjistili, že po 4 dnech inkubace půdních vzorků v přítomnosti C_2H_2 dochází k útlumu inhibice a je třeba opakovat aplikovat C_2H_2 .

Glukózu jako zdroj organického uhlíkatého substrátu jsme zvolili pro její snadný metabolický rozklad. Z publikovaných prací (Lescure et al., 1992) vyplynulo, že glukóza patří mezi sloučeniny uhlíku, které jsou postupně spotřebovávány v denitrifikačním procesu. Ukazuje to obr. 1, kde množství extrahovatelného uhlíku C_{ox} (přítomného v 1% K_2SO_4 extraktu v půdě) klesá během preinkubace i vlastní inkubace. Z obr. 1 je též patrné, že množství extrahovatelného uhlíku C_{ox} je v hnědé půdě (Pernolec) stále dosti vysoké i bez přidavku glukózy. Pro lepší znázornění bylo eliminováno množství přidávané glukózy. Výsledná křivka ukazuje, že i bez přidání vnějšího zdroje lehce metabolizovatelného uhlíku má sledovaná zemina stále dostatečnou koncentraci extrahovatelného C_{ox} .

Zjištěné hodnoty redox potenciálu (Eh) odrážely stav oxidačně-redukčních reakcí ve vzorcích hnědé půdy. Čím byla zemina více nasycena vodou, tím dosáhl systém nižších hodnot Eh (mV), jak je zřejmé z obr. 2. V pokusech se zeminou varianty A byl pokles Eh velmi nízký (o 77 mV), zatímco u vzorků trvale zatopených (varianta C) se zvýšily rozdíly redox potenciálu až o 261 mV.

Nitrátový dusík ve zkoumaných půdních vzorcích byl postupně redukován na nitrity a N_2O , který se dále redukoval až na N_2 . Redukce N_2O na N_2 byla evidentní zvláště u vzorků bez inhibice N_2O -reduktázy. Z obr. 3 vyplývá, že úbytek nitrátového dusíku je velmi rychlý v půdních vzorcích varianty B a C. Úbytek koncentrace $\text{NO}_3\text{-N}$ je v relaci k poklesu redox potenciálu. Dodaný $\text{NO}_3\text{-N}$ byl redukován z 99,9 % během 4 dnů inkubace ve variantě B, z 90 % v zemině varianty C. U zeminy varianty A se redukovalo 11 % z dodaného $\text{NO}_3\text{-N}$ během 4 dnů, další 24h inkubace redukovala další množství nitrátů přítomných v zemině (58 %).

Koncentrace $\text{NO}_2\text{-N}$ je odrazem redukce $\text{NO}_3\text{-N}$ a produkce N_2O . Nitrity patří mezi sloučeniny dusíku, které vznikají nebo se rozpadají během denitrifikačního procesu. Z obr. 4 je patrný tento průběh. V zemině zatopené vodou s aplikovaným KNO_3 a glukózou dochází po 4 dnech inkubace k nárůstu množství $\text{NO}_2\text{-N}$, ale prodloužená inkubace způsobuje jeho využití pro tvorbu plyných zplodin dusíku.

Obsahy $\text{NH}_4\text{-N}$ se příliš neměnily během celého inkubačního pokusu. Různá nasycenost půdních pórů vodou ani přidávek acetyleny neměly významný vliv na změny koncentrací amoniakálního dusíku během inkubace (tab. III).

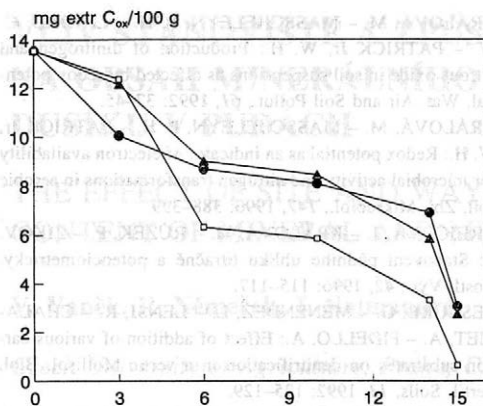
Největší množství N_2O (8,96 mg N_2O -N na 100 g zeminy) bylo nalezeno v zemině varianty A inhibované acetylenem. Tentýž půdní vzorek bez inhibice N_2O -reduktázy obsahoval 0,11 mg N_2O -N ve 100 g zeminy. Tyto pokusy jsou ve shodě s publikovanými výsledky (Aulakh et al., 1984). Z tab. III je patrné, že obsahy N_2O jsou dva- až čtyřikrát vyšší v zemině inhibované acetylenem než v neinhibované půdním prostředí. Zvýšení nasycenosti pórů zeminy vodou zvýšilo redukci $\text{NO}_3\text{-N}$. Množství vznikajícího N_2O se též zvýšilo, ale bylo redukováno na N_2 , což prokázali též ve svých pokusech Aulakh, Doran (1990) s aplikací ^{15}N . Králová et al. (1992) uvádějí, že k redukci N_2O na N_2 dochází v zeminách nasycených vodou již při hodnotách redox potenciálu Eh 150 mV.

Mikrobiální aktivita půdního systému byla sledována kumulativními hodnotami CO_2 za období 14- a 15denní inkubace (tab. III). Respirace CO_2 byla dvakrát vyšší ve vzorcích hnědé půdy varianty A (68,9 mg CO_2 ve 100 g sušiny) než ve vzorcích variant B a C (39,15 mg a 34,39 mg CO_2 ve 100 g zeminy). Nebyly nalezeny významné rozdíly mezi variantami, u kterých byl aplikován acetylen a bez jeho aplikace. Acetylen inhibuje specificky aktivitu N_2O -reduktázy, ale nezasahuje do respirační aktivity CO_2 . Respirace CO_2 je spíše ovlivněna stupněm nasycenosti zeminy vodou a množstvím snadno přístupného C_{ox} . K podobným výsledkům dospěli též Simarmata et al. (1993). Je to nepřímý důkaz, že C_2H_2 nebyl použit půdní mikroflórou jako zdroj organického substrátu pro respiraci. Pří-
mým důkazem bylo kvalitativní nalezení C_2H_2 v plyných vzorcích při analýzách na plynovém chromatografu.

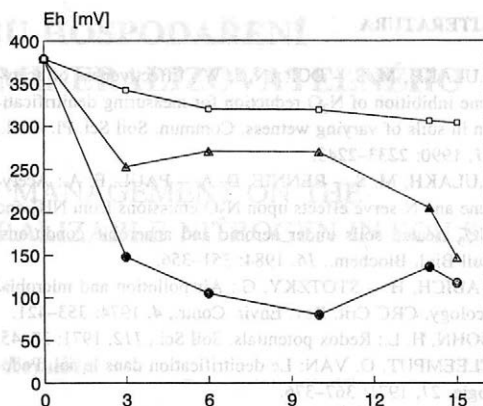
Hodnoty pH se pohybovaly v rozmezí 7,2 až 6,4 ve všech sledovaných variantách.

ZÁVĚR

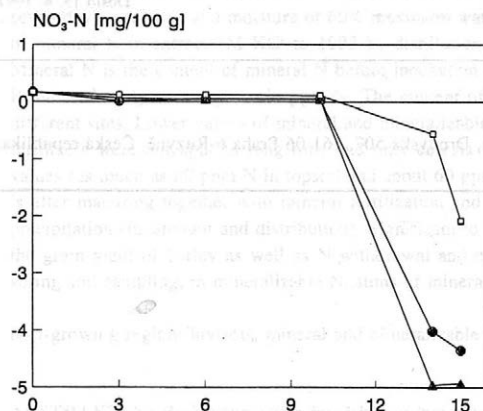
Pokusy s hnědou půdou z Pernolec ukázaly, že nitráty jsou redukovány pomaleji v půdách, kde je nižší nasycenost pórů zeminy vodou. Zvýší-li se obsah vody v zemině až na 100 nebo 200 % i více, denitrifikační proces se zrychlí. Limitujícím faktorem je množství extrahovatelného C_{ox} . Procesy jsou doprovázeny nárůstem obsahu $\text{NO}_2\text{-N}$, zejména v zemině trvale zatopené



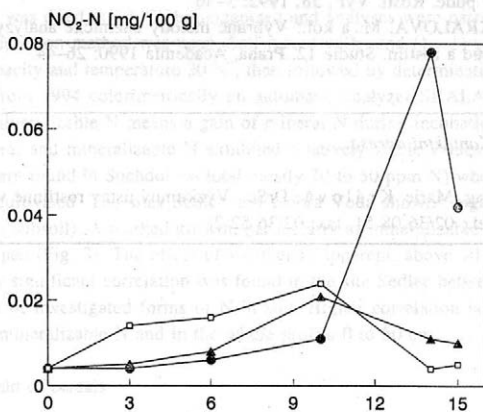
1. Hodnoty extrahovatelného uhlíku C_{ox} z půdního extraktu K_2SO_4 (hnědá půda) během 15denní inkubace inhibované acetylenem (varianty A, B, C); hodnoty C_{ox} eliminují přídavek glukózy – Values of extractable carbon C_{ox} from soil extract by K_2SO_4 (euthric cambisol) during 15-day incubation inhibited by acetylene (variants A, B, C); values C_{ox} eliminate the glucose addition



2. Hodnoty redox potenciálu (Eh) pro 100 g zeminy (hnědá půda) různě nasycené vodou (varianty A, B, C) během 15denní inkubace – Redox potential values (Eh) for 100 g soil (euthric cambisol) differently saturated with water (variants A, B, C) during 15-day incubation

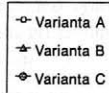


3. Analýzy NO_3-N v zemině (hnědá půda) během 15denní inkubace s aplikací 5 mg NO_3-N a 5 mg C inhibované acetylenem při různém nasycení vodou (varianty A, B, C); inhibice N_2O -reduktázy byla provedena acetylenem; výsledná množství NO_3-N dosáhla po odečtu aplikovaných 5 mg NO_3-N negativních hodnot – Analyses of NO_3-N in soil (euthric cambisol) during 15-day incubation enriched with 5 mg NO_3-N and 5 mg C inhibited by acetylene at different water saturations (variants A, B, C); final amounts of NO_3-N were expressed in negative values after the correction of 5 mg NO_3-N added



4. Analýzy NO_2-N v zemině (hnědá půda) během 15denní inkubace s aplikací 5 mg NO_3-N a 5 mg C inhibované acetylenem při různém nasycení vodou (varianty A, B, C) – Analyses of NO_2-N in soil (euthric cambisol) during 15-day incubation enriched with 5 mg NO_3-N and 5 mg C inhibited by acetylene at different water saturations (variants A, B, C)

osa x: dny – x axis: days



vodou. Nalezené množství N_2O bylo nejvyšší v zemině, kde póry byly plně nasyceny vodou (varianta A) a inhibované acetylenem. V ostatních zeminách s přebytkem vody byly nalezeny nižší hodnoty N_2O , protože došlo k jeho redukci na N_2 . Potvrzují to též pokusy bez

inhibice N_2O -reduktázy acetylenem a hodnoty Eh. Průběh denitrifikace byl doprovázen klesajícími hodnotami redox potenciálu a snižující se respirací CO_2 , zvláště v zeminách plně nasycených vodou nebo trvale zatopených.

LITERATURA

- AULAKH, M. S. – DORAN, J. W.: Effectiveness of acetylene inhibition of N_2O reduction for measuring denitrification in soils of varying wetness. *Commun. Soil Sci. Pl. Anal.*, 21, 1990: 2233–2243.
- AULAKH, M. S. – RENNIE, D. A. – PAUL, E. A.: Acetylene and N-serve effects upon N_2O emissions from NH_4^+ and NO_3^- treated soils under aerobic and anaerobic conditions. *Soil Biol. Biochem.*, 16, 1984: 351–356.
- BABICH, H. – STOTZKY, G.: Air pollution and microbial ecology. *CRC Crit. Rev. Envir. Contr.*, 4, 1974: 353–421.
- BOHN, H. L.: Redox potentials. *Soil Sci.*, 112, 1971: 39–45.
- CLEMPUT, O. VAN: Le dénitrification dans le sol. *Pedologie*, 21, 1971: 367–376.
- CRUTZEN, P. J.: Upper limits on atmospheric ozone reductions following increased application of fixed nitrogen to the soil. In: *Geogr. Res. Lett.*, 3, 1976: 169–172.
- DELWICHE, C. C.: Denitrification, nitrification and atmospheric nitrous oxide. London 1981.
- KNOWLESS, R.: Denitrification. *Microbiol. Rev.*, 3, 1982: 43–70.
- KRÁLOVÁ, M.: Měření oxidačně-redukčních potenciálů v půdách. *Rostl. Vyr.*, 38, 1992: 3–46.
- KRÁLOVÁ, M. a kol.: Vybrané metody chemické analýzy půd a rostlin. Studie 12. Praha, Academia 1990: 26–44.
- KRÁLOVÁ, M. – MASSCHELEYN, P. H. – LINDAU, C. W. – PATRICK Jr, W. H.: Production of dinitrogen and nitrous oxide in soil suspensions as affected by redox potential. *Wat. Air and Soil Pollut.*, 61, 1992: 37–45.
- KRÁLOVÁ, M. – MASSCHELEYN, P. H. – PATRICK Jr, W. H.: Redox potential as an indicator of electron availability for microbial activity and nitrogen transformations in aerobic soil. *Zbl. Mikrobiol.*, 147, 1990: 388–399.
- KREJČOVÁ, J. – KRÁLOVÁ, M. – RŮŽEK, P. – ZIKOV, I.: Stanovení půdního uhlíku titračně a potenciometricky. *Rostl. Vyr.*, 42, 1996: 115–117.
- LESCURE, G. – MENENDEZ, L. – LENS, R. – CHALAMET, A. – PIDELLO, A.: Effect of addition of various carbon substrates on denitrification in a vertic Mollisol. *Biol. Fertil. Soils*, 13, 1992: 125–129.
- LINDSAY, W. L.: Chemical equilibria in soil. New York 1979.
- RŮŽEK, P.: Vliv různých způsobů hnojení dusíkem na nitrifikační schopnost půdy. *Rostl. Vyr.*, 39, 1993: 805–816.
- SIMARMATA, T. – BENSKISER, G. – OTTOW, J. C. G.: Effect of an increasing carbon: nitrate-N ratio on the reliability of acetylene in blocking the N_2O reductase activity of denitrifying bacteria in soil. *Biol. Fertil. Soils*, 15, 1993: 107–112.

Došlo 15. 4. 1997

Kontaktní adresa:

Ing. Marie Králová, DrSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, 161 06 Praha 6-Ruzyně, Česká republika, tel.: 02/36 08 51, fax: 02/36 52 28

VLIV STANOVISŤE A ZPŮSOBU HOSPODAŘENÍ NA OBSAH MINERÁLNÍHO A MINERALIZOVATELNÉHO DUSÍKU V PŮDÁCH

THE EFFECT OF SITE AND WAY OF MANAGEMENT ON THE CONTENT OF MINERAL AND MINERALIZABLE NITROGEN IN SOILS

V. Vaněk, R. Němeček, J. Najmanová

Czech University of Agriculture, Praha, Czech Republic

ABSTRACT: The content of mineral and mineralizable N in soils (predominantly loam chernozems) in three sites of the beet-growing regions: Sedlec, Suchdol and Dobrá Voda (380, 280, 265 m above sea level) at different fertilization in spring and autumn was investigated. Treatments of fertilization applied in exact field stationary experiments in sites Sedlec and Suchdol are presented in Tab. II. In 1994 winter wheat was cultivated in Sedlec and in 1995 haylage oat. The crop rotation, manure and lime application in the site Dobrá Voda is in Tab. III. Crop rotation is executed regularly in Sedlec with 25% representation of alfalfa, 25% sugar beet and maize and 50% cereals. Since 1990 in Suchdol only cereals has been cultivated and more than 10 years neither fertilizers were applied, nor fabaceous crops were cultivated. In Dobrá Voda sugar beet, cabbage and cereals are cultivated at free crop rotation. Soil samples were taken from a layer 0 to 25 cm and 25 to 50 cm in autumn (after harvest of a forecrop) and in spring. The soil was dried at 40 °C, homogenized and analyses were carried out from fine earth. To determine mineralizable N, aerobic incubation method was used. Soil mixed with sand (1 : 1) was seven days incubated at a moisture of 60% maximum water capacity and temperature 30 °C, then followed by determination of mineral N in extract 1M KCl to 1993 by distillation and from 1994 colorimetrically on automatic analyzer SKALAR. Mineral N is the content of mineral N before incubation and mineralizable N means a gain of mineral N during incubation. Results of analyses are given in ppm N. The content of mineral and mineralizable N exhibited relatively stable values in different sites. Lower values of mineral and mineralizable N were found in Suchdol (in total mostly 30 to 50 ppm N) where fertilizers were not applied long time and only cereals were cultivated. The sites Sedlec and Dobrá Voda showed higher values (as much as 80 ppm N in topsoil and about 60 ppm N in subsoil). A marked growth, particularly of mineralizable N, is after manuring together with mineral fertilization and after pea (Fig. 3). The effect of weather is apparent, above all of precipitation (its amount and distribution). Significant to highly significant correlation was found in the site Sedlec between the grain yield of barley as well as N withdrawal and content of investigated forms of N in soil. Higher correlation is in spring soil sampling, in mineralizable N, sums of mineral and mineralizable N and in the whole profile 0 to 50 cm.

beet-growing region; luvisols; mineral and mineralizable N; yield of cereals

ABSTRAKT: Na třech stanovištích řepařské výrobní oblasti (Sedlec, Suchdol a Dobrá Voda) byl sledován obsah minerálního a mineralizovatelného N v půdách v profilu 0 až 25 cm a 25 až 50 cm v jarním a podzimním období. Pro stanovení mineralizovatelného N byla použita aerobní inkubace. Obsah minerálního a mineralizovatelného N byl na jednotlivých stanovištích poměrně stabilní. Nižší hodnoty minerálního a mineralizovatelného N byly zjištěny v Suchdole (celkově většinou 30 až 50 ppm N), kde nebylo dlouhodobě organicky hnojeno a byly pěstovány jen obilniny. Stanoviště Sedlec a Dobrá Voda vykazovaly vyšší hodnoty (až okolo 80 ppm N v ornici a v podorníci okolo 60 ppm N). Výrazný nárůst, zvláště mineralizovatelného N, byl nalezen po hnojení hnojem spolu s minerálním hnojením a po hrachu. Je patrný vliv povětrnosti, především srážek (množství a jejich rozdělení). Na stanovišti Sedlec byla zjištěna průkazná korelace mezi výnosem zrna jarního ječmene i odběrem N a obsahem sledovaných forem N v půdě. Vyšší korelace byla zaznamenána při jarním odběru zemin, u mineralizovatelného N a sumy minerálního a mineralizovatelného N v celém profilu 0 až 50 cm.

řepařská oblast; hnědozemě; minerální a mineralizovatelný N; výnos obilnin

Výsledky pokusů, upřesňující využití N hnojiv rostlinami, potvrzují skutečnost, že větší část produkce je na úrodných stanovištích tvořena půdním N (Leitland, 1981; Vaněk et al., 1989; Lippold, Mouchová, 1995 aj.).

Podrobnější studie dynamiky přeměn N v půdách ukazují, že kromě minerálního N se na výnosech podílejí lehce hydrolyzovatelné formy organického N. Řada autorů se proto snaží nalézt vhodnou metodu stanovení tzv. mineralizovatelného N v půdě. Jsou sledovány otázky vhodné doby odběru vzorků zemin, jejich úprava po odběru, faktory ovlivňující hodnoty mineralizovatelného N i agronomické interpretace zjištěných hodnot (Stadelmann et al., 1983; Rausch, 1989; Barekzai, Mühling, 1992; Pavlíková et al., 1992; Vaněk et al., 1995, 1996 aj.).

Výsledky, které uveřejnili Scherer (1984), Scherer, Werner (1991) a další, ukazují, že také fixovaný $\text{NH}_4\text{-N}$ může spolu s mineralizovatelným N významně zasahovat do celé dynamiky N v půdě, a tím i do přijatelnosti pro rostliny, zvláště při měnicích se hydrotermických podmínek.

Je nesporné, že větší množství informací o jednotlivých formách N (především obsah nitrátového N, mineralizovatelného N a fixovatelného $\text{NH}_4\text{-N}$) v půdách, spolu s údaji o průběhu, případně s předpokladem povětrnosti na nejbližší období, umožní upřesnění dávek i dobu použití N hnojiv, a tím i lepší rentabilitu rostlinné výroby a ochranu životního prostředí.

MATERIÁL A METODA

Minerální a mineralizovatelný N v půdách řepařské výrobní oblasti byl sledován na třech stanovištích, a to ve dvou stacionárních pokusech ÚKZÚZ v Sedlci a ČZU v Suchdole, kde byly realizovány přesné polní výživářské pokusy, a dále v Dobré Vodě na šesti provozních honech zemědělského družstva. Charakteristiku stanoviště uvádí tab. I.

V Sedlci bylo od roku 1972 používáno diferencované hnojení. V osmihonném osevním sledu byly 50 % zastoupeny obilniny, 25 % cukrovka a kukuřice a 25 % vojtěška. V roce 1994 byla pěstována ozimá pšenice po kukuřici a v roce 1995 jarní ječmen. V Suchdole byly v letech 1991 až 1993 pěstovány obilniny a v letech 1994 až 1995 senážní oves.

V předloženém příspěvku je hodnoceno pět variant hnojení z přesných polních pokusů z let 1994 a 1995 (tab. II). Hnůj byl v Sedlci aplikován k cukrovce a kukuřici pro varianty 2 až 5. Poslední hnojení hnojem v dávce 40 t.ha^{-1} bylo realizováno na podzim 1992 pod kukuřici. V Suchdole nebyla za posledních 10 let použita organická hnojiva, ani nebyly pěstovány bobovité rostliny. V Sedlci činily každoroční dávky $\text{P}_1 = 26,4$; $\text{P}_2 = 52,8$; $\text{P}_3 = 105,6 \text{ kg P.ha}^{-1}$; $\text{K}_1 = 66,4$; $\text{K}_2 = 132,8$; $\text{K}_3 = 265,6 \text{ kg K.ha}^{-1}$. V Suchdole byla pro všechny hnojené varianty použita dávka 35 kg P.ha^{-1} a 50 kg K.ha^{-1} . P byl na obou stanovištích aplikován v superfosfátu a K v draselné soli.

Přehled pěstovaných plodin v letech 1991 až 1995 na provozních honech ZD Dobrá Voda je uveden v tab. III. Byla zde intenzivně pěstována cukrovka, zelí a obilniny. Přísun N v hnojivech a odběr N sklizněmi uvádí tab. IV. K posouzení vlivu povětrnosti byly použity údaje stanice VŠÚO Holovousy, nacházející se v bezprostřední blízkosti Dobré Vody.

Odběr vzorků zemin byl uskutečněn z vrstvy 0 až 25 cm a 25 až 50 cm v podzimním období (po sklizni předplodiny) a na jaře. Zemina byla vysušena při 40°C , homogenizována a analýzy byly realizovány z jemnozeme. Pro stanovení mineralizovatelného N byla použita aerobní inkubační metoda. Zemina promísená s pískem (1 : 1) byla sedm dní inkubována při vlhkosti 60 % maximální vodní kapacity a teplotě 30°C , potom následovalo stanovení minerálního N ve výluhu 1M KCl (do roku 1993 destilačně s MgO a od roku 1994 kolorimetricky na automatickém analyzátoru SKALAR). Minerální N je obsah minerálního N před inkubací a mineralizovatelný N představuje přírůstek minerálního N během inkubace. Výsledky analýz jsou uvedeny v ppm N.

Pro sledování statistické závislosti výsledků analýz půd, výnosu plodin a odběru N sklizněmi bylo použito vždy hodnot z podzimního období předchozího roku (po sklizni předplodiny) a z jarního období daného hospodářského roku.

VÝSLEDKY

Souhrnné výsledky analýz zemin ze stanoviště Sedlec jsou znázorněny na obr. 1. Z těchto údajů je zřejmý vysoký obsah N (hlavně minerálního N) na jaře 1994. Orniční profil vykazoval vyšší obsah než profil 25 až

I. Základní charakteristika stanovišť – Basic characteristics of sites

Stanoviště ¹	Půdní typ ²	Půdní druh ⁶	Průměrné roční srážky ⁹ (mm)	Průměrná roční teplota ¹⁰ (°C)	Nadmořská výška ¹¹ (m)
Sedlec	šedozem ³	hlinitá ⁷	581	8,2	300
Suchdol	hnědozem ⁴	hlinitá	510	9,2	280
Dobrá Voda	hnědozem, luviszem ⁵	hlinitojilovitá ⁸	655	8,0	265

¹ site, ² great soil group, ³ grey soil, ⁴ luvisol, ⁵ cambisol, ⁶ texture, ⁷ loam soil, ⁸ loam clay soil, ⁹ annual sum of precipitation, ¹⁰ average annual temperature, ¹¹ altitude

II. Hodnocené varianty hnojení v přesných polních pokusech – Design of field experiments with rate of applied nitrogen

Varianta ¹	označení ²	Sedlec		Suchdol	
		kg N.ha ⁻¹		označení	kg N.ha ⁻¹
		pšenice ³	ječmen ⁴		
1	0	0	0	PK	0
2	Hn	0	0	N ₁ PK	30
3	Hn + N ₁ P ₁ K ₁	47	46	N ₂ PK	60
4	Hn + N ₂ P ₂ K ₂	100	70	N ₃ PK	60 + 30
5	Hn + N ₃ P ₃ K ₃	133	93	N ₂ PK	30 + 30

¹treatment, ²denotation, ³wheat, ⁴barley

III. Přehled pěstovaných plodin, hnojení hnojem a vápnění na sledovaných honech zemědělského družstva Dobrá Voda – The crop relation, manure and lime application of experimental fields in cooperative farm Dobrá Voda

Hon ¹	Plodina ² , hnojení hnojem ³ *, vápnění ⁴ #				
	1991	1992	1993	1994	1995
1	ozimá pšenice ⁵	cukrovka * #	jarní ječmen ¹⁰	zelí	jarní ječmen
2	cukrovka ⁶	ozimá pšenice	cukrovka * #	ozimá pšenice	ozimý ječmen
3	cukrovka * #	ozimá pšenice	zelí * #	jarní ječmen	cukrovka *
4	ozimá pšenice	hrách ⁸	ozimá pšenice	zelí *	cukrovka
5	cukrovka * #	ozimý ječmen	ozimá pšenice	ozimý ječmen	cukrovka *
6	ozimý ječmen ⁷	zelí ⁹ *	cukrovka	jarní ječmen	ozimá pšenice

¹field, ²crop, ³manure application, ⁴lime application, ⁵winter wheat, ⁶sugar beet, ⁷winter barley, ⁸pea, ⁹cabbage, ¹⁰spring barley

IV. Příslus N v hnojivech a odběr N sklizněmi v období 1991 až 1995 na vybraných honech zemědělského družstva Dobrá Voda (kg.ha⁻¹) – The rate of N fertilizers applied and N offtake by harvests 1991 to 1995 in experimental fields of cooperative farm Dobrá Voda (kg.ha⁻¹)

Hon ¹	Příslus N ²			Odběr sklizněmi ³	Rozdíl ⁴
	průmyslová hnojiva ⁵	hnůj ⁶	celkem ⁷		
1	509	225	734	658	76
2	396	200	596	995	-399
3	544	625	1 169	953	216
4	553	225	778	758	20
5	585	425	1 010	899	111
6	576	225	801	804	-3

¹field, ²rate of N, ³withdrawal by harvests, ⁴difference, ⁵fertilizers, ⁶manure, ⁷total

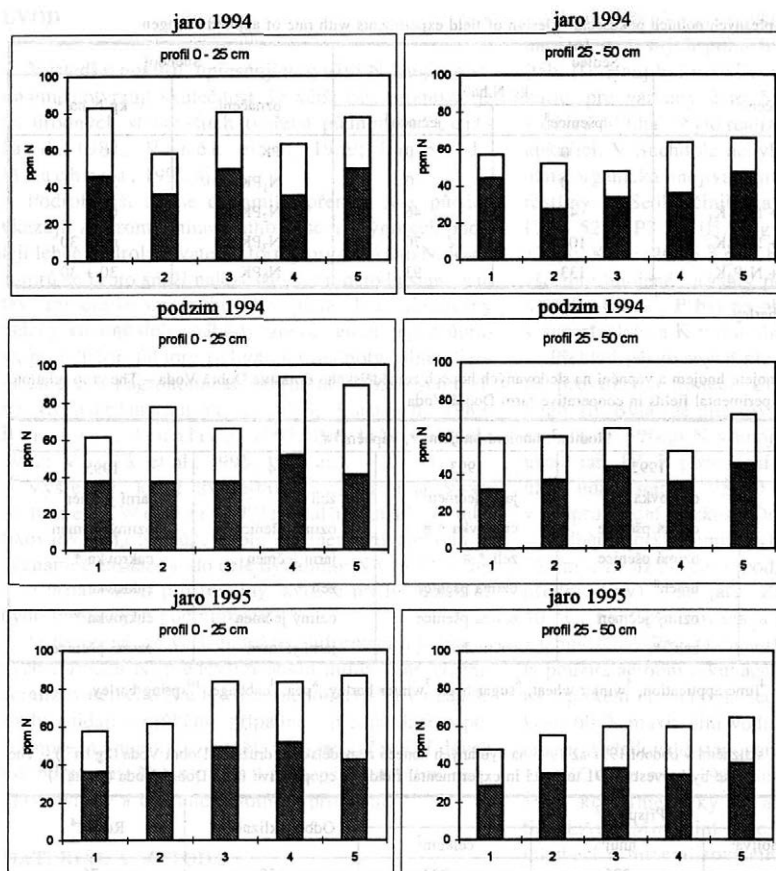
50 cm. V tomto období nejsou patrné výrazné a jednoznačné tendence v obsahu minerálního i mineralizovatelného N mezi sledovanými variantami hnojení. V podzimním období po sklizni pšenice došlo k vyšší diferenciaci obsahu obou forem N, která byla zvláště významná na jaře 1995, a to jak v profilu 0 až 25 cm, tak 25 až 50 cm.

Analýzy zemín ze stanoviště Suchdol, realizované již od roku 1991, neprokázaly výraznější rozdíly v obsahu minerálního a mineralizovatelného N mezi sledovanými variantami. Teprve v podzimním období 1993 nastaly difference, zvláště u variant 2, 3 a 4 oproti variantě bez N (obr. 2). V dalším období však opět nebyly zjištěny výraznější rozdíly mezi variantami.

Průměrné, nejvyšší a nejnižší hodnoty obsahu minerálního a mineralizovatelného N za období 1991 až

1995 v zemínách z Dobré Vody jsou znázorněny na obr. 3. Z těchto údajů je zřejmé, že vyšší hodnoty vykazuje profil 0 až 25 cm než 25 až 50 cm a většina změn má podobný průběh v obou profilech. Výrazné zvýšení, především mineralizovatelného N, bylo pozorováno po organickém hnojení.

Na čtyřech ze šesti sledovaných honů byly zjištěny vysoké hodnoty mineralizovatelného N (3 až 6) v září roku 1992, což je zřejmě důsledek předchozího organického hnojení spojeného s minerálním [tři hony (3, 5 a 6) byly hnojeny hnojem na podzim 1990 nebo 1991] a zařazení hrachu na honu 4, ale také důsledek vývoje povětrnosti v roce 1992. V dubnu a květnu bylo sucho (v květnu spadlo jen 28 % srážek normálu) a potom následovaly poměrně příznivé vlhkostní podmínky v červnu, červenci a srpnu.



1. Obsah minerálního a mineralizovatelného N (stanoviště Sedlec) – Content of mineral and mineralizable N (site Sedlec)

Vysvětlivky k obr. 1 a 2 –
 Explanations to Figs 1 and 2:
 podzim – autumn
 jaro – spring
 osa x: varianty – x axis: treatments
 ■ mineralní N – mineral N
 □ mineralizovatelný N – mineralizable N

Na honech 1 a 2 byly zaznamenány nejvyšší hodnoty v jarním období 1992 a 1994, kdy oba hony byly hnojeny hnojem a vápněny pod cukrovku na podzim předchozího roku. Naopak nízké hodnoty mineralizovatelného N byly nalezeny v září 1994, kdy po velmi suchém období květen až červenec (srážky činily jen 45 % normálu a v červnu spadlo jen 13,9 mm srážek) následovalo krátké období nadbytku srážek (srpen 141 % a září 136 % normálu). Dá se předpokládat, že došlo zřejmě k rozvoji mikroorganismů a k mineralizaci lehce hydrolyzovatelných sloučenin. Nejvyšší pokles obsahu minerálního a mineralizovatelného N byl zaznamenán v ornici na honu 2, kde byl také za celé období výrazně nižší přísun N oproti odběru (tab. IV).

Výnosové výsledky z obou stanovišť přesných polních pokusů jsou znázorněny na obr. 4. Výnosy zrna ozimé pšenice i jarního ječmene v Sedlci byly výrazně ovlivněny NPK hnojením a v podstatě pro vysoký výnos zrna postačovala na daném stanovišti dávka $N_2P_2K_2$. Projevil se zde vliv dlouhodobě diferencovaného hnojení. Na stanovišti Suchdol byly rozdíly ve výnosu sušiny mezi sledovanými variantami poměrně malé a teprve dávky 60 až 90 kg $N \cdot ha^{-1}$ působily statisticky průkazné zvýšení výnosů ve srovnání s varian-

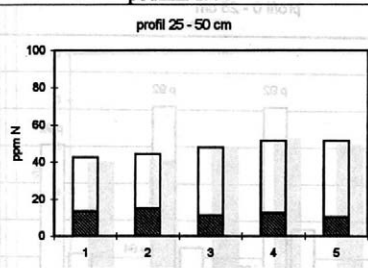
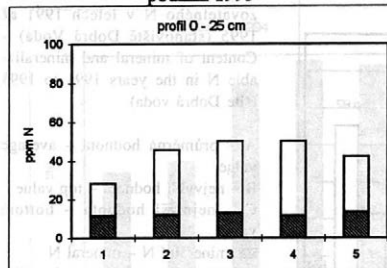
tou bez N. Odběr N sklizněmi znázorňuje obr. 5. Protože odběr N závisí především na výnosu, je průběh podobný jako průběh výnosů plodin.

Výnosové výsledky i odběry N jsou prezentovány hlavně k posouzení závislosti s obsahem minerálního a mineralizovatelného N v půdách. I když do těchto vztahů mohou významně zasahovat i použité dávky hnojení, je zřejmé, že na stanovišti Sedlec je v jarního ječmene průkazná až vysoce průkazná korelace mezi sledovanými formami N v půdě a výnosem zrna i odběru N (tab. V a VI), zvláště v jarním období 1995. Lze konstatovat těsnější vztah u mineralizovatelného N než u minerálního N a největší průkaznost u sumy minerálního a mineralizovatelného N a při hodnocení celého profilu 0 až 50 cm. Korelace na stanovišti Suchdol jsou uvedeny v tab. VII a VIII. Je zřejmé, že na tomto stanovišti nebyly zjištěny jednoznačné vztahy mezi sledovanými hodnotami N v půdě a výnosem sušiny ovesa i odběrem N. Je to způsobeno jednak tím, že nedošlo k výrazným změnám v obsahu mineralizovatelného N v půdě, ani výnosové rozdíly u hodnocených variant nebyly velké. Tendence užšího vztahu (na hranici průkaznosti až průkazný) je u mineralizovatelného N, resp. v případě sumy obou forem N.

podzim 1993

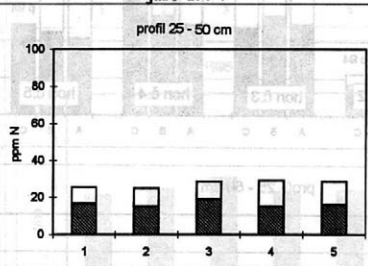
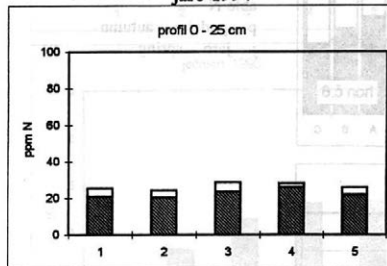
podzim 1993

2. Obsah minerálního a mineralizovatelného N (stanoviště Suchdol) – Content of mineral and mineralizable N (site Suchdol)



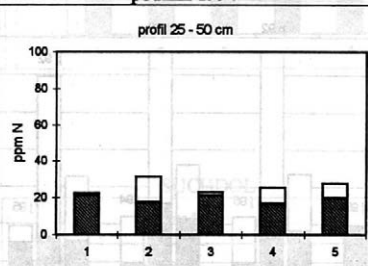
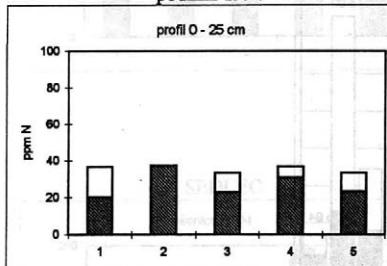
jaro 1994

jaro 1994



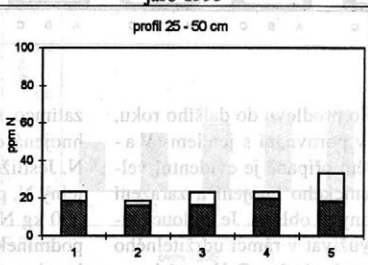
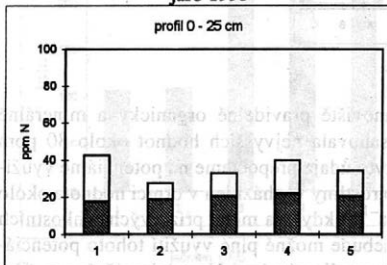
podzim 1994

podzim 1994



jaro 1995

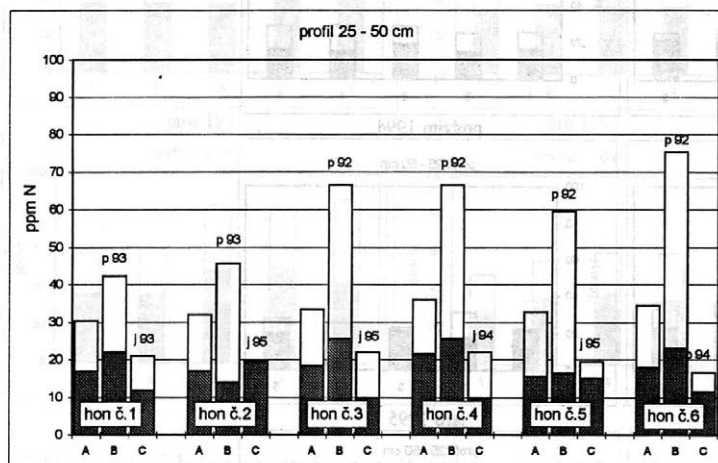
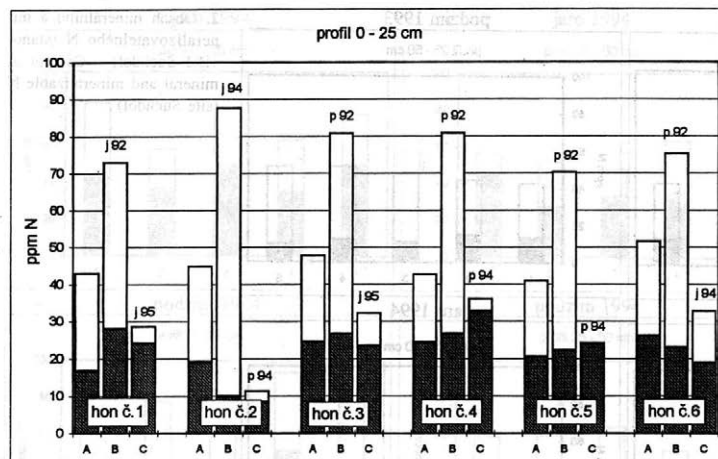
jaro 1995



DISKUSE

Sledování obsahu minerálního a mineralizovatelného N v zemích tří stanovišť řepářské výrobní oblasti, které jsou představovány úrodnými půdami ze skupiny luvisolů (hlavně hnědozemě), ukazují na poměrně stabilní a vyrovnané hodnoty minerálního a mineralizovatelného N jednotlivých stanovišť. Změny těchto hodnot vznikají způsobem hospodaření, hlavně zastoupením plodin a jejich střídáním, hnojením a průběhem povětrnosti, což je ve shodě s publikovanými údaji (Stadelmann et al., 1983; Rausch, 1989 aj.). Dlouho-

dobá absence organického hnojení v Suchdole ukazuje, že běžnými dávkami N v průmyslových hnojivech (do 90 kg N.ha⁻¹) nejsou výrazněji ovlivněny hodnoty minerálního a mineralizovatelného N v jarním a podzimním období. Naopak kombinace organického hnojení (hnůj) s minerálním hnojením značně zvyšuje hodnoty mineralizovatelného N. Vyplyvá z víceletého sledování v Dobré Vodě. Podobně jako v bramborářské výrobní oblasti (Vaněk et al., 1995) i zde lze zřejmě podle průběhu povětrnosti zaznamenat výrazné pozitivní působení organického hnojení následující rok až dva po hnojení. Příznivé zvýšení obsahu mineralizovatelné-



3. Obsah minerálního a mineralizovatelného N v letech 1991 až 1995 (stanoviště Dobrá Voda) – Content of mineral and mineralizable N in the years 1991 to 1995 (site Dobrá voda)

A – průměrná hodnota – average value
 B – nejvyšší hodnota – top value
 C – nejnižší hodnota – bottom value
 ■ minerální N – mineral N
 □ mineralizovaný N – mineralizable N
 p – podzim – autumn
 j – jaro – spring

ho N po sklizni hrachu mělo prodlevu do dalšího roku, avšak bylo méně výrazné v porovnání s jetelem (Vaněk et al., 1995). V každém případě je evidentní velmi příznivé působení organického hnojení a zařazení bobovité rostliny i do úrodných oblastí. Je žádoucí racionálně těchto opatření využívat v rámci udržitelného rozvoje a rentability rostlinné výroby. Průkazná korelace mezi obsahem mineralizovatelného N, případně soumou minerálního a mineralizovatelného N a výnosem zrna ječmene i odběrem N sklizní na stanovišti Sedlec byla shledána v jarním období odběru vzorků zemín, podobně jako na dvou stanovištích bramborářské výrobní oblasti (Vaněk et al., 1996).

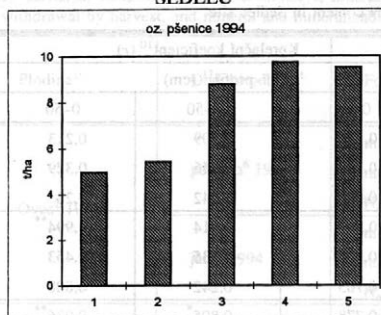
Z ekologického hlediska je příznivé zjištění, že po aplikaci N nebyl nalezen podstatně vyšší obsah minerálního N v jarním a podzimním období v profilu 0 až 25 cm ani 25 až 50 cm, což je ve shodě s publikovanými údaji (Petr et al., 1995) z méně příznivých podmínek (bramborářská oblast).

V Suchdole byly zjištěny nejvyšší hodnoty součtu minerálního a mineralizovatelného N okolo 50 ppm N,

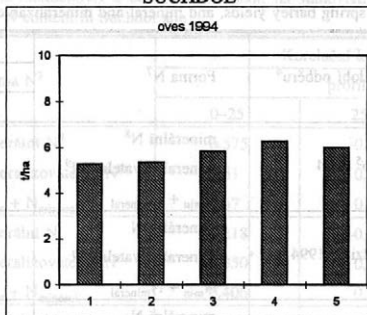
zatímco stanoviště pravidelně organicky a minerálně hnojená dosahovala nejvyšších hodnot okolo 80 ppm N. Jestliže tyto údaje přepočteme na potenciálně využitelný N, pro rostliny vychází jen v ornici hodnota okolo 250 kg N.ha⁻¹. I když za méně příznivých vlhkostních podmínek nebude možné plně využít tohoto potenciálu, ale vezmeme-li v úvahu i N v podorničním profilu, pak je možné počítat s tím, že rostliny mohou mít i za méně příznivých podmínek k dispozici přes 200 kg N.ha⁻¹. Z tohoto pohledu je vhodné na těchto pozemcích omezit nebo úplně vyloučit hnojení N hnojivy, zvláště u plodin méně náročných na N, a přehodnotit doposud používané normativy odpočtů dávek N po organickém hnojení a bobovitých plodinách.

Z pokusů také vyplývá, že odběr vzorků půd do hloubky 50 cm zvyšuje vypovídací schopnost o obsahu minerálního a mineralizovatelného N sledovaného stanoviště, ale pro praktické účely, s ohledem na pracnost, lze doporučit odběr jen z ornického profilu. Pro využití zjištěných hodnot v praxi jsou důležité i další informace, především vlhkostní poměry, osevní postup a hnojení.

SEDLEC

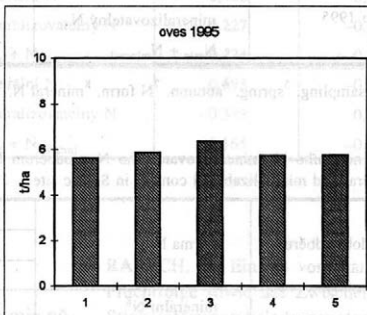
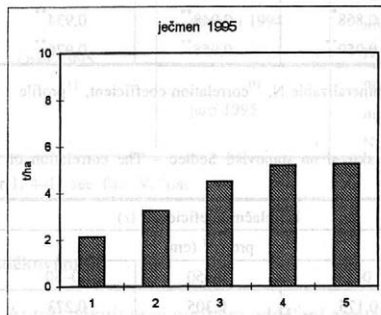


SUCHDOL

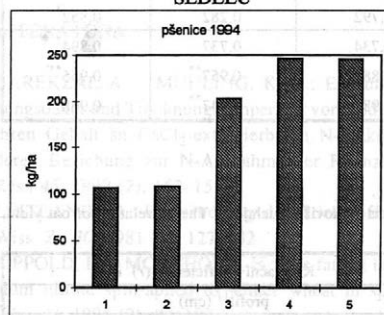


4. Výnos zrna ozimé pšenice a jarního ječmene a sušiny ovesa ($t \cdot ha^{-1}$) – The grain yield of winter wheat and spring barley and oat dry matter ($t \cdot ha^{-1}$)

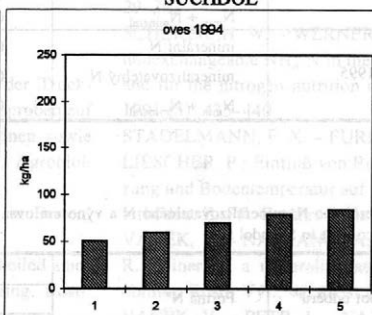
Vysvětlivky k obr. 4 a 5 – Explanations to Figs 4 and 5: pšenice – wheat ječmen – barley oves – oat osa x: varianty – x axis: treatments



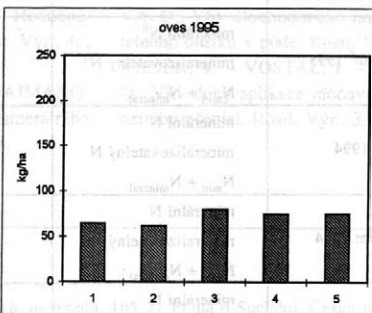
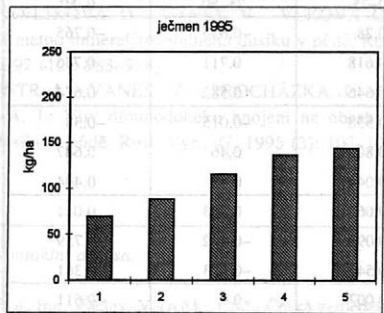
SEDLEC



SUCHDOL



5. Odběr N sklizní ($kg \cdot ha^{-1}$) – N withdrawal by harvest ($kg \cdot ha^{-1}$)



V. Závislost mezi obsahem minerálního N, mineralizovatelného N a výnosem ozimé pšenice a jarního ječmene na stanovišti Sedlec – The correlation of winter wheat and spring barley yields, and mineral and mineralizable N content in Sedlec site

Plodina ¹	Období odběru ⁴	Forma N ⁷	Korelační koeficient ¹⁰ (r)		
			profil ¹¹ (cm)		
			0–25	25–50	0–50
Pšenice ² 1994	jaro ⁵ 1994	minerální N ⁸	0,171	0,209	0,213
		mineralizovatelný N ⁹	–0,165	0,256	0,329
		N _{min} + N _{mineral}	0,025	0,442	0,28
Ječmen ³ 1995	podzim ⁶ 1994	minerální N	0,597	0,714	0,994**
		mineralizovatelný N	0,702	–0,535	0,453
		N _{min} + N _{mineral}	0,765	0,242	0,808
	jaro 1995	minerální N	0,778	0,805*	0,936**
		mineralizovatelný N	0,868*	0,948**	0,934**
		N _{min} + N _{mineral}	0,959**	0,958**	0,976**

¹crop, ²wheat, ³barley, ⁴term of sampling, ⁵spring, ⁶autumn, ⁷N form, ⁸mineral N, ⁹mineralizable N, ¹⁰correlation coefficient, ¹¹profile

VI. Závislost mezi obsahem minerálního N, mineralizovatelného N a odběrem N sklizní na stanovišti Sedlec – The correlation of N withdrawal by harvest, and mineral and mineralizable N content in Sedlec site

Plodina ¹	Období odběru ⁴	Forma N ⁷	Korelační koeficient ¹⁰ (r)		
			profil ¹¹ (cm)		
			0–25	25–50	0–50
Pšenice ² 1994	jaro ⁵ 1994	minerální N ⁸	0,175	0,305	0,273
		mineralizovatelný N ⁹	–0,128	0,256	0,233
		N _{min} + N _{mineral}	0,046	0,544	0,356
Ječmen ³ 1995	podzim ⁶ 1994	minerální N	0,614	0,692	0,991**
		mineralizovatelný N	0,73	–0,442	0,526
		N _{min} + N _{mineral}	0,792	0,282	0,852*
	jaro 1995	minerální N	0,734	0,737	0,894*
		mineralizovatelný N	0,889*	0,957**	0,955**
		N _{min} + N _{mineral}	0,987**	0,947**	0,968**

For I–11 see Tab. V

VII. Závislost mezi obsahem minerálního N, mineralizovatelného N a výnosem ova na stanovišti Suchdol – The correlation of oat yield, and mineral and mineralizable N content in Suchdol site

Plodina ¹	Období odběru ⁴	Forma N ⁷	Korelační koeficient ¹⁰ (r)		
			profil ¹¹ (cm)		
			0–25	25–50	0–50
Oves ² 1994	podzim ⁶ 1993	minerální N ⁸	0,28	–0,655	–0,765
		mineralizovatelný N ⁹	0,618	0,711	0,746
		N _{min} + N _{mineral}	0,646	0,582	0,674
	jaro ⁵ 1994	minerální N	–0,538	–0,015	–0,38
		mineralizovatelný N	0,806*	0,46	0,647
		N _{min} + N _{mineral}	0,044	0,69	0,494
Oves 1995	podzim 1994	minerální N	–0,062	0,263	0,021
		mineralizovatelný N	–0,095	–0,232	–0,759
		N _{min} + N _{mineral}	–0,542	–0,173	–0,361
	jaro 1995	minerální N	0,007	–0,9	–0,611
		mineralizovatelný N	0,493	0,954**	0,636
		N _{min} + N _{mineral}	0,807*	–0,684	0,314

For I, 4–11 see Tab. V, ²oat

Plodina ¹	Období odběru ⁴	Forma N ⁷	Korelační koeficient ¹⁰ (r)		
			profil ¹¹ (cm)		
			0–25	25–50	0–50
Oves ² 1994	podzim ⁶ 1993	minerální N ⁸	0,575	–0,718	–0,61
		mineralizovatelný N ⁹	0,61	0,78	0,818*
		N _{min} + N _{mineral}	0,67	0,638	753
	jaro ⁵ 1994	minerální N	–0,218	–0,263	–0,355
		mineralizovatelný N	0,850*	0,679	0,856*
		N _{min} + N _{mineral}	0,406	0,823*	0,759
Oves 1995	podzim 1994	minerální N	–0,402	0,186	–0,465
		mineralizovatelný N	0,227	–0,365	–0,231
		N _{min} + N _{mineral}	–0,774	–0,447	–0,67
	jaro 1995	minerální N	0,693	–0,278	0,29
		mineralizovatelný N	–0,333	0,621	–0,156
		N _{min} + N _{mineral}	0,165	–0,373	0,148

For 1, 4–11 see Tab. V, ² oat

Poděkování

Autoři děkují pracovníkům oddělení agrochemie půdy a výživy rostlin ÚKZÚZ a zkušební stanice v Sedlci, dále pracovníkům ZD Dobrá Voda za všestrannou pomoc při řešení úkolu.

LITERATURA

- BAREKZAI, A. – MÜHLING, K. H.: Einfluß der Trocknungsdauer und Trocknungstemperatur von Bodenproben auf ihren Gehalt an CaCl₂-extrahierbaren N-Fractionen sowie deren Beziehung zur N-Aufnahme der Pflanze. *Agrobiol. Res.*, 45, 1992 (2): 153–158.
- LEITLAND, G.: Umwandlung des Stickstoffs in Boden. *Wiss. Z.*, 30, 1981 (5): 127–132.
- LIPPOLD, H. – MOUCHOVÁ, H.: The fate of labelled ammonium nitrate split-applied to winter wheat in spring. *Rostl. Výr.*, 41, 1995 (3): 92–102.
- PAVLÍKOVÁ, D. – VANĚK, V. – VLKOVÁ, O.: Hodnocení metod mineralizovatelného dusíku v půdě. *Rost. Výr.*, 38, 1992 (12): 983–988.
- PETR, J. – VANĚK, V. – PROCHÁZKA, J. – NAJMANOVÁ, J.: Vliv dlouhodobého hnojení na obsah minerálního dusíku v půdě. *Rost. Výr.*, 41, 1995 (3): 103–108.

- RAUSCH, H.: Einfluß von Standort, Stallmüddüngung und Fruchtfolge sowie des Zwischentrocknungseffektes auf das Stickstoffmineralisierungspotential (N_{pot}) verschiedener Böden. *Arch. Acker- Pfl.-Bau Bodenkd.*, 33, 1989: 87–95.
- SCHERER, H. W.: Beziehung zwischen dem Stickstoff-Entzug der Pflanzen und der Abnahme von spezifisch gebundenem NH₄-N im Boden. *Z. Pfl.-Ernähr. Bodenkd.*, 147, 1984: 29–36.

- SCHERER, H. W. – WERNER, W.: The significance of the nonexchangeable NH₄-N in the nitrogen dynamics of the soil and for the nitrogen nutrition of the plants. *Rostl. Výr.*, 37, 1991 (5): 435–440.
- STADELMANN, F. X. – FURRER, O. J. – GUPTA, S. K. – LIESCHER, P.: Einfluß von Bodeneigenschaften, Bodennutzung und Bodentemperatur auf die N-Mobilisierung von Kulturböden. *Z. Pfl.-Ernähr. Bodenkd.*, 146, 1983: 228–242.
- VANĚK, V. – NAJMANOVÁ, J. – PETR, J. – NĚMEČEK, R.: Minerální a mineralizovatelný dusík v půdě a výnosy obilnin. *Rostl. Výr.*, 42, 1996 (9): 411–416.
- VANĚK, V. – PETR, J. – NAJMANOVÁ, J. – PAVLÍKOVÁ, D.: Vliv dlouhodobého hnojení na obsah mineralizovatelného dusíku v půdě. *Rostl. Výr.*, 41, 1995 (3): 109–114.
- VANĚK, V. – VOSTAL, J. – ČINKOVÁ, D. – VLKOVÁ, O.: Vliv doby aplikace močoviny na odběr a využití dusíku ozimou pšenicí. *Rostl. Výr.*, 35, 1989 (7): 681–688.

Došlo 22. 5. 1997

Kontaktní adresa:

Prof. Ing. Václav Vaněk, CSc., Česká zemědělská univerzita, 165 21 Praha 6-Suchdol, Česká republika, tel.: 02/24 38 27 34, fax: 02/20 92 03 12

Katedra agrochemie a výživy rostlin AF ČZU v Praze
Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně
Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
Ministerstvo zemědělství ČR
Komise výživy rostlin ČAZV
Česká zemědělská společnost, pobočka při ČZU v Praze

si Vás dovolují pozvat

na III. konferenci

RACIONÁLNÍ POUŽITÍ PRŮMYSLOVÝCH HNOJIV

pořádanou 27. listopadu 1997

v aule České zemědělské univerzity v Praze

Cílem konference je zhodnocení současné úrovně výživy rostlin dusíkem a použití
dusíkatých hnojiv

Jednání bude zaměřeno na tyto hlavní okruhy:

- ☐ Dusík v půdě, jeho formy a změny ☐
- ☐ Vliv dusíku na životní prostředí ☐
- ☐ Vliv dusíku na výši a kvalitu rostlinné produkce ☐
- ☐ Zásady racionálního použití dusíkatých hnojiv ☐
- ☐ Výživa a hnojení obilnin dusíkem ☐
- ☐ Výživa a hnojení okopanin dusíkem ☐
- ☐ Výživa a hnojení olejnin dusíkem ☐

K uvedené tematice jsou vyžádány hlavní referáty a dílčí výsledky budou prezentovány
formou posterů

Odborný garant: **Prof. Ing. Václav Vaněk, CSc.**

Organizační garant: **Ing. Ivana Šafářová**

Podrobnější informace lze obdržet na adrese:

Česká zemědělská univerzita v Praze
děkanát agronomické fakulty
165 21 Praha 6-Suchbát
tel.: 02/20 92 13 51

OBSAH MINERÁLNÍHO DUSÍKU V PŮDNÍM PROFILU A ODBĚR DUSÍKU OZIMOU PŠENICÍ

MINERAL NITROGEN CONTENT IN A SOIL PROFILE AND NITROGEN ACCUMULATION IN WINTER WHEAT CROP

J. Haberle, P. Svoboda, J. Krejčová

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

ABSTRACT: Winter wheat (cv. Samanta) growth, N accumulation in shoots, and the content of mineral N ($N_{\min}$ = $\text{NO}_3\text{-N}$ + $\text{NH}_4\text{-N}$) and water in a soil profile were studied in a two year field experiment. It was carried out on a degraded chernozem soil at Prague-Ruzyně (elev. 340 m, long-term average precipitation and temperature: 450 mm per year and 7.8 °C, resp.). Two treatments were observed, unfertilized with N (N_0) and fertilized with 100 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (1995) and 85 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (1996) as ammonium nitrate (treatment N_1) split-applied at the beginning of vegetative growth in spring and during full tillering. Soil was sampled in 10 to 30 cm layer increments to the depth of 120 or 150 cm. The content of $N_{\min}$ in freshly taken soil samples was determined by a standard sampling scheme and analytical procedure (Růžek, 1993). At harvest the wheat crop had accumulated in the above-ground parts 91.3 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (treatment N_0) and 125.2 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (N_1) in 1995 and 149 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (N_0) and 177 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (N_1) in 1996 (Fig. 1). The degree of water and $N_{\min}$ depletion decreased with the depth of the soil layer (Fig. 2, 3). The results suggest that under the given conditions the wheat crop used effectively the supply of N and water from the arable layer and subsoil down to a 70 cm depth. The depletion of the sources was less in the 70 to 120 cm zone, and low or none in 120 to 150 cm (Fig. 2, 3). The decrease in $N_{\min}$ from the soil profile during the period of rapid linear growth corresponded with accumulation of N in shoots in 1996, while during ripening the accumulation of N was higher than the decrease in soil $N_{\min}$ (Fig. 4). In 1995 the total $N_{\min}$ content at harvest was higher than at shooting. Determination of the distribution of N uptake from a soil profile demands a description of root system and functions and reliable quantification of water and N redistribution, mineralization, immobilization and denitrification processes.

N-fertilization; winter wheat; soil profile; $N_{\min}$; $\text{NO}_3\text{-N}$; $\text{NH}_4\text{-N}$; water; distribution; N-depletion

ABSTRAKT: Ve dvouletém polním pokusu na degradované černozemi v Praze-Ruzyni byla sledována distribuce $N_{\min}$ ($\text{NO}_3\text{-N}$ + $\text{NH}_4\text{-N}$) a vody v půdním profilu a růst a akumulace N v nadzemních částech ozimé pšenice Samanta nehnojené N a hnojené N na jaře. Intenzita poklesu obsahu vody a $N_{\min}$ v půdě v průběhu růstu se zmenšovala s hloubkou sledované vrstvy. Výsledky naznačují, že v daných podmínkách porost pšenice plně využíval zásobu nitrátového N a vody v ornici a podorniči do hloubky 70 cm, v omezeném rozsahu z vrstvy 70 až 120 cm a nepatrně nebo vůbec ne z hloubky pod 120 cm.

hnojení N; ozimá pšenice; půdní profil; $N_{\min}$; $\text{NO}_3\text{-N}$; $\text{NH}_4\text{-N}$; voda; distribuce; příjem N

ÚVOD

Jedním z údajů důležitých pro optimalizaci hnojení zemědělských plodin je obsah přijatelného N ($N_{\min}$) v půdě (Bujnovský, Juráni, 1995; Petr et al., 1995; Vaněk et al., 1995; Bízik, 1997). Míra využití této zásoby N z různé hloubky půdního profilu pro růst a tvorbu výnosu plodin závisí na řadě vnitřních a vnějších faktorů. Poměrně málo informací existuje o využití N z hlubších vrstev podorniči (Burns, 1980; Kuhlman et al., 1989) a o změnách příjmové aktivity a růstu kořenů při lokálním obohacení nitrátovým N v hlubokých, slabě prokořeněných vrstvách podorniči (Robinson et al., 1994).

Přesnější určení množství N, které porost odčerpává z jednotlivých vrstev ornice a podorniči (tj. distribuce

příjmu), je obtížné vzhledem k dynamice přeměn N. V půdě dochází v průběhu vegetačního období ke změnám obsahu $N_{\min}$ a mění se jeho distribuce v půdním profilu. Tyto změny ovlivňuje přímo i nepřímě agrotechnika a povětrnostní podmínky. V závislosti na agroekologických podmínkách stanoviště a plodině hrají v bilanci N větší či menší úlohu: odběr kořeny plodin, procesy mineralizace a případné hnojení N hnojiv, dále immobilizace, denitrifikace, vyplavování z dosahu kořenů a kapilární vztlakovost. Samotné hnojení N ovlivňuje nejen obsah $N_{\min}$ v půdě, ale také dynamiku jeho přeměn v půdě (např. Lippold, Mouchová, 1995).

Údaje o změnách obsahu $N_{\min}$ v půdním profilu v průběhu růstu jsou nezbytné pro odhad zásoby N dostupné rostlinám v různých fázích vývoje a také slouží

pro ověření a parametrizaci modelů příjmu a dynamiky N v půdě. Cílem naší práce bylo určit nárůst obsahu N v nadzemních částech rostlin ozimé pšenice a změny obsahu N_{min} v ornici a podornici v průběhu růstu.

MATERIÁL A METODA

V polním pokusu v roce 1995 a 1996 byl sledován růst ozimé pšenice, odrůdy Samanta. Pokus probíhal na pokusném pozemku VÚRV v Praze-Ruzyni (řepařská oblast, černozem na spraši, 340 m n. m., 450 mm srážek a 7,8 °C v dlouhodobém průměru). Obsah makroprvků v půdě uvádí tab. I.

I. Průměrný obsah makroprvků v půdě (mg/1000 g půdy) – Average content of macroelements in soil (mg/1000 g of soil)

Hloubka ¹ (cm)	K*	P*	Mg*	pH (KCl)	N _{tot} (%)
0–30	182	152	85	7,2	0,087
30–70	94	14	120	7,3	0,055
70–150	81	19	168	7,3	0,044

*Mehlich II

¹depth

Byly sledovány dvě varianty: nehnojená kontrola (N0) a pšenice hnojená celkovou dávkou 100 kg.ha⁻¹ v roce 1995, resp. 85 kg.ha⁻¹ v roce 1996 (varianta N1), rozdělenou na jarní regenerační přihnojení 45 kg.ha⁻¹ (1995), resp. 35 kg.ha⁻¹ (1996) a zbytek aplikovaný v plném odnožování. V důsledku dlouhé zimy a pomalé jarní regenerace rostlin byl termín regeneračního hnojení v roce 1996 opožděn oproti roku 1995 (22. 2. 1995, 28. 3. 1996). Druhý termín přihnojení byl 22. 3. 1995, resp. 22. 4. 1996. Každá varianta měla osm opakování, uspořádaných na ploše šachovnicovitě. Parcele měly velikost 6 x 7 m. Předplodinou ozimé pšenice byla v roce 1995 jednoletá vojtěška a v roce 1996 hořčice na zeleno. Byl sledován nárůst hmotnosti rostlin a koncentrace N v nadzemních částech rostlin v osmi nebo čtyřech opakováních, tvořených směsným vzorkem ze dvou parcel. Z těchto údajů byla vypočtena akumulace N v nadzemní hmotě rostlin.

Vzorky půdy pro stanovení obsahu N_{min} ($NO_3-N + NH_4-N$) a určení gravimetrické vlhkosti půdy se odebíraly po vrstvách 0–10, 10–20, 20–30, 30–50, 50–70, 70–90 a 90–120 cm v obou letech a z vrstvy 120–150 cm v roce 1996. Každá varianta měla nejméně dvě až tři opakování, tvořená vpíchy ze dvou až tří parcel. V roce 1995 byl obsah N_{min} určen ve čtyřech a v roce 1996 v šesti termínech. V roce 1995 nebyl z technických důvodů proveden odběr ve fázi metání. Hodnoty vlhkosti půdy jsou uvedeny jako průměr z variant. Obsah NO_3-N a NH_4-N ve vzorcích půdy byl stanoven kolorimetricky na autoanalýzátoru FIA v extraktu zeminy 1% K_2SO_4 (Růžek, 1993). Z hodnot koncentrace N_{min} v půdě byla na základě objemové

hmotnosti půdy vypočítána zásoba N_{min} na 1 ha. Z rozdílu obsahu N_{min} v půdním profilu mezi jednotlivými odběrovými termíny byla určena celková (kumulativní) změna obsahu přístupného N v průběhu vegetace v půdě (obr. 4).

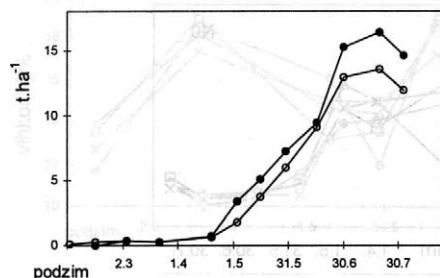
VÝSLEDKY A DISKUSE

Růstová křivka, změny koncentrace N v sušině nadzemních částí ozimé pšenice a odběr N jsou znázorněny na obr. 1. V roce 1995 jsme nejvyšší hmotnost nadzemní biomasy zaznamenali ve fázi mléčné voskové zralosti, zatímco v roce 1996 se zvyšovala až do plné zralosti. Produkce sušiny nadzemní hmoty při sklizni dosáhla v roce 1995 12,0 t.ha⁻¹ (N0) a 14,6 t.ha⁻¹ (N1), v roce 1996 to bylo 14,2 t.ha⁻¹ (N0) a 15,7 t.ha⁻¹ (N1). Variabilita hmotnosti sušiny mezi opakováními činila v obou letech v průměru 9 % (variační koeficient). Vyšší produkce nadzemní biomasy u ozimé pšenice hnojené N ve srovnání s nehnojenou kontrolou se v roce 1995 projevila již ve fázi odnožování, v roce 1996 od sloupkování, výrazněji po metání (obr. 1).

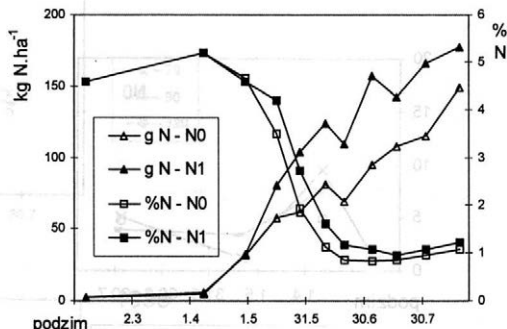
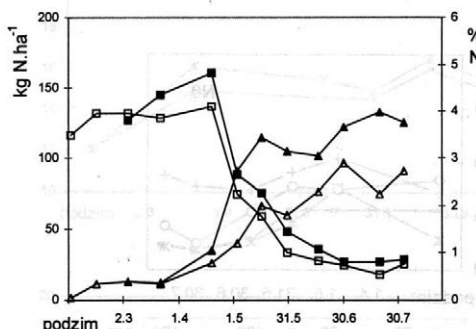
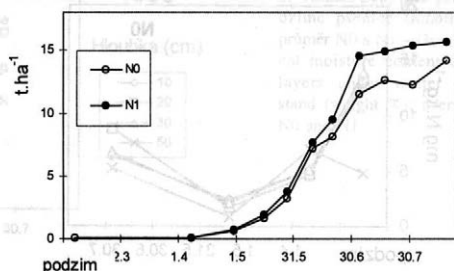
Koncentrace N v nadzemních částech se v obou letech od fáze odnožování plynule snižovala, nejrychlejší pokles odpovídal fázi rychlého růstu. Celkový obsah N v nadzemní hmotě dosáhl v roce 1995 při sklizni hodnoty 91 kg.ha⁻¹ (N0) a 125 kg.ha⁻¹ (N1), v roce 1996 to bylo 149 kg.ha⁻¹ (N0) a 177 kg.ha⁻¹ (N1). Průběh akumulace N v nadzemní biomase nebyl rovnoměrný, dokonce obsah N v několika termínech v průběhu růstu poklesl (obr. 1). Důvodem mohla být variabilita výchozích hodnot, ale podobný pokles zaznamenali u pšenice i další autoři v dobře dokumentovaných polních výživských pokusech (Groot, Verberne, 1991; Ivanič, Pačuta, 1995 aj.). Pokud bychom místo naměřených hodnot použili vyhlazené růstové a koncentrační křivky, byla by i výsledná odběrová křivka plynulejší. Současně by se však setřela informace o změnách rychlosti akumulace N v různých fázích růstu nebo v důsledku změn vnějších podmínek. Je třeba připomenout, že reálné hodnoty rychlosti příjmu N kořeny pšenice jsou vyšší, než ukazuje akumulace v nadzemních částech, v důsledku ztrát N exsudáty a z nadzemních částí. Do bilance také zatím není zahrnut N v kořenech pšenice.

Obsah N_{min} ($NO_3-N + NH_4-N$) se v roce 1995 i 1996 zvýšil v zimním období ve vrstvách pod 50 cm, v povrchových vrstvách se snížil (obr. 2). Jarní hnojení N se projevilo zvýšením obsahu N_{min} jen v povrchových vrstvách. V roce 1995 již na začátku sloupkování klesl obsah N_{min} v ornici i podornici na úroveň 2 až 3 mg.kg⁻¹. V plné zralosti se v tomto roce na variantě N0 obsah N_{min} v ornici blížil jarním hodnotám, na variantě N1 byl nižší. V roce 1996 ve fázi metání až začátku kvetení hodnoty N_{min} ve vrstvách do 50 cm klesly u hnojené i nehnojené varianty na podobnou úroveň okolo 3 mg.kg⁻¹ a mírně se zvýšily až v době dozrávání. Ve vrstvách 50 až 70 cm a 70 až 90 cm obsah N_{min}

1995



1996



1. Růst ozimé pšenice, akumulace a koncentrace N v nadzemních částech (%); Ruzyně 1995 a 1996; N0 – nehnojeno, N1 – hnojeno 100 (1995) a 85 (1996) kg N.ha⁻¹ – Winter wheat growth, accumulation and N concentration in shoots (%); Ruzyně 1995 and 1996; N0 – unfertilized, N1 – fertilized with 100 (1995) and 85 (1996) kg N.ha⁻¹

Vysvětlivky k obr. 1 až 4 – Explanations to Figs 1 to 4:

podzim – autumn
vlhkost – moisture
hloubka – depth

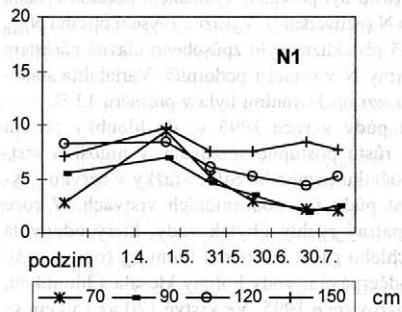
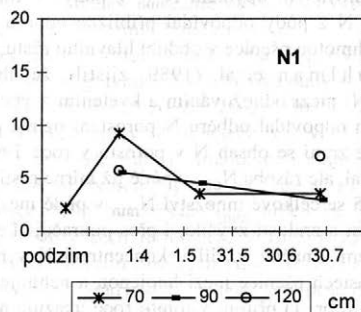
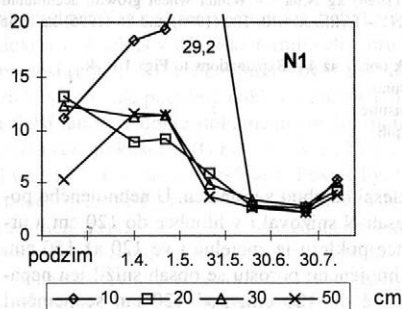
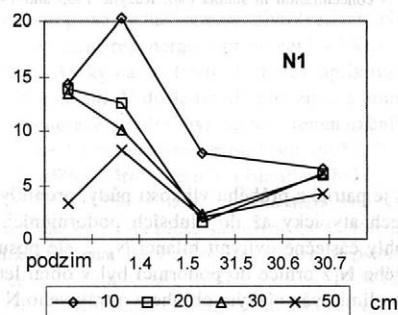
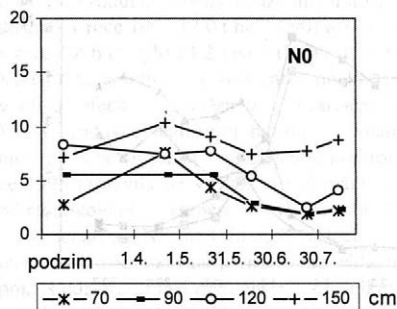
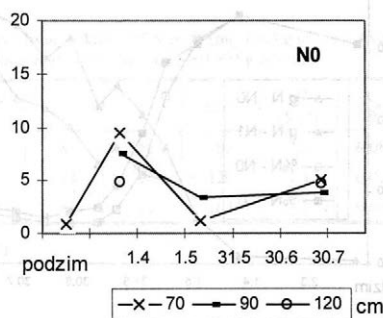
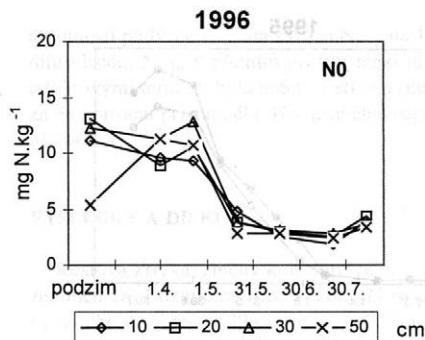
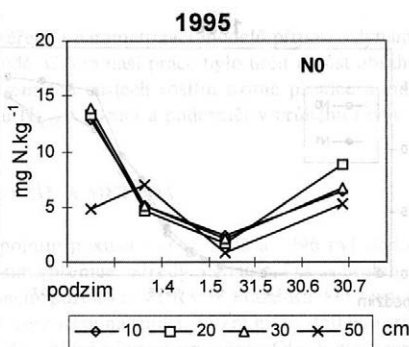
postupně klesal na obou variantách. U nehnojeného porostu se obsah N snižoval i v hloubce do 120 cm a určitá tendence poklesu je znatelná i ve 120 až 150 cm, zatímco u hnojeného porostu se obsah N snížil jen nepatrně ve vrstvách do 120 cm, pod 120 cm se neměnil (obr. 2). Z údajů o podílu nitrátového a amonného N v ornici a podorníci vyplývá, že rychlý úbytek $N_{\min}$ v průběhu růstu byl převážně výsledkem poklesu obsahu nitrátového N (neuvezeno). Výrazné zvýšení obsahu $N_{\min}$ v roce 1995 při sklizni bylo způsobeno hlavně nárůstem amonné formy N v ornici i podorníci. Variabilita stanovení $N_{\min}$ mezi opakováními byla v průměru 13 %.

Vlhkost půdy v roce 1995 se do hloubky 50 cm v průběhu růstu postupně snižovala, v hlubších vrstvách se zpočátku neměnila. Silné srážky v červnu zvýšily vlhkost půdy i v podorníčních vrstvách. V roce 1996 byl patrný rychlý úbytek vody, který odpovídá období rychlého růstu nadzemní biomasy (obr. 1 a 3). Intenzita odčerpávání vody kořeny klesala s hloubkou, podobně jako v roce 1995. Ve vrstvách 120 až 150 cm se vlhkost půdy v průběhu růstu neměnila, v zóně od 70 do 120 cm byl úbytek vody v daném období menší než ve výše ležících vrstvách. Silné letní srážky, které,

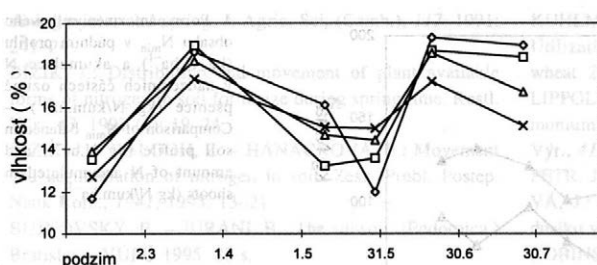
jak je patrné z průběhu vlhkosti půdy, pronikly v obou letech atypicky až do hlubších podorníčních vrstev, mohly částečně ovlivnit bilanci $N_{\min}$, ale posun nitrátového N z ornice do podorníci byl v obou letech pokusu limitován nízkým obsahem nitrátového N v ornici a srážková voda nepronikla pod sledovanou zónu.

Na obr. 4 je porovnán nárůst N v nadzemní biomase s kumulovaným úbytkem $N_{\min}$ z půdy. V roce 1996 úbytek N z půdy odpovídal přibližně odběru N nadzemní hmotou pšenice v období hlavního růstu. Podobně Kuhlman et al. (1989) zjistili, že úbytek N (NO_3-N) mezi odnožováním a kvetením z vrstvy 0 až 150 cm odpovídal odběru N porostem ozimé pšenice. V době zrání se obsah N v porostu v roce 1996 ještě zvyšoval, ale zásoba $N_{\min}$ v půdě již mírně rostla. V roce 1995 se celkové množství $N_{\min}$ v půdě mezi sloupkovaním a zralostí zvýšilo, i přes pokračující odběr N porostem. Značný rozdíl v koncentraci N v nadzemních částech pšenice mezi hnojenou a nehnojenou variantou (obr. 1) přitom v tomto roce ukazuje na nedostatek N u nehnojeného porostu.

Výsledky ukázaly, že zásoba přístupného N v průběhu rychlého růstu, ve fázi odnožování až sloupková-



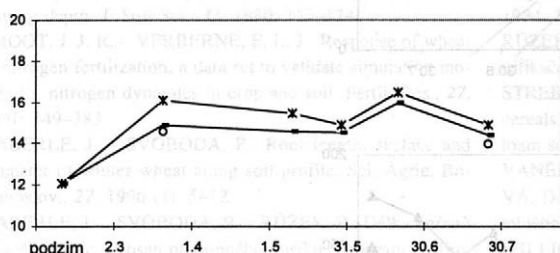
2. Obsah N_{min} ve vrstvách půdního profilu pod porostem ozimé pšenice ($mg\ N.kg^{-1}$) – The distribution of N_{min} in soil profile under winter wheat stand ($mg\ N.kg^{-1}$)



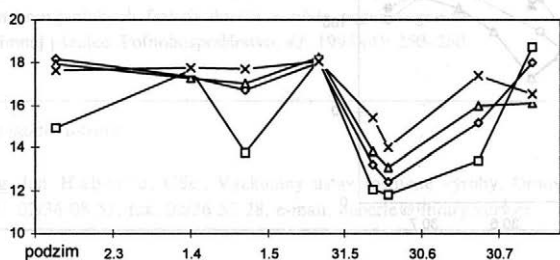
1995
Hloubka (cm)



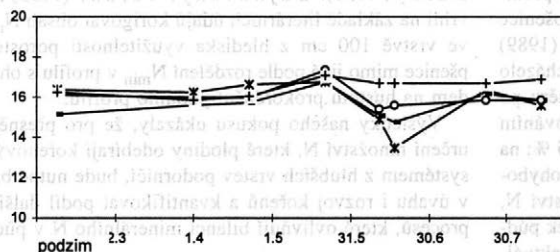
3. Vlhkost půdy pod porostem ozimé pšenice (hmotn. %); průměr N0 a N1 – Gravimetric moisture content of soil layers under winter wheat stand (weight %); average of N0 and N1



1995



1996

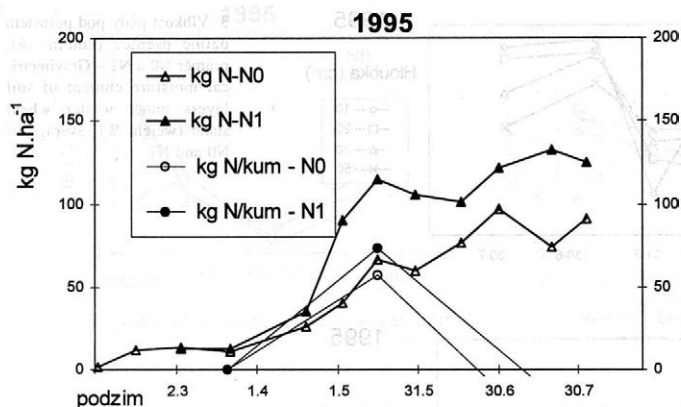


1996

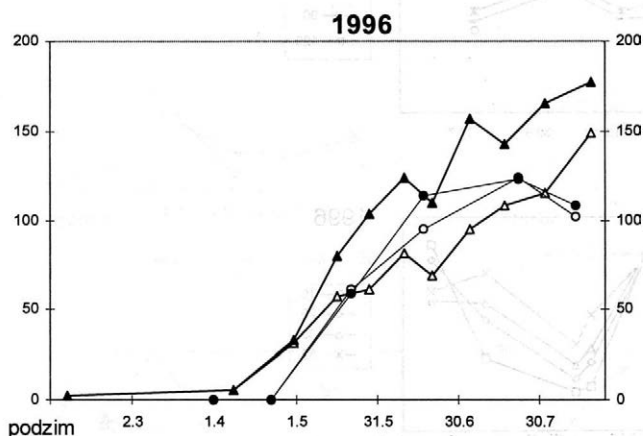


ni, resp. metání rychle klesala v ornici i v přilehlé vrstvě podorniči (30 až 70 cm). Ačkoliv se zde neuvažují další faktory, které bilanci $N_{\min}$ v půdě ovlivňují, byl zřejmě hlavním důvodem změny distribuce $N_{\min}$ v roce 1996 odběr N kořeny, jak potvrzuje i rychlý odběr vody z těchto vrstev. V roce 1995 hrála v bilanci vedle odběru porostem větší úlohu i mineralizace N z půdní zásoby. Břízík et al. (1995) uvádějí, že na obsah $N_{\min}$ ve vrstvách 20 až 100 cm v průběhu celého roku měly u ozimé pšenice rozhodující vliv (v pořadí významnosti) odběr porostem, teplota a vlhkost půdy.

Naše výsledky naznačují, že pro porost pšenice byla částečně dostupná i zásoba N z vrstvy 70 až 90 cm, z hlubších vrstev jen v nepatrné míře. Tento odhad využití N a vody z hlubších vrstev na základě bilance potvrzují i naše sledování růstu kořenů ozimé pšenice v Praze-Ruzyni (nepublikováno) a v Pernolci u Tachova (Haberle, Svoboda, 1996; Haberle et al., 1996). Kuhlman et al. (1989) z literárních a vlastních údajů vyvozují, že příčinou úbytku nitrátového N v hlubších vrstvách je odběr kořeny a nikoliv např. denitrifikace. Jak uvádějí Strebel, Duynisveld



4. Porovnání změn celkového obsahu N_{min} v půdním profilu ($kg\ N.ha^{-1}$) a akumulace N v nadzemních částech ozimé pšenice ($kg\ N/kum.ha^{-1}$) – Comparison of N_{min} balance in soil profile ($kg\ N.ha^{-1}$) and amount of N accumulated in shoots ($kg\ N/kum.ha^{-1}$)



(1989), z celkového odběru N připadlo u ozimé pšenice na podorníci jen 14 %, zatímco např. u jarní pšenice to bylo 38 %. Naproti tomu Kuhlman et al. (1989) uvádějí, že u ozimých pšenic nehnojených N pocházelo z vrstev 30 až 90 cm a 90 až 150 cm v průměru po 34 % z celkového N přijatého mezi odnožováním a kvetením, u hnojených porostů to bylo 20 a 15 %; na sledovaných stanovištích se však tyto hodnoty pohybovaly v širokém rozmezí. Příčinou je, že množství N, které porost odčerpává kořeny z různých hloubek půdního profilu, tj. distribuce příjmu, závisí také na aktuální potřebě N pro růst, na distribuci kořenů v půdě a jejich morfologických a fyziologických parametrech, koncentraci N_{min} a podílu nitrátové a amonné formy N, vlhkosti půdy a na dalších fyzikálních vlastnostech, které ovlivňují jak růst kořenů a příjem, tak pohyb N ke kořenům (např. Willigen, Noordwijk, 1987).

Využití údajů o zásobě N_{min} v půdním profilu, dostupné pro plodiny v různých fázích růstu, by mohlo zpřesnit doporučené dávky a termíny hnojení N. Někteří autoři zjistili těsnější vztah mezi zásobou N_{min} a růstem či výnosem plodin, když do této zásoby bylo zahrnuto i množství v podorníci (např. Addiscott,

Darby, 1991). Bujnovský, Juráni (1995) navrhli na základě literárních údajů korigovat obsah N_{min} ve vrstvě 100 cm z hlediska využitelnosti porostem pšenice mimo jiné podle rozdělení N_{min} v profilu s ohledem na hustotu prokořenění půdního profilu.

Výsledky našeho pokusu ukázaly, že pro přesnější určení množství N, které plodiny odebírají kořenovým systémem z hlubších vrstev podorníci, bude nutné brát v úvahu i rozvoj kořenů a kvantifikovat podíl dalších procesů, které ovlivňují bilanci minerálního N v půdě.

Poděkování

Autoři děkují za technickou pomoc paní Schäferlingové a panu Čubrovi. Projekt byl částečně financován z grantu MZe ČR: EPO 960006466.

LITERATURA

ADDISCOTT, T. M. – DARBY, R. J.: Relating the nitrogen fertilizer needs of winter wheat crops to the soil's mineral nitrogen. Influence of the downward movement of nitrate

during winter and spring. J. Agric. Sci. (Camb.), 117, 1991: 241–249.

BÍZIK, J.: Distribution and movement of plant available forms of nitrogen in soil for maize during spring time. Rostl. Vyr., 43, 1997 (1): 19–24.

BÍZIK, J. – BALOGH, Z. – HANÁČKOVÁ, E.: Movement and accumulation of nitrogen in soil. Zesz. Probl. Postep. Nauk Roln., 1941, 1995: 13–21.

BUJNOVSKÝ, R. – JURÁNI, B.: The subsoil. (Podornica.) Bratislava, VÚPÚ 1995. 88 s.

BURNS, I. G.: Influence of the spatial distribution of nitrate on the uptake of N by plants: A review and a model for rooting depth. J. Soil Sci., 31, 1980: 155–174.

GROOT, J. J. R. – VERBERNE, E. L. J.: Response of wheat to nitrogen fertilization, a data set to validate simulation models for nitrogen dynamics in crop and soil. Fertil. Res., 27, 1991: 349–383.

HABERLE, J. – SVOBODA, P.: Root length, surface and diameter of winter wheat along soil profile. Sci. Agric. Bohemoslov., 27, 1996 (1): 5–12.

HABERLE, J. – SVOBODA, P. – RŮŽEK, P.: Délka kořenů ozimé pšenice a obsah přístupného dusíku v půdním profilu. Rostl. Vyr., 42, 1996 (5): 193–197.

IVANIČ, J. – PAČUTA, V.: Vplyv rôzneho hnojenia na obsah anorganických frakcií dusíka v pôde počas vegetácie ozimnej pšenice. Poľnohospodárstvo, 41, 1995 (4): 250–260.

KUHLMAN, H. – BARRACLOUGH, P. B. – WEIR, A. H.: Utilization of mineral nitrogen in the subsoil by winter wheat. Z. Pfl.-Ernähr. Bodenkde, 152, 1989: 291–295.

LIPPOLD, H. – MOUCHOVÁ, H.: The fate of labelled ammonium nitrate split-applied to winter wheat in spring. Rostl. Vyr., 41, 1995 (3): 97–102.

PETR, J. – VANĚK, V. – PROCHÁZKA, J. – NAJMANOVÁ, J.: Vliv dlouhodobého hnojení na obsah minerálního dusíku v půdě. Rostl. Vyr., 41, 1995 (3): 103–108.

ROBINSON, D. – LINEHAN, D. J. – GORDON, D. C.: Capture of nitrate from soil by wheat in relation to root length, nitrogen inflow and availability. New Phytol., 128, 1994: 297–305.

RŮŽEK, P.: Vliv různých způsobů hnojení dusíkem na nitrifikační schopnost půdy. Rostl. Vyr., 39, 1993 (9): 805–816.

STREBEL, O. – DUYNISVELD, H. M.: Nitrogen supply to cereals and sugar beet by mass flow and diffusion on a silty loam soil. Z. Pfl.-Ernähr. Bodenkde, 152, 1989: 135–141.

VANĚK, V. – PETR, J. – NAJMANOVÁ, J. – PAVLÍKOVÁ, D.: Vliv dlouhodobého hnojení na obsah mineralizovatelného dusíku v půdě. Rostl. Vyr., 41, 1995 (3): 109–114.

WILLIGEN, P. DE – NOORDWIJK, M. VAN: Roots, plant production and nutrient use efficiency. Wageningen, Netherlands, PhD Thesis, Agric. Univ. 1987. 282 s.

Došlo 19. 3. 1997

Kontaktní adresa:

Ing. Jan Haberle, CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, 161 06 Praha 6-Ruzyně, Česká republika, tel.: 02/36 08 51, fax: 02/36 52 28, e-mail: haberle@library.vurv.cz

Z VĚDECKÉHO ŽIVOTA

IV. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE O SAFLORU

Ve dnech 2. až 6. června 1997 se v Bari v Itálii konala konference o safloru (světlice barvířská) pod názvem *Safflower: A multipurpose species with unexploited potential and world adaptability*. Konference se zúčastnilo více než 60 odborníků z celého světa (Kanada, USA, Argentina, Mexiko, Čína, Írán, Indie, Egypt, Sýrie, Kypr, Turecko, Izrael, Španělsko, Itálie, ČR).

Pěstování safloru jako alternativní suchomilné plodiny nabývá v současné době na významu. Podle FAO byl v roce 1995 ve světě 1 mil. ha osetých ploch (Indie 710 tis. ha, Čína 35 tis. ha, Pákistán, Turecko, Írán 23 tis. ha, Kanada 11 tis. ha, USA 87 tis. ha). V Evropě se však plochy oseté saflorem snížily, např. ve Španělsku kvůli rozšiřujícímu se pěstování řepky ze 100 tis. ha na pouhých 300 ha. Problémem při pěstování safloru jsou houbové choroby a škůdci (*Acanthiophylus helianthi*). Využití safloru je velmi široké (pěstování na zelenou píci, výroba potravinářského oleje, šrotů, barviv a krmení pro okrasné ptactvo). V ČR se saflor pěstuje na vývoz a též jako krmení pro okrasné ptactvo zhruba na rozloze 1 tis. ha. Co se týká počtu pěstebních ploch, ČR se řadí k největším producentům v Evropě.

Vědecký program konference byl rozdělen do několika tematických celků:

- Zemědělská produkce (výnos, fyziologie)
- Genetika (genetické zdroje, tvorba hybridů)
- Choroby, škůdci a jejich kontrola
- Kvalita a technologie

Na konferenci bylo předneseno celkem 40 přednášek. Za stěžejní lze považovat referát dr. Mündela z Kanady o výzkumu a kooperaci v oblasti využití safloru, dále přednášku prof. Corleta o víceúčelovém využití a adaptabilitě safloru ve světě, včetně pojednání o výzkumu v Itálii, kde se zabývají saflorem pouze pokusně a prozatím jej prakticky nevyužívají. Z dalších témat lze uvést např. problémy a perspektivy využití safloru v jednotlivých zemích (Indie, Kypr, Argentina, ČR).

Několik přednášek se týkalo hnojení dusíkem a zavlažování. Zajímavá byla témata o použití herbicidů k ochraně porostů safloru. Pozornost byla rovněž věno-

vána vlivu zasolené půdy a vlivu teploty. Jeden referát se podrobně zabýval vývojovými fázemi safloru.

Důležitou oblastí jsou genové zdroje, jejich adaptabilita a možnost využití ve šlechtění. Tuto problematiku přiblížil ve svém referátu známý španělský šlechtitel Fernández-Martínez. Využití genové kolekce a tvorba hybridů byla tématem přednášek vědců z Itálie. Byl také diskutován problém regenerace genetických materiálů v USA. Carapetian z Íránu se věnoval otázce rozlišování původů safloru pomocí elektroforézy.

Dále byly podány podrobné informace o houbových chorobách v Evropě, které zde působí největší obtíže ve vlhkém počasí, a o živočišných škůdcích v Indii.

Poslední část konference se zabývala významem oleje v lidské výživě, resp. souvislostmi s obsahem cholesterolu a farmakologií safloru. Byl studován význam oleje a pokrutin ze safloru také ve výživě ovcí.

Součástí konference byly dvě exkurze. Účastníci konference navštívili pokusná pole na farmě Gaudiamo, kde je zastoupen současný světový sortiment safloru. Probíhají zde pokusy ověřující jednotlivé hybridy, hnojení dusíkem do dávky 150 kg/ha, závlahu a dobu výsevu, herbicidy, různé výsevky a šířku řádků. Dále to byla olivová farma Santa Croce, kde bylo možné shlédnout plantáže oliv pod závlahou na ploše asi 52 ha. V rámci exkurze proběhla též návštěva vinné oblasti Locorotondo a velkého zpracovatelského závodu vinné révy Cantina Del Locorotondo.

Konference o safloru v Bari měla vysokou odbornou úroveň a velmi dobré organizační zajištění. Příští konference se uskuteční v roce 2001 v USA (North Dakota).

K dispozici jsou tyto materiály z konference: Proceedings IV. International Safflower Conference Bari (Italy), 2 to 7 June 1997.

Li Dajue, H. H. Mündel: Safflower *Carthamus tinctorius* L. IPGRI 1996.

Adresář účastníků konference a zainteresovaných pracovníků v oblasti studia safloru.

Guide of the Faculty of Agriculture 1997/1998 Bari, Italy.

RNDr. Jan Hofbauer, CSc.

Výzkumný ústav pícninářský, s. r. o., 664 41 Troubsko, Česká republika

VLIV APLIKACE HUMÁTU DRASELNÉHO NA OBSAH KADMIA, ZINKU A ARZENU V ROSTLINÁCH

THE EFFECT OF APPLICATION OF POTASSIUM HUMATE ON THE CONTENT OF CADMIUM, ZINC AND ARSENIC IN PLANTS

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

Czech University of Agriculture, Praha, Czech Republic

ABSTRACT: To study the effect of potassium humate (Tab. I) on the yield of cultivated crops and accumulation of cadmium (Cd), zinc (Zn) and arsenic (As) in plant biomass, pot trial was established with silage maize, haylage oat, poppy and spring barley. Three different contaminated soils from the locations Červený Újezd, Přestanov and Kbely (Tab. II) were used in the trial. Potassium humate was applied by spray during the growing season of cultivated crops at a dose of 20 mg in 20 ml solution per pot. Agrotechnical data of the trial are summarized in Tab. III. The yield of cultivated crops was not affected statistically significantly by application of humate. It was ranged between 92 and 114% of the yield of control treatments (Tab. IV). It was evident from investigation of accumulation of Cd in biomass of cultivated crops that with its increase of concentration in soil increased also its content in tissues of plants. Spraying of humate resulted in the decrease of the Cd content in all crops, except poppy where in turn a significant growth of concentration of this element was observed (in seed by 18 to 29% and capsule by 32 to 53%) (Fig. 1). Merely in acid soil the content of Cd decreased in this crop. Similarly to the case of Cd, humate application had an effect on the decrease of Zn concentration in barley grain and straw and in haylage oat (Fig. 2). In maize and poppy Zn content increased. The most marked increase by 171% was determined in capsule in soil of Kbely. As content in biomass of crops was investigated in the first and last year of experiment. In both cultivated crops (maize and barley) after humate application its concentration in biomass (Fig. 3) increased. Results of the experiment confirmed the positive effect of humate on the decrease of Cd and Zn content in cereals and its different effect on uptake of these elements by poppy. The increase of As concentration in tissues of investigated crops was found as well.

potassium humate; cadmium; zinc; arsenic; plants

ABSTRAKT: Ve čtyřletém nádobovém pokusu se silážní kukuřicí, senážním ovsem, mákem a jarním ječmene byl sledován vliv foliární aplikace humátu draselného na výnos pěstovaných plodin a kumulaci kadmia (Cd), zinku (Zn) a arzenu (As) v rostlinné biomase. Pro pokus byly použity tři odlišně kontaminované zeminy z lokalit Červený Újezd, Přestanov a Kbely. Výnos pěstovaných plodin nebyl aplikací humátu statisticky významně ovlivněn. Pohyboval se na úrovni 92 až 114 % výnosu kontrolních variant. Při sledování kumulace Cd v biomase pěstovaných plodin je zřejmé, že s nárůstem jeho koncentrace v půdě rostl i jeho obsah v pletivech rostlin. Postřikem humátu byl obsah Cd snížen u všech plodin s výjimkou máku, kde byl naopak pozorován výrazný nárůst koncentrace tohoto prvku. Pouze na kyselé zemině došlo u této plodiny ke snížení obsahu Cd. Podobně jako v případě Cd měla aplikace humátu vliv na pokles koncentrace Zn v zrna i slámě ječmene a v senážním ovsu. Obsah As byl sledován v prvním a posledním roce pokusu. U obou pěstovaných plodin došlo po aplikaci humátu k nárůstu jeho koncentrace v biomase.

humát draselný; kadmium; zinek; arzen; rostliny

ÚVOD

Jedním ze závažných problémů současnosti je kontaminace zemědělských půd rizikovými prvky a kumulace těchto prvků v rostlinné biomase. Procesy kumulace závisejí na řadě faktorů vnějšího prostředí – např. na koncentraci iontu v prostředí a jeho formě, interakci s dalšími prvky, hodnotě pH prostředí, obsahu organických a dalších komplexotvorných látek (Domazlická, 1991). Mezi komplexotvorné látky s ochranným účinkem před fytotoxicitou rizikových prvků lze zařa-

dit huminové kyseliny. Jejich účinek prokázali u salátu Krtková, Tichý (1985), u kukuřice Visser (1986), u ječmene Cabreba et al. (1988), Fecenko et al. (1997) a další. Současně uvádí řada autorů i pozitivní vliv huminových kyselin na výnos pěstovaných plodin. Podle údajů z literatury (Visser, 1986) došlo po aplikaci huminových kyselin k nárůstu výnosu sušiny u jetele o 30 až 50 %, k nárůstu výnosu zrna u pšenice o 13 až 16 %, podobně také Ram, Verloo (1983) potvrzují zvýšení výnosu zrna u ječmene o 12 až 17 %.

I. Charakteristika použitého humátu draselného – Characteristics of potassium humate applied

Obsah organických látek ¹	52,7–49,6	hm. %
Z toho huminových kyselin v sušině ²	53,1–50,6	hm. %
Obsah vody ³	15,0–20,0	hm. %
Obsah popela ⁴	32,3–30,4	hm. %
Obsah funkčních skupin ⁵ (-COOH, -OH)	5,8	mval.g ⁻¹ huminových kyselin ⁸
Obsah toxických prvků ⁶ : Cd	0,2–0,4	mg.kg ⁻¹
As	30–35	mg.kg ⁻¹

¹content of organic substances, ²of it humic acids in dry matter, ³water content, ⁴ash content, ⁵content of functional groups, ⁶content of toxic elements, ⁷weight %, ⁸of humic acids

III. Agrotechnické údaje pokusu – Agrotechnical data of experiment

Plodina ¹	Datum setí ²	Aplikace humátu ³	Datum sklizně ⁴	Dávka N (g na nádobu) ⁵
Kukuřice ⁶	27. 4. 1992	3 týdny po zasetí ¹⁰	3. 7. 1992	4,0
Oves ⁷	15. 4. 1993	počátek sloupkování ¹¹	7. 7. 1993	1,5
Mák ⁸	6. 4. 1994	4.–6. pravý list ¹²	2. 8. 1994	1,0
Ječmen ⁹	18. 4. 1995	počátek sloupkování	24. 7. 1995	1,5

¹crop, ²sowing date, ³humate application, ⁴date of harvest, ⁵N dose (g per pot), ⁶maize, ⁷oat, ⁸poppy, ⁹barley, ¹⁰3 weeks after sowing, ¹¹start of shooting, ¹²4th to 6th right leaf

II. Charakteristika použitých zemín – Characteristics of the soils used

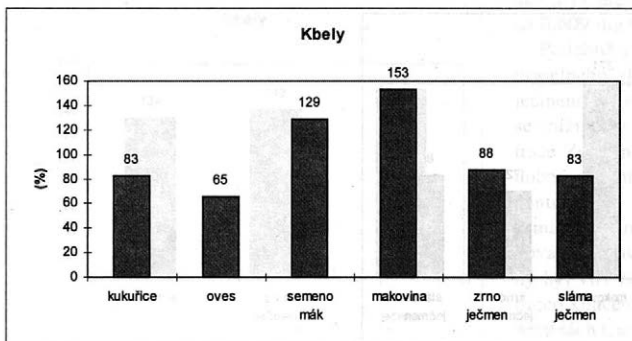
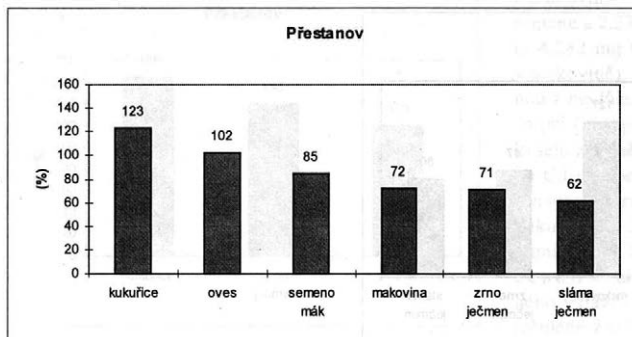
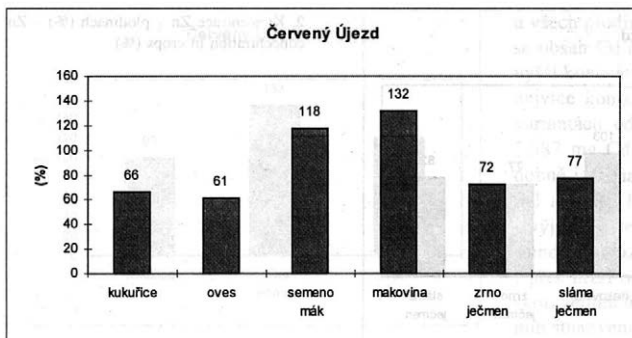
Stanoviště ¹	pH _{KCl}	P	K	Mg	Ca	C _{ox}	AsHNO ₃	CdHNO ₃	ZnHNO ₃	T	V
	mg.kg ⁻¹ zeminy ²					%	mg.kg ⁻¹ zeminy			mval.100 g ⁻¹	%
Červený Újezd	7,0	331	449	163	2 903	1,35	19,7	0,33	87,5	28	94,6
Přestanov	6,1	46	268	266	2 499	2,10	19,7	0,76	179,7	23	55,7
Kbely	7,3	101	268	205	5 266	2,09	16,7	17,56	179,2	24	100,0

¹site, ²of soil

IV. Výnos pěstovaných plodin (g na nádobu) – Yield of cultivated crops (g per pot)

Stanoviště ¹	Plodina ²	Varianta ³		F (d _{min})
		kontrola ⁴	humát ⁵	
Červený Újezd	kukuřice ⁶	101,3	110,7	0,896 (nepřekazné ¹⁴)
	oves ⁷	103,8	107,9	2,400 (nepřekazné)
	mák ⁸ (semeno ¹⁰)	8,3	8,6	0,060 (nepřekazné)
	mák (makovina ¹¹)	6,1	6,1	0,000 (nepřekazné)
	ječmen ⁹ (zrno ¹²)	52,6	39,8	400,696 (1,777)
	ječmen (sláma ¹³)	83,1	79,1	2,796 (nepřekazné)
Přestanov	kukuřice	68,3	77,7	1,390 (nepřekazné)
	oves	96,2	99,7	0,700 (nepřekazné)
	mák (semeno)	6,5	6,3	0,015 (nepřekazné)
	mák (makovina)	4,2	4,1	0,133 (nepřekazné)
	ječmen (zrno)	42,7	46,8	2,995 (nepřekazné)
	ječmen (sláma)	90,9	88,8	0,926 (nepřekazné)
Kbely	kukuřice	65,7	70,0	1,240 (nepřekazné)
	oves	97,2	93,5	0,100 (nepřekazné)
	mák (semeno)	7,3	6,7	0,509 (nepřekazné)
	mák (makovina)	3,8	5,7	9,000 (1,700)
	ječmen (zrno)	42,6	44,2	1,882 (nepřekazné)
	ječmen (sláma)	95,2	95,5	0,006 (nepřekazné)

¹site, ²crop, ³treatment, ⁴control, ⁵humate, ⁶maize, ⁷oat, ⁸poppy, ⁹barley, ¹⁰seed, ¹¹capsule, ¹²grain, ¹³straw, ¹⁴insignificant



1. Koncentrace Cd v plodinách (%) – Cd concentration in crops (%)

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

kukuřice – maize
 oves – oat
 mák – poppy
 semeno – seed
 makovina – capsule
 ječmen – barley
 zrno – grain
 sláma – straw

Cílem předložené práce bylo sledovat vliv humátů draselného na výnos pěstovaných plodin a koncentraci kadmia (Cd), zinku (Zn) a arzenu (As) v rostlinné biomase.

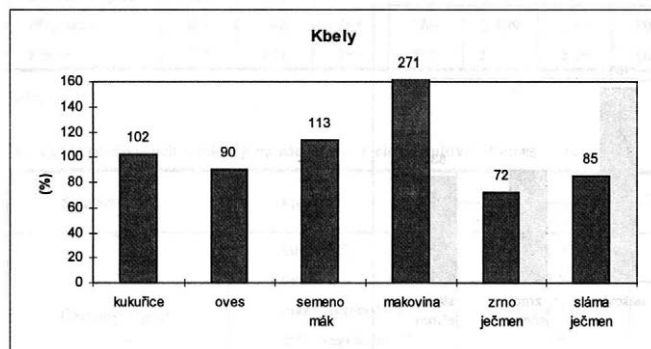
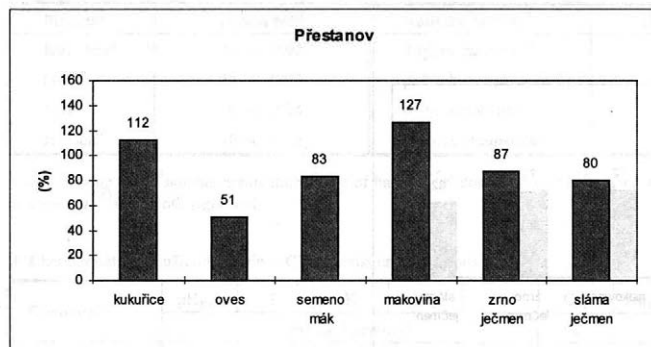
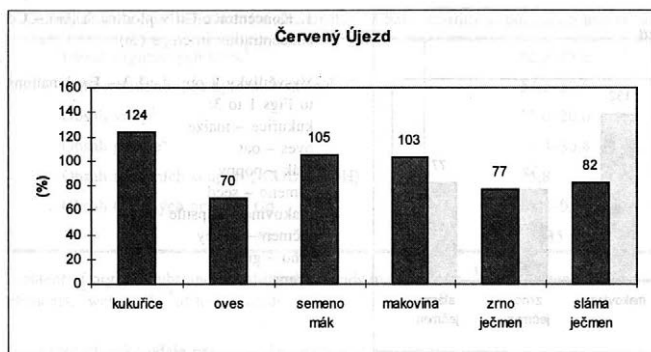
MATERIÁL A METODA

Ke sledování vlivu humátů draselného (tab. I) na výnos a kumulaci Cd, Zn a As v rostlinné biomase byl v roce 1992 založen nádobový pokus se silážní kukuřicí (odrůda CE 240), senážním ovsem (Pan), mákem (Dubník) a jarním ječmenem (Jubilant). Pro pokus byly použity tři odlišně kontaminované zeminy z lokalit Červený Újezd (hnědozem), Přestanov (hnědozem) a Kbely (šedozem). Charakteristika zemín je uvedena v tab. II. Vegetační nádoby byly plněny 5 kg na vzdu-

chu vyschlé zeminy a vyhnojené 0,44 g P a 1,1 g K na nádobu ve formě K_2HPO_4 a N ve formě NH_4NO_3 podle potřeby jednotlivých plodin. Takto připravené nádoby byly osety pěstovanou plodinou a po celou dobu pokusu zavlažovány deionizovanou vodou. Vlhkost zeminy byla udržována na 60 % MVK. Humát draselný byl aplikován postřikem v dávce 20 mg humátů draselného ve 20 ml roztoku na nádobu. Každá varianta pokusu byla třikrát opakována. Agrotechnické údaje pokusu jsou shrnuty v tab. III.

Po sklizni byl rostlinný materiál usušen, zhomogenizován, rozložen suchou cestou (Mader et al., 1989) a analyzován na obsah Cd, Zn a As metodou atomové absorpční spektrometrie (AAS) přístrojem Varian SpectraAA-40 ve stopové laboratoři katedry chemie ČZU v Praze. Obsah Cd a Zn v rostlinné biomase byl

2. Koncentrace Zn v plodinách (%) – Zn concentration in crops (%)



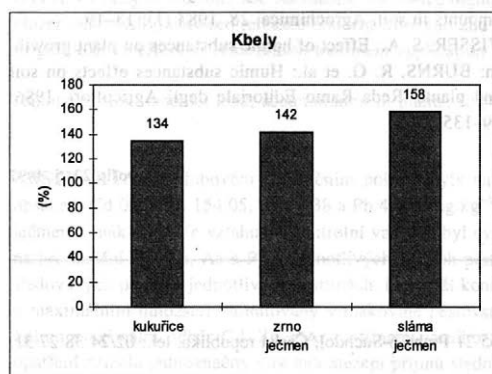
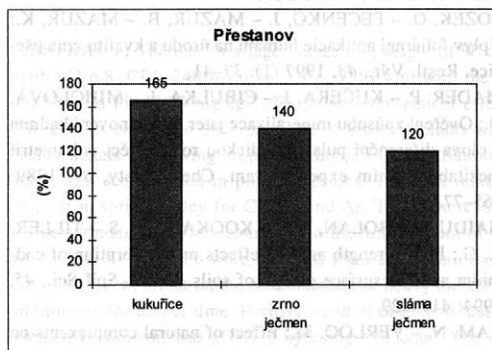
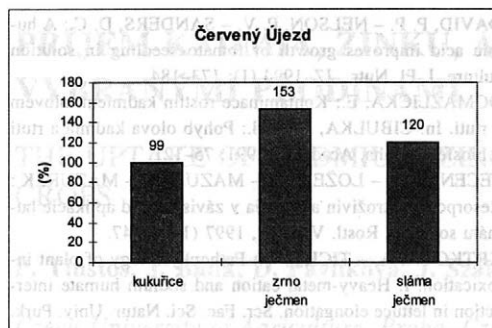
stanoven ve všech čtyřech pokusných letech, obsah As pouze v prvním a posledním pokusném roce. Pro kontrolu kvality analytických dat byl použit certifikovaný referenční materiál RM 12-02-03 Lucerne, který obsahuje $0,136 \pm 0,003 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$, $33,2 \pm 0,5 \text{ mg Zn.kg}^{-1}$ a $0,263 \pm 0,007 \text{ mg As.kg}^{-1}$, a RM 12-02-05 Rye Bread Flour, který obsahuje 0,009 až $0,012 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$, 15,5 až $16,6 \text{ mg Zn.kg}^{-1}$ a $0,011 \text{ mg As.kg}^{-1}$ (pro As pouze informativní hodnota). Analýzou těchto materiálů bylo nalezeno $0,132 \pm 0,019 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$, $34,5 \pm 2,2 \text{ mg Zn.kg}^{-1}$ a $0,275 \pm 0,065 \text{ mg As.kg}^{-1}$ (biomasa kukuřice, oves, mák a ječná sláma) a $0,012 \pm 0,001 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$, $17,460 \pm 3,559 \text{ mg Zn.kg}^{-1}$ a $0,013 \pm 0,001 \text{ mg As.kg}^{-1}$ (zrna ječmene).

Zjištěné výsledky byly statisticky vyhodnoceny v programu STATGRAPHICS v. 4.0 a stanoveny hod-

noty rozptylu (F) a minimální průkazné difference na hladině významnosti 95 % ($d_{\min}$).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Výnos pěstovaných plodin nebyl aplikací humátů statisticky významně ovlivněn (tab. IV). Na všech zemínách se pohyboval na úrovni 92 až 114 % výnosu kontrolních variant. Výjimkou je výraznější pokles výnosu zrna ječmene (na 76 %) na zemiň Červený Újezd. Pouze na zemiň Kbely došlo k nárůstu výnosu makoviny na 150 %. Výnosové výsledky nepotvrdily poznatky řady autorů, uvádějících pozitivní vliv huminových kyselin na výnos biomasy (Visser, 1986; Ložek et al., 1997). Ložek et al. (1997) konstatují



3. Koncentrace As v plodinách (%) – As concentration in crops (%)

nárůst výnosu pšenice po společné aplikaci N a humátu draselného v období produkčního hnojení o 7,7 % a po aplikaci v období kvalitativního hnojení o 4 %. Jak uvádí Visser (1986), postřik humátem v koncentraci 20 mg.l⁻¹ zvýšil výnos kukuřice o 0,39 t.ha⁻¹ a výnos jílku při použití koncentrace 500 mg.l⁻¹ o 24,7 %.

Při sledování kumulace Cd v biomase pěstovaných plodin je zřejmé, že s nárůstem jeho koncentrace v půdě rostl statisticky významně i jeho obsah v pletivech rostlin. Nejvyšší koncentrace Cd byla u všech plodin zjištěna na neutrální zemiň Červený Újezd, na níž byl nejvyšší obsah stanoven v semeni máku (0,938 mg Cd.kg⁻¹), nejnižší v zrna ječmene (0,023 mg Cd.kg⁻¹). Aplikací humátů draselného byl obsah Cd snížen

u všech plodin s výjimkou máku. V semeni i makovině se obsah Cd naopak zvýšil o 18 a 32 % (obr. 1). Nejvyšší koncentrace Cd byla u všech plodin stanovena na nejvíce kontaminované zemiň Kbely, na kontrolních variantách od 0,410 mg Cd.kg⁻¹ v zrna ječmene do 7,383 mg Cd.kg⁻¹ v nadzemní biomase kukuřice. Podobně jako na zemiň Červený Újezd i na této zemiň byl aplikací humátů obsah Cd snížen u všech plodin s výjimkou semene máku a makoviny (obr. 1). Odlišný trend byl zaznamenán na kyselé zemiň Přestanov. I přes nižší obsah Cd v této půdě v porovnání s kbelskou zemiň byla na kontrolních variantách obou zemiň stanovena podobná koncentrace Cd v semeni máku i makovině (na zemiň Přestanov 4,087 mg Cd.kg⁻¹ semene a 2,573 mg Cd.kg⁻¹ makoviny, na zemiň Kbely 4,282 mg Cd.kg⁻¹ v semeni a 2,130 mg Cd.kg⁻¹ v makovině). Tyto výsledky dokumentují, že pH je jednou z nejdůležitějších půdních vlastností, ovlivňujících sorpci Cd v půdě (Naidu et al., 1994). Pouze na této kyselé zemiň způsobila aplikace humátů pokles obsahu Cd v semeni máku (o 15 %) a makovině (o 28 %) a naopak nárůst koncentrace Cd v nadzemní biomase kukuřice (o 23 %). Uvedené výsledky potvrzují vliv huminových kyselin na obsah Cd v obilninách. Feckenko et al. (1997) udávají po aplikaci humátů sodného v dávce 15 g na nádobu pokles obsahu Cd v zrna ječmene z 0,084 mg Cd.kg⁻¹ (varianta hnojená NPK) na 0,017 mg Cd.kg⁻¹ a ve slámě z 1,340 mg Cd.kg⁻¹ na 0,609 mg Cd.kg⁻¹.

Podobně jako v případě Cd měla aplikace humátů draselného vliv na pokles obsahu Zn v zrna i slámě ječmene na všech zemiň (obr. 2). Koncentrace Zn se snížila i v biomase senážního ovsa. Nárůst koncentrace Zn v máku a především v makovině ukázal obdobný vliv humátů na příjem Zn i Cd. Shodně s koncentrací Cd došlo k největšímu nárůstu obsahu Zn v makovině na zemiň Kbely. Zjištěný nárůst představoval v porovnání s kontrolní variantou 171 %. Odlišný byl vliv humátů na koncentraci Zn u kukuřice. Zatímco koncentrace Cd byla aplikací humátů snížena na zemiň Červený Újezd a Kbely, obsah Zn v biomase se zvýšil na všech pokusných zemiň. Také Visser (1986) u kukuřice a David et al. (1994) u rajčat popisují zvýšení kumulace Zn v pletivech rostlin. David et al. (1994) konstatovali nárůst koncentrace Zn v rostlinách rajčete o 3,9 mg na jednu rostlinu při použití huminových kyselin v koncentraci 1280 mg.l⁻¹ roztoku, při dvojnásobné koncentraci huminových kyselin však došlo k nárůstu Zn pouze o 0,6 mg na jednu rostlinu. Zjištěné výsledky potvrzují pozitivní vliv aplikace humátů na pokles Cd a Zn v pletivech obilnin. Současné se však ukázalo odlišné působení na příjem těchto prvků mákem.

Obsah As byl sledován v biomase silážní kukuřice v prvním roce nádobového pokusu a v posledním roce v zrna a slámě jarního ječmene (obr. 3). Použití zemiň se obsahem As výrazně nelišily a obsah tohoto prvku v plodinách se na kontrolních variantách pohyboval v rozsahu 0,026 až 0,043 mg As.kg⁻¹ v zrna a 0,156 až

0,301 mg As.kg⁻¹ ve slámké ječmene a 0,169 až 0,301 mg As.kg⁻¹ v biomase kukuřice. Nejvyšší hodnoty byly zjištěny na zemině Kbely. Na všech použitých zeminách způsobila aplikace humátů draselného nárůst koncentrace As v zrně ječmene o 40 až 53 %, ve slámké o 20 až 58 %. U kukuřice byl největší nárůst obsahu As zjištěn na zemině Přestanov (o 65 %). Ke změně naopak nedošlo na zemině Červený Újezd. Nárůst obsahu As v pěstovaných rostlinách mohl být způsoben i přidáváním As obsaženým v použitém humátu draselném.

Výsledky tohoto pokusu nepotvrdily pozitivní vliv humátů na výnos pěstovaných plodin. Po aplikaci humátů došlo k poklesu koncentrace Cd a Zn u ječmene a ovsu a ke snížení koncentrace v rostlinné biomase silážní kukuřice. Současné výsledky ukázaly odlišné působení na příjem těchto prvků mákem. Podobná zjištění uvádí i Visser (1986), který udává nejmenší vliv huminových kyselin právě na olejiny. Obsah As u obou sledovaných plodin po aplikaci humátů vzrostl.

Poděkování

Tento příspěvek byl zpracován v rámci řešení grantu GA ČR č. 511/95/0557 a grantu Agronomické fakulty ČZU v Praze. Autoři děkují za finanční podporu, která umožnila řešení této problematiky.

LITERATURA

CABREBA, D. – YOUNG, S. D. – ROWELL, D. L.: The toxicity of cadmium to barley plants as affected by complex formation with humic acid. *Pl. Soil*, 105, 1988: 195–204.

- DAVID, P. P. – NELSON, P. V. – SANDERS, D. C.: A humic acid improves growth of tomato seedling in solution culture. *J. Pl. Nutr.*, 17, 1994 (1): 173–184.
- DOMAŽLICKÁ, E.: Kontaminace rostlin kadmíem, olovem a rtutí. In: CIBULKA, J. a kol.: Pohyb olova kadmia a rtuti v biosféře. Praha, Academia 1991: 75–121.
- FECENKO, J. – LOŽEK, O. – MAZUR, B. – MAZUR, K.: Resorpcia makroživin a kadmia v závislosti od aplikácie humátu sodného. *Rostl. Výr.*, 43, 1997 (1): 43–47.
- KRTKOVÁ, A. – TICHÝ, V.: Pathophysiology of plant intoxication. I. Heavy-metal cation and sodium humate interaction in lettuce elongation. *Scr. Fac. Sci. Natur. Univ. Purk. Brun.*, 15, 1985 (7): 347–354.
- LOŽEK, O. – FECENKO, J. – MAZUR, B. – MAZUR, K.: Vplyv foliárnej aplikácie humátu na úrodu a kvalitu zrna pšenice. *Rostl. Výr.*, 43, 1997 (1): 37–41.
- MADER, P. – KUČERA, J. – CIBULKA, J. – MIHOLOVÁ, D.: Ověření způsobu mineralizace jater pro stanovení kadmia a olova diferenční pulsní anodickou rozpouštěcí voltametrií mezilaboratorním experimentem. *Chem. Listy*, 83, 1989: 765–773.
- NAIDU, R. – BOLAN, N. S. – KOOKANA, R. S. – TILLER, K. G.: Ionic-strength and pH effects on the sorption of cadmium and the surface charge of soils. *Eur. J. Soil Sci.*, 45, 1994: 419–429.
- RAM, N. – VERLOO, M.: Effect of natural complexants on the uptake of trace elements by barley and their extractable amounts in soil. *Agrochimica*, 28, 1983 (1): 13–19.
- VISSER, S. A.: Effect of humic substances on plant growth. In: BURNS, R. G. et al.: Humic substances effects on soil and plants. Reda Ramo Editoriale degli Agricoltori, 1986: 89–135.

Došlo 22. 5. 1997

Kontaktní adresa:

Ing. Daniela Pavlíková, CSc., Česká zemědělská univerzita, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika, tel.: 02/24 38 27 31, fax: 02/20 92 03 12

PŘÍJEM KADMIA, ZINKU, ARZENU A OLOVA VYBRANÝMI PLODINAMI

THE UPTAKE OF CADMIUM, ZINC, ARSENIC AND LEAD BY CHOSEN CROPS

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

Czech University of Agriculture, Praha, Czech Republic

ABSTRACT: The oat for silage, maize to a height of 90 cm, spring barley and poppy were subsequently planted in luvisols with pH 6.8, CEC 240 mval.kg⁻¹, C_{ox} 2.0% and with the total content of the following heavy metals: Cd 0.73, Zn 154.05, As 58.38 a Pb 43.20 mg.kg⁻¹. Direct and subsequent effect of lime, bentonite and manure application on accumulation of Cd, Zn, As and Pb in different parts of growing plants was investigated. Our results have shown different accumulation of heavy metals in growing crops. The highest concentrations of Cd and Zn were found in the maize biomass, As and Pb were maximum accumulated in poppy capsules. The total intake of investigated heavy metals by aboveground biomass was the highest in spring barley for Cd, Zn and As. The highest intake of Pb was recorded in maize. The sum of four-year uptake of all heavy metals was low compared to the total amount of these elements in soil. The only 3.20% of Cd, 1.34% of Zn, 0.17% of As and 0.10% of Pb were removed from soil within four years. The application of all three remediation materials did not have consistent effect on the accumulation of heavy metals in plants. The manure application only decreased Cd concentration in biomass for longer time. Positive trend of other two materials has not been found in longer period. The amount of released elements from soil was affected by using extractant. The concentration of all cations decreased in the sequence of HNO₃ > DTPA > CaCl₂ in the soil. The As release was twice higher by CaCl₂ than by DTPA. None of tested extractants showed the closer relationship between released element from soil and the element concentration in plant. The results showed difficulties to get positive effect of remediation treatment application in soil neutral in pH, high clay and organic matter content.

cadmium; zink; arsenic; lead; accumulation in plants; soil-plant relationship; lime; bentonite; manure

ABSTRAKT: V nádobovém vegetačním pokusu byly na půdě s pH 6,8, CEC 240 mval.kg⁻¹ a C_{ox} 2,0 % a s celkovým obsahem Cd 0,73, Zn 154,05, As 58,38 a Pb 43,20 mg.kg⁻¹ následně pěstovány senážní oves, kukuřice do výšky 90 cm, jarní ječmen a mák setý. Ve vztahu ke kontrolní variantě byl ověřován přímý a následný vliv aplikace vápence, bentonitu a hnoje na hromadění Cd, Zn, As a Pb v jednotlivých částech pěstovaných plodin. Získané výsledky ukázaly na odlišné hromadění sledovaných prvků v jednotlivých rostlinách. Nejvyšší koncentrace Cd a Zn byly nalezeny v biomase kukuřice, As a Pb byly v maximálním množství kumulovány v makovité pěstovaného máku. S ohledem na celkový výnos jednotlivých plodin byl zjištěn maximální odběr Cd, Zn a As rostlinami jarního ječmene, Pb bylo nejvíce odebíráno rostlinami kukuřice. Použitá opatření neměla jednoznačný vliv na omezení příjmu sledovaných prvků rostlinami, pouze aplikace hnoje ukázala dlouhodobější pozitivní trend v nižším příjmu Cd. U ostatních látek nebyl pozitivní efekt omezení příjmu v delším intervalu prokázán. Sledování uvolnění prvků třemi vylohouvadly potvrdilo složitost využití krátkodobých zlepšujících opatření k omezení vstupu rizikových prvků do rostlin na neutrální půdě s vyšším obsahem organické hmoty a jílových částic.

kadmium; zinek; arsen; olovo; koncentrace v rostlinách; omezení vstupu; vápenc; bentonit; hnůj

ÚVOD

Objasňování vztahů jednotlivých rizikových prvků v půdě a jejich interakce s rostlinami je poměrně obtížné. Změna přístupnosti prvků je závislá zejména na třech základních transformačních půdních procesech, jako je adsorpce a desorpce, tvorba a rozpad komplexních sloučenin a srážecí a rozpouštěcí reakce. K těmto procesům, neustále směřujícím do rovnovážného stavu, je třeba ještě přiřadit aktivitu půdních mikroorganismů

a možné odlišné působení jednotlivých pěstovaných rostlin v tomto vymezeném systému.

Základním faktorem ovlivňujícím všechny zmíněné procesy je změna půdní reakce. Tiller et al. (1984) zjistili, že změna pH z 5,0 na 7,0 výrazně ovlivnila obsah přístupného Cd a Zn v půdě, u Cd byl zjištěn pokles ze 75 % na 15 % a u Zn z 50 % dokonce na pouhých 5 % přístupného množství. Také Pults et al. (1991) uvádějí nárůst pH především u Cd v porovnání s Pb při rostoucím pH půdy. Při pokusech s rost-

linami zjistil Eriksson (1989) výrazné omezení koncentrace Cd v biomase jílku i v semenech řepky při extrémně vysoké aplikaci oxidu vápenatého a úpravě pH z 5 na 7. K podobným závěrům dospěli také Li-Ming, Ru-Kun (1993), kteří prokázali rostoucí pokles koncentrace Cd v biomase jílku s nárůstem kontaminace Cd v půdě při stejných dávkách použitého vápence. Merry et al. (1986) uvádějí významný pokles koncentrace Pb v rostlinách na vyvápněných variantách, ale pouze nevýznamný pokles koncentrace As jak v nadzemních částech, tak i kořenech ředkvičky. Richter, Hlušek (1991) uvádějí významnou redukci obsahu Cd a Pb v nati brambor ve variantách s přidáním bentonitu a humátu. Také Eriksson (1988) prokázal omezenou koncentraci Cd v rostlinách ve variantách doplněných organickou hmotou a nižší koncentraci Cd po přidání jílů.

Jednotlivá opatření mají nejvyšší účinek především při aplikaci na netypických půdách, kyselých, lehkých nebo s nízkým obsahem organických látek. V naší práci jsme se naopak pokusili prověřit přímou a následnou účinnost aplikace vápence, bentonitu a chlévského hnoje, jako v praxi nejběžnějšího zdroje organické hmoty, do neutrální půdy s vyšší sorpční schopností a nadprůměrným množstvím organického C a sledovat změny příjmu rizikových prvků odlišných vlastností ve čtyřletém následném pěstování různých reagujících plodin.

MATERIÁL A METODA

Kumulace vybraných rizikových prvků v pěstovaných rostlinách a účinnost provedených opatření na změnu jejich hromadění v rostlinných pletivech byly sledovány v nádobových vegetačních pokusech. Plastové nádoby byly naplněny 5 kg na vzduchu oschlé zeminy z lokality Lahošť, jejíž základní charakteristika je uvedena v tab. I. Použitá zemina byla nadlimitně znečištěna As, celkové obsahy Cd a Zn ukazovaly též na vyšší míru kontaminace. Celkové i uvolnitelné obsahy sledovaných prvků jsou shrnuty v tab. II. K ovlivnění vstupů vybraných rizikových prvků do pěstovaných rostlin bylo v prvním roce experimentů aplikováno 2,5 g vápence, 30 g bentonitu a 4,5 g zhomogenizovaného hnoje na 1 kg zeminy. V dalších letech již nebyly do půdy přidávány žádné další látky. Uvedené přídatky byly důkladně promíchány s naváženou zeminou, která byla následně vyhnojena N, P a K. Hnojení základními živinami probíhalo každoročně. Dávka P a K byla shodná pro všechny pěstované plodiny a činila 0,44 g P a 1,1 g K na nádobu, aplikovaných v K_2HPO_4 . Dávka N se lišila v závislosti na pěstované plodině a činila 1,5 g N v NH_4NO_3 pro oves pěstovaný v prvním roce, 4,0 g N pro kukuřici pěstovanou v druhém roce, 1,5 g N pro třetí plodinu jarní ječmen a 1,0 g N pro poslední připravenou plodinu mák. Po homogenizaci byla takto připravená zemina vysypána do nádob a oseta příslušnou plodinou. Po celou dobu vegetace byly nádoby zavlažovány na 60 % MVK deionizovanou vodou.

I. Základní charakteristika použité zeminy z lokality Lahošť – Basic characteristics of soil used from Lahošť location

Půdní typ ¹	HM	pH _{kef}	6,80
Půdní druh ²	písčitohlinitá ³	P** (mg.kg ⁻¹)	195
CEC* (mval.kg ⁻¹)	240	K** (mg.kg ⁻¹)	504
C _{ox} (%)	2,0	Mg** (mg.kg ⁻¹)	269

*CEC byla stanovena ve vyluhování octanu amonného – CEC was determined in ammonium acetate solution

**Obsah prvků byl stanoven ve vyluhování Mehlich II – Content of elements was determined in Mehlich II extractant

¹great soil group, ²texture, ³sandy loam

II. Celkový obsah a vyluhovatelný podíl sledovaných rizikových prvků (mg.kg⁻¹) v použité zemi – Total and extractable content of investigated heavy metals (mg.kg⁻¹) in used soil

Prvek ¹	Obsah prvků ³			
	celkový ²	2M HNO ₃	DTPA	CaCl ₂
Cd	0,730	0,720	0,365	0,009
Zn	154,050	70,040	6,380	0,065
As	58,380	53,020	0,185	0,338
Pb	43,200	33,820	4,250	0,061

¹element, ²total, ³content of elements

Oves (odrůda Pan) byl sklizen v mléčně voskové zralosti při průměrném obsahu sušiny 29,6 %, kukuřice (odrůda CE 240) byla sklizena při výšce rostlin 90 cm a sušině 14,1 %, jarní ječmen (odrůda Jubilat) a mák setý (odrůda Dubník) byly sklizeny v plné zralosti. Po sklizni nadzemní hmoty jednotlivých plodin byla použitá zemina na vzduchu usušena, v rámci jednotlivé varianty zhomogenizována a následující rok použita k výsevu následné plodiny. Každá varianta byla třikrát opakována.

Zhomogenizovaný rostlinný materiál byl rozložen na suché cestě ve směsi oxidačních plynů v přístroji APION (Miholová et al., 1993) a analyzován na obsah Cd, Zn, As a Pb metodou atomové absorpční spektrometrie (AAS) přístrojem Varian SpectraAA-40 ve stopové laboratoři katedry chemie AF ČZU v Praze. Pro kontrolu kvality dat analyzovaných rostlin byl použit certifikovaný referenční materiál RM 12-02-03 Lucerne, který obsahuje 0,136 ± 0,007 mg Cd.kg⁻¹, 33,2 ± 0,5 mg Zn.kg⁻¹, 0,263 ± 0,007 mg As.kg⁻¹ a 1,84 ± 0,08 mg Pb.kg⁻¹. Analýzou tohoto materiálu bylo nalezeno 0,134 ± 0,033 mg Cd.kg⁻¹, 33,4 ± 0,6 mg Zn.kg⁻¹, 0,282 ± 0,039 mg As.kg⁻¹ a 1,95 ± 0,05 mg Pb.kg⁻¹. Celkový obsah sledovaných prvků v půdě byl také stanoven metodou AAS po rozkladu organických látek v APIONU a následném rozkladu pevného zbytku směsí HF + HNO₃ (Mader et al., 1990). Obsahy extrahovatelných podílů byly stanoveny AAS po uvolnění sledovaných prvků třemi odlišnými vyluhovacími: 2 mol.l⁻¹ HNO₃ (Kozák et al., 1990), 0,005 mol.l⁻¹ kyselina dietylentriaminopentaacetová – DTPA (Lindsay, Norvell, 1978) a nepufrovaný 0,01 mol.l⁻¹

CaCl₂ (Novozámský et al., 1993). Kvalita analýz půd byla kontrolována referenčním materiálem RM 7003 Silty Clay Loam, který obsahuje 0,32 ± 0,04 mg Cd.kg⁻¹, 81,0 ± 7,6 mg Zn.kg⁻¹, 16,7 ± 3,1 mg As.kg⁻¹ a 33,5 ± 2,4 mg Pb.kg⁻¹. Analýzou tohoto materiálu bylo nalezeno 0,33 ± 0,02 mg Cd.kg⁻¹, 80,8 ± 3,4 mg Zn.kg⁻¹, 15,4 ± 2,7 mg As.kg⁻¹ a 28,4 ± 1,7 mg Pb.kg⁻¹.

Zjištěné analytické výsledky byly statisticky zpracovány v programu STATGRAPHIC v. 4.0. Hodnoty rozptylu (*F*) a minimální průkazné difference na hladině významnosti 95 % (*D*_{min}) jsou shrnuty v tab. III pro výnosy a v tab. VI pro změny koncentrací.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Při sledování vlivu jednotlivých použitých látek je třeba si znovu připomenout základní parametry použité zeminy, a to její neutrální půdní reakci, vysokou sorpční schopnost a také nadprůměrný obsah organických látek (tab. I). Všechny zmíněné vlastnosti se racionálními přidávkami látek ovlivňujících uvedené parametry mění jen velmi obtížně, a můžeme tudíž očekávat jen malé změny sledovaných vlastností.

Přídavek jednotlivých látek ovlivnil zpravidla pozitivně výnos suché hmoty pěstovaných plodin (tab. III), i když je třeba konstatovat, že s výjimkou makoviny máku nebyly tyto změny statisticky průkazné. K podobným závěrům dospěli i Tlustý et al., (1995), kteří na kyselé půdě prokázali obdobné, statisticky neprůkazné zvýšení čerstvé hmoty špenátu. Z jednotlivých aplikovaných látek se celkově nejlépe projevil přídavek hnoje, který s výjimkou slámy ječmene zvýšil hmotnost všech sledovaných rostlin v porovnání s kontrolní

variantou. Pozitivní výnosová reakce byla pravděpodobně způsobena i dodatečnou aplikací živin v použitém hnoji, na rozdíl od dalších sledovaných opatření.

Jednotlivé pěstované plodiny prokázaly odlišnou afinitu ke sledovaným prvkům. Celkově nejvyšší koncentrace všech tří kationtů byly zjištěny v biomase kukuřice, naopak koncentrace As byla téměř nejnižší (tab. IV). Vysoká míra kumulace kovů kukuřicí může být dána i poměrně časnou sklizní, kdy nemohou být přijaté prvky tzv. naředěny vytvořenou biomasou. Při porovnání námi stanovených hodnot koncentrací s údaji z literatury (Němček et al., 1994), získanými z polních odběrů v imisní zatížené oblasti severních Čech, vyplynulo, že jak koncentrace všech prvků v senázním ovsu, tak zejména v biomase kukuřice přesáhly průměrné obsahy rizikových prvků v objemových krmivech tohoto regionu. Zejména koncentrace As v senázním ovsu a Cd, As a Pb v kukuřici překročily i maximální hodnoty naměřené v krmivech z této oblasti. V zrnu jarního ječmene byla nalezena nejnižší koncentrace Pb v porovnání s obilninami, které sledovali Němček et al. (1994), koncentrace Cd a Zn se blížily maximálním hodnotám a obsah As jednoznačně překročil maximální hodnoty ze všech sledovaných okresů. Při porovnání všech částí sledovaných plodin byly maximální obsahy Cd a Zn nalezeny v biomase kukuřice. Nejvyšší koncentrace As a Pb se akumulovaly v makovině máku. Celkově nejvyšší hodnoty akumulace v rostlinách zjištěné u As úzce souvisely s jeho celkovým vysokým obsahem v půdě a především s vysokým podílem přístupného As v této půdě v porovnání s šesti ostatními (Száková et al., 1996).

Z porovnání odběrů sledovaných prvků jednotlivými plodinami (tab. V) vyplynulo, že celkově nejvyšší od-

III. Výnos sušiny pěstovaných rostlin (g na nádobu) – The yield of dry matter of growing plants (g per pot)

Varianta ¹	Plodina ²					
	oves ³	kukuřice ⁴	ječmen ⁵ (zrno ⁷)	ječmen (sláma ⁸)	mák ⁶ (semeno ⁹)	mák (makovina ¹⁰)
Kontrola ¹¹	97,50	33,20	43,20	97,40	8,81	3,60
Vápenec ¹²	96,40	37,30	53,70	87,60	7,81	3,50
Bentonit ¹³	98,20	42,70	42,80	90,30	8,48	4,63
Hnůj ¹⁴	102,10	39,40	55,50	77,50	9,66	4,70
<i>F</i>	0,511	1,202	1,219	1,026	3,348	10,845**
<i>D</i> _{min}	—	—	—	—	—	0,8935

¹treatment, ²crop, ³oat, ⁴maize, ⁵barley, ⁶poppy, ⁷grain, ⁸straw, ⁹seed, ¹⁰capsule, ¹¹control, ¹²lime, ¹³bentonite, ¹⁴manure

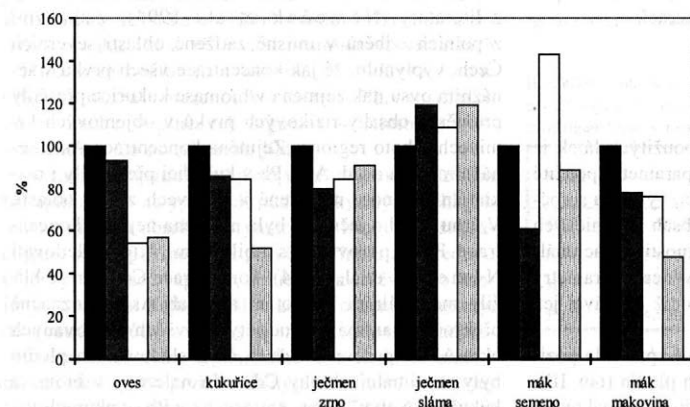
IV. Koncentrace sledovaných rizikových prvků v pěstovaných rostlinách (mg.kg⁻¹) – The concentration of investigated heavy metals in growing crops (mg.kg⁻¹)

Prvek ¹	Oves ²	Kukuřice ³	Ječmen ⁴ (zrno ⁶)	Ječmen (sláma ⁷)	Mák ⁵ (semeno ⁸)	Mák (makovina ⁹)	Mák (rostlina ¹⁰)
Cd	0,376	0,953	0,162	0,378	0,213	0,259	0,100
Zn	23,20	87,40	31,60	30,40	59,19	10,84	14,86
As	1,880	0,731	0,623	1,741	1,610	5,772	2,969
Pb	0,170	3,340	0,060	0,511	0,027	4,962	1,441

¹element, ²oat, ³maize, ⁴barley, ⁵poppy, ⁶grain, ⁷straw, ⁸seed, ⁹capsule, ¹⁰plant

Prvek ¹	Oves ²	Kukuřice ³	Ječmen ⁴ (zrno ⁶)	Ječmen (sláma ⁷)	Mák ⁵ (semeno ⁸)	Mák (makovina ⁹)	Mák (rostlina ¹⁰)
Cd	36,660	31,640	6,998	36,817	1,877	0,932	1,78
Zn	2 262,00	2 901,68	1 365,12	2 960,96	521,46	39,02	264,51
As	183,300	24,269	26,914	169,573	14,184	20,779	52,85
Pb	16,575	110,888	2,592	49,771	0,238	17,863	25,65

For 1–10 see Tab. IV



1. Vliv úpravy půdy na změnu koncentrace Cd v pěstovaných rostlinách – The effect of application of remediation materials on the Cd concentration in growing plants

Vysvětlivky k obr. 1 až 7 – Explanations to Figs 1 to 7:

- kontrola – zero
- vápenec – lime
- bentonit – bentonite
- hnůj – manure
- oves – oat
- kukuřice – maize
- ječmen – barley
- zrno – grain
- sláma – straw
- mák – poppy
- semeno – seed
- makovina – capsule

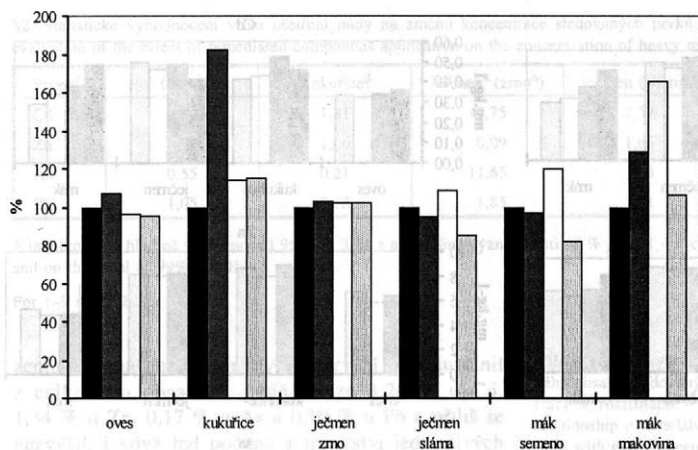
běr nadzemní hmotou měl ječmen, který v sumě zrna a slámy převýšil vysoké odběry Cd a As senážním ovsem a v případě Zn kukuřicí. Pouze u Pb byl maximální export rostlinami kukuřice. I přes vysoké koncentrace zejména As a Pb v makovině máku byl celkový odběr celými rostlinami z důvodu nízkého výnosu několikanásobně nižší u všech sledovaných prvků.

Přidávek jednotlivých látek do půdy působil odlišně na akumulaci rizikových prvků ve sledovaných částech pěstovaných rostlin. Aplikace bentonitu a hnoje statisticky významně snížila koncentraci Cd v biomase ovesa (obr. 1). Pozitivní následné působení hnoje přetrvávalo kromě slámy ječmene u všech pěstovaných plodin a statisticky průkazné snížení obsahu Cd bylo dosaženo ještě v makovině máku. Selektivní sorpce Cd na přídavný bentonit se významně projevila pouze v roce přímé aplikace, v ostatních letech bylo, s výjimkou semene máku a již zmíněné ječné slámy, jeho působení sice pozitivní, ale zjištěné rozdíly nebyly významné. Kladné působení přímé aplikace bentonitu na kumulaci Cd v nati a hlízách brambor prokázali Richter, Hlušek (1991) na dvou, resp. třech půdách z šesti ověřovaných. Po aplikaci vápence došlo ke změně pH pouze z 6,6 na 6,7. Tento rozdíl se během dalších dvou let zvětšil o další desetinu. Z těchto důvodů je třeba při zjištěném poklesu koncentrace Cd v rostlinách uvažovat se sorpcí Cd na povrchu vápence, i když ve všech případech byl pokles statisticky nevýznamný. Jak ukazují Eriksson (1989) a Li-Ming, Ru-Kun (1993), ke skutečně průkaznému poklesu kumulace Cd

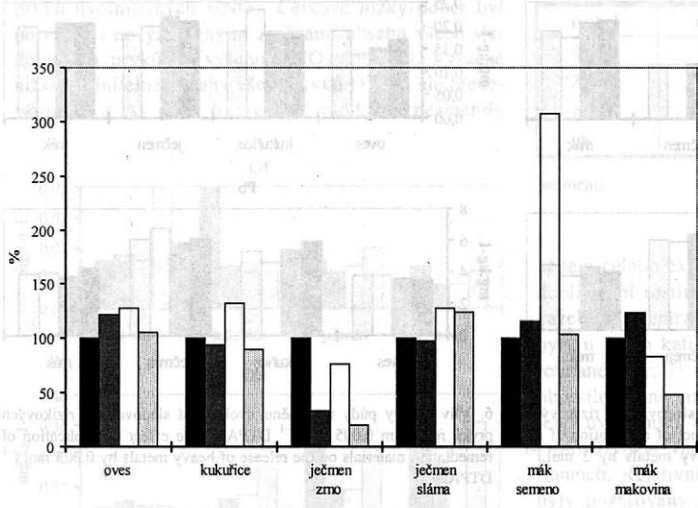
v rostlinách došlo při zvýšení pH o jednu nebo ještě výrazněji o dvě jednotky.

Při sledování změn koncentrace Zn v biomase pěstovaných rostlin nebyly po úpravě půdy zjištěny významné rozdíly (obr. 2). Z aplikovaných látek je možno pouze u varianty s hnojem nalézt určité pozitivní působení, a to až ke konci experimentu. Pierzynski, Schwab (1993) zjistili významný pokles Zn v biomase sóji již po přímé aplikaci hnoje, avšak při další sklizni byl vliv hnoje na koncentraci Zn nevýznamný. Přidávek vápence se naopak v prvních dvou letech experimentu projevil negativně a zvyšoval koncentraci Zn v rostlinných pletevkách. Ve variantě s přidávkou bentonitu bylo možno pozorovat patrné negativní působení téměř po celou dobu experimentu. Tato skutečnost by mohla být způsobena mohutnějším doplňováním Zn do půdního roztoku v důsledku jeho o více než dva řády vyšší celkové koncentraci než Cd.

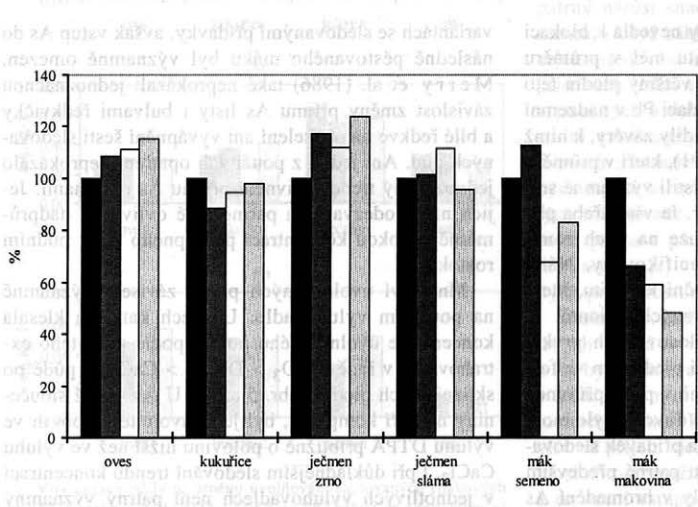
Pb je obecně známo svojí vysokou afinitou k jednotlivým možným sorpcím. Je proto překvapivým zjištěním, že použitá opatření neměla jednoznačný vliv na množství Pb v pěstovaných rostlinách (obr. 3). S výjimkou extrémního nárůstu koncentrace Pb v semenech máku ve variantě ošetřené bentonitem nebyly ostatní změny statisticky průkazné. Merry et al. (1986) zjistili, že snížení kyselosti půd vedlo k výraznému poklesu koncentrace Pb v bílé ředkvi, ale přidávek vápence do neutrálních půd již výrazně koncentraci neovlivnil, i když došlo k nárůstu pH o 0,5 až 1,0 v závislosti na použité půdě. Nepatrná změna pH po přidávku vápence



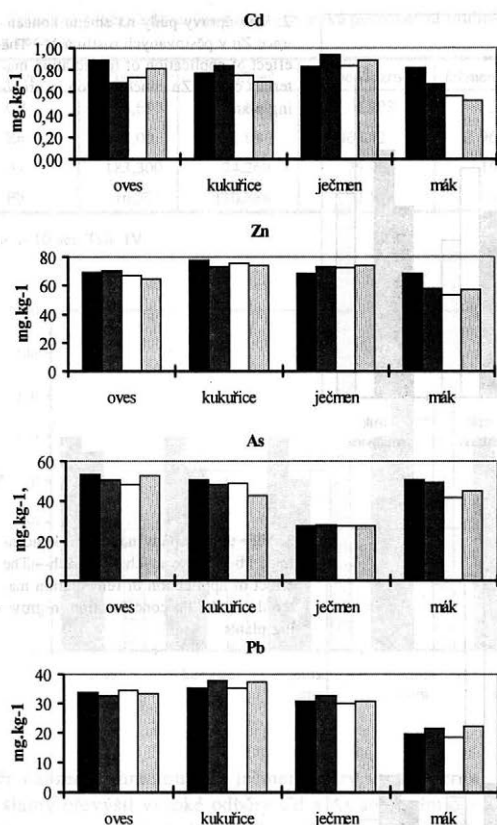
2. Vliv úpravy půdy na změnu koncentrace Zn v pěstovaných rostlinách – The effect of application of remediation materials on the Zn concentration in growing plants



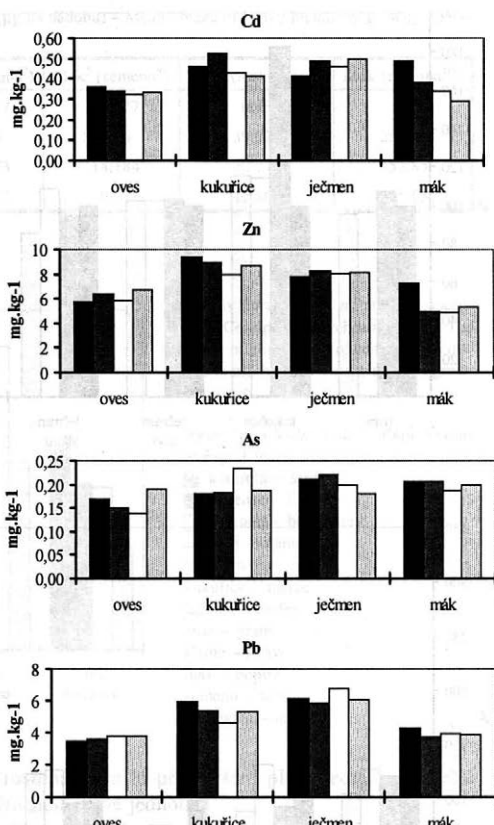
3. Vliv úpravy půdy na změnu koncentrace Pb v pěstovaných rostlinách – The effect of application of remediation materials on the Pb concentration in growing plants



4. Vliv úpravy půdy na změnu koncentrace As v pěstovaných rostlinách – The effect of application of remediation materials on the As concentration in growing plants



5. Vliv úpravy půdy na změnu uvolňování sledovaných rizikových prvků roztokem 2 mol.l⁻¹ HNO₃ – The effect of application of remediation materials on the release of heavy metals by 2 mol.l⁻¹ HNO₃



6. Vliv úpravy půdy na změnu uvolňování sledovaných rizikových prvků roztokem 0,005 mol.l⁻¹ DTPA – The effect of application of remediation materials on the release of heavy metals by 0.005 mol.l⁻¹ DTPA

do námi sledované neutrální zeminy nevedla k blokadě přístupného Pb. Přídavek bentonitu měl v průměru všech opatření nejslabší odezvu. U většiny plodin této varianty došlo naopak k vyšší kumulaci Pb v nadzemní hmotě. Naše výsledky proto nepotvrdily závěry, k nimž dospěli Richter, Hlušek (1991), kteří v průměru šesti půd, upravených na pH 7,0, zjistili významné snížení koncentrace Pb v nati brambor. Je však třeba připomenout, že k poklesu došlo pouze na třech zemích, které však nebyly dále specifikovány. Námi použitá zemina měla vysokou sorpční kapacitu, která zřejmě dominovala ve vazbě sledovaných kationtů.

Na rozdíl od předcházejících sledovaných prvků, které se v půdním roztoku vyskytují především ve formě kationtů, je As v přístupné formě v půdě přítomen především jako arzeničnan. Z těchto důvodů bylo možno očekávat jeho odlišnou odezvu na přídavek sledovaných látek do půdy. Na obr. 4 jsou patrné především odlišné statisticky významné rozdíly v hromadění As zrnem ječmene a semeny máku. V prvním případě došlo ke zvýšení akumulace As v zrnu ječmene ve všech

variantách se sledovanými přídavky, avšak vstup As do následně pěstovaného máku byl významně omezen. Merry et al. (1986) také neprokázali jednoznačnou závislost změny příjmu As listy i bulvami ředkvičky a bílé ředkve na okyselení ani vyvápění šesti sledovaných půd. Ani jedno z použitých opatření neprokázalo jednoznačný trend ovlivnění příjmu As rostlinami. Jejich nízká odezva byla patrně také ovlivněna nadprůměrně vysokou koncentrací přístupného As v půdním roztoku.

Množství uvolnitelných prvků záviselo významně na použitém vyluhovačce. U všech kationtů klesala koncentrace uvolnitelného podílu podle použitého extrahovačce v řadě HNO₃ > DTPA > CaCl₂ v půdě po sklizni všech plodin (obr. 5 až 7). U As, jehož sloučeniny netvoří komplexy, byl jeho uvolnitelný obsah ve vyluhu DTPA přibližně o polovinu nižší než ve vyluhu CaCl₂. I při důkladnějším sledování trendů koncentrací v jednotlivých vyluhovačkách není patrný významný pokles jejich obsahů ve třetím a čtvrtém roce experimentu. Je však třeba konstatovat, že úhrnný odběr nad-

VI. Statistické vyhodnocení vlivu ošetření půdy na změnu koncentrace sledovaných prvků v rostlinách (hodnoty F -testu) – Statistical evaluation of the effect of remediated compounds application on the concentration of heavy metals in plants (F -test values)

Prvek ¹	Oves ²	Kukuřice ³	Ječmen ⁴ (zrno ⁶)	Ječmen (sláma ⁷)	Mák ⁵ (semeno ⁸)	Mák (makovina ⁹)
Cd	4,54	1,81	0,75	2,57	4,26	5,88
Zn	1,25	1,06	0,09	1,65	13,33	1,32
As	0,55	0,21	11,65	1,23	4,40	3,19
Pb	1,05	0,55	1,85	1,11	9,08	2,48

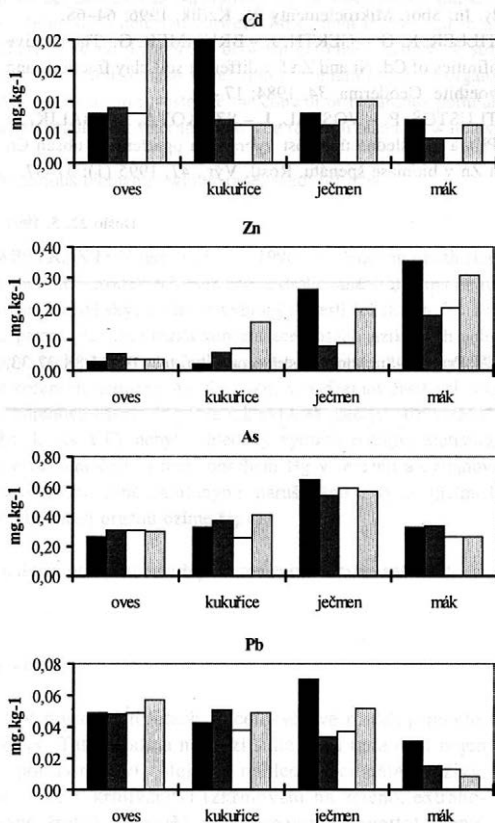
F tabulkové na hladině významnosti 95 % je 3,84 a na hladině významnosti 99 % je 7,01 – F calculated values on the level of 95% are 3.84 and on the level of 99% – 7.01

For 1–9 see Tab. IV

zemní biomasou během čtyř let trvání pokusu činil z celkového obsahu v půdě pouze 3,20 % u Cd, 1,34 % u Zn, 0,17 % u As a 0,10 % u Pb a přilíh se nezvýšil, i když byl počítán z množství jednotlivých prvků uvolnitelných HNO_3 . Celkově nízký odběr byl potvrzen i nevýznamnými změnami obsahu všech sledovaných prvků ve výluhu HNO_3 (obr. 5). Výrazně nižší uvolnitelné obsahy všech prvků DTPA, ale především Zn a As (obr. 6), se také radikálně nezměnily

VII. Statistické vyhodnocení těsnosti vztahu (koeficient r) uvolnitelného obsahu sledovaných prvků třemi vyluhovacími s jejich koncentrací v rostlinách – Statistical evaluation of r parameter of relationship of available contents of heavy metals by three extractions with their concentrations in plants

Prvky ¹	DTPA	HNO_3	CaCl_2
Cd	0,319	0,321	0,228
Zn	0,244	0,341	0,161
As	0,328	0,321	0,407
Pb	0,372	0,338	0,270



¹elements

během celého experimentu, což ukazuje na pravidelné doplňování rostlinám přístupného podílu z pevnějších vazeb. Koncentrace prvků stanovené ve výluhu CaCl_2 byly u všech kationtů nejnižší a zároveň nejméně vyrovnané (obr. 7). U každého ze sledovaných prvků se objevilo jedno maximum, pravděpodobně způsobené jeho uvolněním během sušení po sklizni, popřípadě i prostorovou variabilitou zeminy v jednotlivých variantách. Relativně stálé hodnoty během celého cyklu byly pozorovány pro Cd, As i Pb, v případě Zn byl patrný nárůst snadno přístupné formy během experimentu, i když základní půdní parametry zůstaly během celého sledování nezměněny. Poměrně nízká odezva na přidávané látky u rostlin nebyla potvrzena ani jedním z použitých vyluhovačů. Těsnost vztahu mezi množstvím uvolnitelných prvků jednotlivými vyluhovacími a jejich koncentrací v hlavních produktech pěstovaných rostlin je vyjádřena v tab. VII. Ani jedno z použitých vyluhovačů neprokázalo těsnější korelaci uvolněného prvku z půdy s jeho koncentrací v rostlinách a není možno jej využít k predikci přístupnosti sledovaných prvků rostlinám na těchto půdách.

Získané výsledky ukázaly odlišné hromadění jednotlivých prvků v rostlinách. Nejvyšší koncentrace Cd a Zn byly stanoveny v biomase kukuřice, As a Pb byly v maximálním množství kumulovány v makovině pěstovaného máku. Použitá opatření neměla jednoznačný vliv na příjem sledovaných prvků rostlinami a ukázala na složitost využití krátkodobých zlepšujících opatření k omezení vstupu rizikových prvků do rostlin na neutrální půdě s vyšším obsahem organické hmoty a jílových částic.

7. Vliv úpravy půdy na změnu uvolňování sledovaných rizikových prvků roztokem $0,01 \text{ mol.l}^{-1} \text{ CaCl}_2$ – The effect of application of remediation materials on the release of heavy metals by $0.01 \text{ mol.l}^{-1} \text{ CaCl}_2$

Tento příspěvek byl zpracován v rámci řešení grantu GA ČR číslo 511/95/0557 a autoři děkují za finanční podporu, která umožnila řešení této problematiky.

LITERATURA

- ERIKSSON, J. E.: The effects of clay, organic matter and time on adsorption and plant uptake of cadmium added to the soil. *Wat. Air Soil Pollut.*, 40, 1988: 359–373.
- ERIKSSON, J. E.: The influence of pH, soil type and time on adsorption and uptake by plants of Cd added to the soil. *Wat. Air Soil Pollut.*, 48, 1989: 317–335.
- KOZÁK, J. et al.: Retence těžkých kovů v půdě. [Zpráva.] Praha, VŠZ 1990.
- LI-MING, X. – RU-KUN, L.: Effect of liming on plant accumulation of cadmium under upland or flooded conditions. *Envir. Pollut.*, 79, 1993: 199–203.
- LINDSAY, W. L. – NORWELL, W. A.: Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 42, 1978: 421–428.
- MADER, P. et al.: Možnosti použití suchého rozkladu pro stanovení toxických prvků v průmyslovém kompostu. In: Sbor. Těžké kovy v životním prostředí, České Budějovice, 1990.
- MERRY, R. H. – TILLER, K. G. – ALSTON, A. M.: The effects of soil contamination with copper, lead and arsenic on the growth and composition of plants. II. Effects of source of contamination, varying soil pH, and prior waterlogging. *Pl. and Soil*, 95, 1986: 255–269.
- MIHOLOVÁ, D. – MADER, P. – SZÁKOVÁ, J. – SLÁMOVÁ, A. – SVATOŠ, Z.: Czechoslovak biological certified

- reference materials and their use in the analytical quality assurance system in a trace element laboratory. *Fresenius J. Anal. Chem.*, 345, 1993: 256–260.
- NĚMEČEK, J. – PODLEŠÁKOVÁ, E. – PASTUSZKOVÁ, M.: Kontaminace krmiv a potravinářských surovin v imisně zatíženém severočeském regionu. *Rostl. Vyr.*, 40, 1994 (6): 555–565.
- NOVOZAMSKY, J. – LEXMOND, T. M. – HOUBA, V. J. G.: A single extraction procedure of soil for evaluation of uptake of some heavy metals by plants. *Int. J. Envir. Anal. Chem.*, 51, 1993: 47–58.
- PIERZYNSKI, G. M. – SCHWAB, A. P.: Bioavailability of zinc, cadmium, and lead in a metal-contaminated alluvial soil. *J. Envir. Qual.*, 22, 1993: 247–254.
- PULS, R. W. – POWELL, R. M. – CLARK, D. – ELDRED C. J.: Effects of pH, solid/solution ratio, ionic strength, and organic acids on Pb and Cd sorption on kaolinite. *Wat. Air Soil Pollut.*, 57–58, 1991: 423–430.
- RICHTER, R. – HLÚŠEK, J.: Využití půdních zlepšovačů ke snížení obsahu některých cizorodých prvků u brambor. *Agrochémia*, 31, 1991 (11): 248–251.
- SZÁKOVÁ, J. – TLUSTOŠ, P. – PAVLÍKOVÁ, D. – BALÍK, J.: Extrahovatelnost arsenu z půdy různými vyluhovačly. In: Sbor. Mikroelementy 96, Karlík, 1996: 64–68.
- TILLER, K. G. – GERTH, J. – BRUMMER, G.: The relative affinities of Cd, Ni and Zn for different soil clay fractions and goethite. *Geoderma*, 34, 1984: 17–34.
- TLUSTOŠ, P. – VOSTAL, J. – SZÁKOVÁ, J. – BALÍK, J.: Přímá a následná účinnost vybraných opatření na obsah Cd a Zn v biomase špenátu. *Rostl. Vyr.*, 41, 1995 (1): 31–37.

Došlo 22. 5. 1997

Kontaktní adresa:

Ing. Pavel Tlustoš, CSc., Česká zemědělská univerzita, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika, tel.: 02/24 38 27 33, fax: 02/20 92 03 12, e-mail: tlustos@af.czu.cz

OBSAH RIZIKOVÝCH PRVKŮ V PŮDĚ, ORGÁNECH A EXTRAHOVANÝCH ŠROTECH OZIMÉ ŘEPKY

THE CONTENT OF HAZARDOUS ELEMENTS IN SOIL, ORGANS AND OIL MEALS OF WINTER RAPE

J. Vincenc¹, V. Adamec², F. Belan¹

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

²EKO-CENTRUM, Brno, Czech Republic

ABSTRACT: In the years 1995 and 1996 the content of hazardous elements (As, Cd, Cr, Hg, Pb, Zn) was studied in plant organs and final products (seed, oil meals) of winter rape during the growing season under the simultaneous investigation of the level of contamination of farm soils in selected six localities of the Czech Republic with various degree of load of environment. Predominantly low concentration of hazardous pollutants, except Hg, where a limit concentration was exceeded in several cases (rape for green feeding, oil meals) can be seen from the results of analyses (Tabs II, III). Of all investigated hazardous pollutants, particularly As, Cr and Zn were accumulated most in roots, followed by Hg in aboveground parts. Also Pb and Cd were mainly accumulated in the root segment, though not so significantly as As, Cr and Zn. Cd, Hg and Pb were most accumulated in rape straw, Zn in seed. In As and Cr no significant differences were found. Statistically significant relations were detected between Pb content in soil and in aboveground part and between Hg content in soil and oil meal. There were no differences between extremely disturbed, strongly disturbed, disturbed and convenient localities in view of quality of environment in relation to contamination of organs of winter rape. Despite relatively satisfying state found by us, it is necessary to investigate the content of hazardous pollutants in aboveground parts of winter rape in green feeding and oil meals leading to determination of a relevant standard which specified the use of this very valuable protein feed in agriculture.

hazardous elements; winter rape; seed; oil meals

ABSTRAKT: V letech 1995 a 1996 byl sledován obsah rizikových prvků (As, Cd, Cr, Hg, Pb, Zn) v rostlinných orgánech a finálních produktech (semeno, extrahované šroty) ozimé řepky během vegetace za současného sledování úrovně kontaminace zemědělských půd ve vybraných šesti lokalitách ČR s různým stupněm zatížení životního prostředí. Z výsledků analýz je patrná převážně nízká koncentrace obsahu rizikových polutantů s výjimkou Hg, u níž byla limitní koncentrace v několika případech překročena (řepka na zelené krmení, extrahované šroty). Ze sledovaných rizikových polutantů se nejvíce kumuloval v kořenech zejména As, Cr a Zn, v nadzemní části pak výrazně Hg. Rovněž tak Pb a Cd byly přednostně akumulovány v kořenové části, i když ne tak výrazně jako As, Cr a Zn. V řepkové slámě se nejvíce kumulovalo Cd, Hg a Pb, v semenu Zn. U As a Cr nebyly shledány výrazné rozdíly. Statisticky významné vztahy byly nalezeny mezi obsahem Pb v půdě a nadzemní části a mezi obsahem Hg v semenu a extrahovaném šrotu. Nebyly zjištěny výraznější rozdíly mezi extrémně narušenými, silně narušenými, narušenými a vyhovujícími lokalitami z hlediska kvality životního prostředí ve vztahu ke kontaminaci orgánů ozimé řepky.

rizikové prvky; ozimá řepka; semeno; extrahované šroty

ÚVOD

V posledních letech se celosvětově rozšiřují plochy řepky. Tato plodina nachází stále větší uplatnění nejen v potravinářství (oleje) z pohledu racionaliální výživy, ale také v krmivářství (zkrmování na zeleno, extrahované šroty) a rovněž v oleochemii (bionafta). Tento trend pozorujeme v Kanadě, USA, Francii, Německu, Polsku a rovněž u nás. Sklizišné plochy (jako olejiny) v roce 1997 činí např. ve Francii 900 000 ha, Německu 850 000 ha, Polsku 400 000 ha, ČR 210 000 ha.

Obsahu rizikových prvků ve finálních produktech ozimé řepky nebyla dosud věnována odpovídající pozornost v zahraničí ani v ČR, a to i přes fakt, že patří mezi plodiny s výraznou tendencí k akumulaci rizikových prvků, zejména těžkých kovů.

Mnohem více prací je věnováno kontaminaci rizikových prvků (RP) v půdách, pouze Petříková et al. (1995) kromě půd zkoumali i semeno řepky. Borůvka et al. (1996) se zabývají kontaminací půd Cd, Pb a Zn v níže řeky Litavky v bezprostřední blízkosti Příbrami, kde jsme měli i naše odběrové místo (Lhota

u Příbrami). Němeček (1995), Podlešáková et al. (1994), Podlešáková et al. (1994), Podlešáková et al. (1996) navrhuji limity kontaminace půd potenciálně rizikovými stopovými prvky pro ČR. Nejblíže jsou naší problematice Petříková et al. (1995), kteří se zabývají těžkými kovy v půdách a zemědělských plodinách v pěti imisně zatížených lokalitách ČR. Mezi jinými (zrno obilnin, semeno hrachu, hlíza brambor a bulva cukrovky) vyhodnocovali i semeno řepky. Kontaminace uvedených zemědělských plodin těžkými kovy je zde však pojata obecně a nemožňuje srovnání. Naše práce by v tomto směru mohla poznatky citovaných autorů doplnit.

Z výzkumů (Vincenc et al., 1997) z let 1991 až 1993 v imisně zatížené oblasti Světlá nad Sázavou (sklářský průmysl) vyplývá, že nejvyšších koncentrací rizikových prvků bylo ve většině případů dosahováno ve fázi od počátku kvetení přes plný květ až do odkvětu, což je způsobeno intenzivní asimilací rostlin a také imisním zatížením v dané oblasti na jaře a počátkem léta. Rizikové prvky se vážou především na bílkovinnou složku v řepkovém semenu a po vylisování a další technologickou úpravou se jejich obsah ve finálním produktu (oleji) dále snižuje. Chemické analýzy ukázaly, že nejrizikovějšími ze sledovaných prvků jsou v dané oblasti ve vztahu k ozimé řepce Cd a Pb. Proto v těchto podmínkách není řepka vhodná pro zelené krmění, ale může se zralé semeno využít pro výrobu bio-nafty.

Prezentované výsledky byly získány v rámci řešeného grantového projektu č. 503/94/0355, jehož cílem bylo přispět k hlubší orientaci v již zmíněné problematice u ozimé řepky, která se stává v současné době velmi aktuální a při uvedeném nárůstu ploch je nutné ji řešit v dostatečném předstihu, a tím eliminovat případné negativní důsledky, spočívající především v kontaminaci potravních řetězců.

MATERIÁL A METODA

V letech 1995 a 1996 probíhalo sledování úrovně zatížení půd, jednotlivých orgánů a extrahovaných šrotů ozimé řepky odrůdy Lirajet rizikovými prvky (As, Cd, Cr, Hg, Pb, Zn) ve vybraných imisních oblastech: Lhota u Příbrami (Kovohutě Příbram), Lišnice (Kovohutě Mníšek pod Brdy), Polanka (Ostravsko-Frydecká aglomerace), Světlá nad Sázavou (Sklárny Sklo Bohemia) a Tuřany (Brno-jih). Pro srovnání jako relativně nejméně dotčená průmyslovou činností byla vybrána lokalita Hradec nad Svitavou. Místa odběrů s vyznačením kvality životního prostředí jsou uvedena na obr. 1. Řepka byla na všech lokalitách pěstována podle platné metodiky, doporučené Systémem výroby řepky (Vašák a kol., 1995).

Půdní vzorky odebrané z orničního horizontu ve sledovaných letech byly převážně hlinité, ojediněle písčitohlinité zrnitostního složení (středně těžké půdy). Vzorky půd byly odebrány pouze jednou, a to při od-

běru vzorků ve fenofázi DC 29, v každém roce řešení. Důvodem byla skutečnost, že případný nárůst obsahu sledovaných rizikových prvků je za standardních podmínek v krátkém časovém období, jako je např. období vegetace ozimé řepky, neprůkazný.

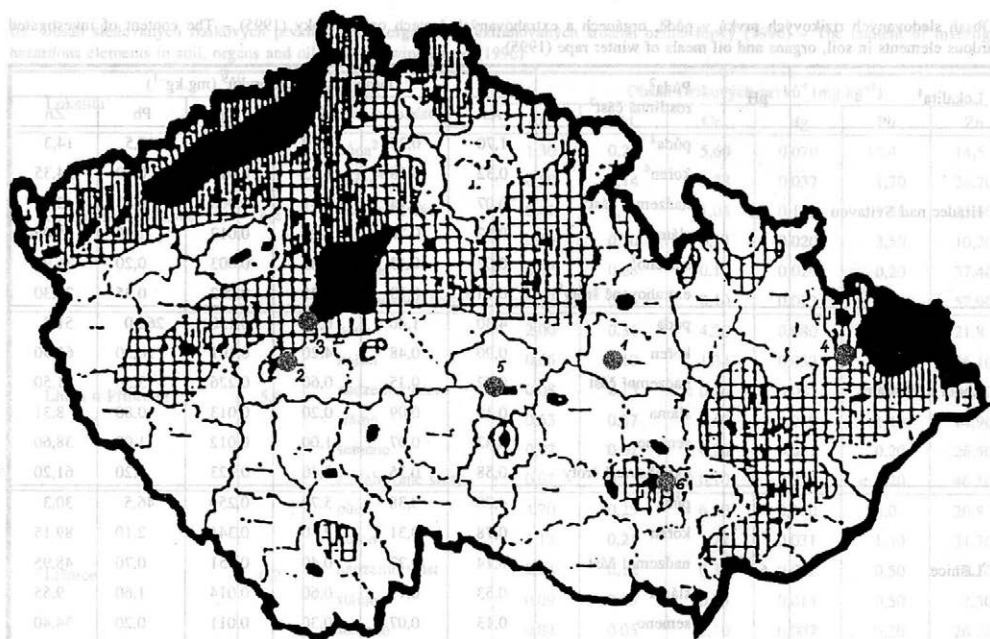
Vzorky řepky byly odebrány na všech sledovaných lokalitách ve fenofázi DC 43–60 (v této fázi se řepka zkrmuje na zeleno) a DC 85 (II. technická zralost). Důraz byl položen především na kvalitu řepky na zeleno, řepkového semena, extrahovaných šrotů a dynamiku sledovaných rizikových prvků v průběhu vegetace na různých lokalitách s různou intenzitou antropogenní činnosti.

Odebrané vzorky byly upraveny (půdní materiál – výluh 2M HNO₃, rostlinný materiál – mineralizace) a analyzovány na obsah sledovaných prvků (As, Cd, Cr, Pb, Zn – metodou AAS, Hg – TMA). Půdní reakce byla stanovena v KCl (výměnná). Rozbory prováděl ÚKZÚZ, pobočka Brno (rostlinný materiál) a pobočka Havlíčkův Brod (půdy). Výsledky analýz byly konfrontovány se stávajícími mezními hodnotami rizikových prvků v zemědělských půdách, krmivech a potravinách (tab. I).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Zjištěné hodnoty u půd ve vybraných lokalitách v jednotlivých letech jsou uvedeny v tab. II a III. Petříková et al. (1995) na základě souboru 1187 vzorků půd vyvodili, že rozložení kontaminujících prvků v jednotlivých lokalitách (Chomutov, Zatec, Liberec, Sokolov, Žamberk) je poměrně vyrovnané i z hlediska jednotlivých let. Nejvýrazněji se na kontaminaci podílí Cr, Cd, Pb, Ni a Zn. Citovaní autoři nehodnotili As, protože v té době ještě nebyla stanovena nejvyšší přípustná koncentrace (NPK). Podle našich výsledků byla nejvyšší přípustná koncentrace překročena u As (4,50 mg.kg⁻¹) v obou letech u Lišnice a jedenkrát ve Lhotě u Příbrami, u Cd (1,00 mg.kg⁻¹) ve Lhotě u Příbrami a u Pb (50,00 mg.kg⁻¹) ve Světlé nad Sázavou a opět ve Lhotě u Příbrami. Z obr. 1 vyplývá, že Lhota u Příbrami se nachází na okraji extrémně narušené a Lišnice silně narušené oblasti. Zajímavé výsledky výzkumu uvádějí Borůvka et al. (1996) z lokality Příbram. Autoři dokládají silnou kontaminaci půdy Cd, Pb a Zn. Zjistili průměrné hodnoty ve vrstvě 1,71, 376,4 a 74,5 mg.kg⁻¹ u těchto rizikových prvků. Tyto hodnoty jsou skutečně alarmující. Námi zjištěné hodnoty ze dvou let jsou u Cd 0,38 a 0,25, Pb 46,5 a 25,0 a Zn 30,3 a 20,8 mg.kg⁻¹ a nejvyšší přípustné koncentrace nebyly překročeny. Podle těchto autorů byly nejvyšší přípustné koncentrace u Pb překročeny více než sedminásobně. I z dřívějších výsledků (Vincenc et al., 1994) jsme se s tak vysokými hodnotami u půd nesetkali.

Z výsledků analýz rostlinného materiálu (tab. II, III) je patrné převážně nízká koncentrace obsahu rizikových polutantů, s výjimkou Hg, u níž byla limitní kon-



I. Kvalita životního prostředí – Quality of environment (Jehlička, 1996)

● místa odběrů (1 až 6) ozimé řepky v roce 1995 a 1996 – sampling sites (1 to 6) of winter rape in 1995 and 1996

- I. vyhovující – convenient
- II. narušená – disturbed
- III. silně narušená – strongly disturbed
- IV. extrémně narušená – extremely disturbed

- 1. Hradec nad Svitavou
- 2. Lhota u Příbrami
- 3. Lišnice
- 4. Polanka nad Odrou
- 5. Světlá nad Sázavou
- 6. Tuřany

I. Stávající limitní hodnoty (mg.kg^{-1}) – Existing limit values (mg.kg^{-1})

Kritérium ¹	As	Cd	Cr	Hg	Pb	Zn
*NPK pro zemědělské půdy (ostatní) ²	4,50	1,00	40,00	0,80	50,00	100,00
**NPK pro ostatní krmné suroviny ³	2,00	1,00		0,10	10,00	250,00

*Vyhlaška MŽP ČR 13/1994 Sb. – Decree of Ministry of Environment of CR 13/1994 Collection of Laws

**Vyhlaška MZe ČR 194/1996 – Decree of Ministry of Agriculture of CR 194/1996

NPK – nejvyšší přípustná koncentrace – highest permissible concentration

¹criterion, ²NPK for farm soils (others), ³NPK for other feeding materials

centrace ($0,10 \text{ mg.kg}^{-1}$) překročena ve fenofázi DC 43–60 (řepka na zelené krmení) v roce 1995 na lokalitách Lišnice, Polanka, Světlá nad Sázavou, Tuřany a v roce 1996 pouze na lokalitě Hradec nad Svitavou. V průběhu dvou let sledování byla u extrahovaných šrotů překročena limitní hodnota pouze v jednom případě, a to u Hg na lokalitě Tuřany ($0,774 \text{ mg.kg}^{-1}$). Absencí zůstává vyhodnocení kontaminace řepkového semena z důvodu neexistence limitních hodnot polutantů. Ze sledovaných rizikových polutantů se nejvíce kumuloval v kořenech zejména As, Cr a Zn, v nadzemní části pak výrazně Hg. Rovněž Pb a Cd byly přednostně akumu-

lovány v kořenové části, i když ne tak výrazně jako As, Cr a Zn. V řepkové slámě (DC 85) se nejvíce kumulovalo Cd, Hg a Pb, v semenu Zn. U As a Cr nebyly shledány výrazné rozdíly.

Při statistickém hodnocení byly zjištěny kladné korelace mezi obsahem Pb, Hg a Cd v půdě a nadzemní části ozimé řepky, přičemž v případě Pb byla korelace statisticky významná ($r = 0,9955$). Dále byl nalezen těsný vztah mezi obsahem Pb v půdě a v semenu ($r = 0,9897$), což u zbývajících prvků (As, Cd, Cr, Hg, Zn) zjištěno nebylo. Statisticky významné vztahy nebyly shledány mezi obsahem sledovaných prvků ve slámě

II. Obsah sledovaných rizikových prvků v půdě, orgánech a extrahovaných šrotech ozimé řepky (1995) – The content of investigated hazardous elements in soil, organs and oil meals of winter rape (1995)

Lokalita ¹	pH	Půda ² , rostlinná část ³	Obsah rizikových prvků ⁹ (mg.kg ⁻¹)					
			As	Cd	Cr	Hg	Pb	Zn
Hradec nad Svitavou	6,3	půda ²	1,70	0,25	4,20	0,080	17,5	14,3
		kořen ⁴	0,32	0,18	1,95	0,013	0,60	24,35
		nadzemní část ⁵	0,07	0,14	0,31	0,068	0,43	45,00
		sláma ⁶	0,12	0,20	0,20	0,012	1,40	15,05
		semeno ⁷	0,02	0,13	0,25	0,003	0,20	36,93
		extrahované šroty ⁸	0,04	0,13	0,21	0,062	0,35	29,30
Lhota u Příbrami	5,6	půda	4,30	1,40	6,50	0,150	262,0	51,7
		kořen	0,90	0,48	4,20	0,101	10,30	65,90
		nadzemní část	0,22	0,35	0,60	0,226	3,50	41,50
		sláma	0,10	0,09	0,20	0,013	0,80	8,31
		semeno	0,42	0,07	1,00	0,012	1,00	38,60
		extrahované šroty	0,58	0,35	0,40	0,023	0,20	61,20
Lišnice	6,8	půda	4,80	0,38	5,70	0,250	46,5	30,3
		kořen	0,78	0,31	2,70	0,341	2,10	89,15
		nadzemní část	0,14	0,27	0,40	0,451	0,70	48,95
		sláma	0,53	0,19	0,60	0,014	1,60	9,55
		semeno	0,13	0,07	0,30	0,011	0,20	34,40
		extrahované šroty	0,04	0,19	0,25	0,052	0,28	38,50
Polanka	6,7	půda	1,10	0,36	4,20	0,080	16,9	22,7
		kořen	0,39	0,20	2,00	0,106	0,90	35,50
		nadzemní část	0,15	0,25	0,40	0,133	0,60	31,00
		sláma	0,10	0,11	0,20	0,018	0,90	10,70
		semeno	0,20	0,07	0,30	0,014	0,20	35,60
		extrahované šroty	0,07	0,31	0,30	0,019	0,20	57,60
Světlá nad Sázavou	6,1	půda	2,50	0,30	14,90	0,130	65,0	50,0
		kořen	0,72	0,25	1,98	0,101	0,25	24,70
		nadzemní část	0,24	0,20	0,43	0,122	0,20	34,50
		sláma	0,19	0,16	0,20	0,018	2,10	8,31
		semeno	0,20	0,05	0,34	0,013	0,40	30,70
		extrahované šroty	0,03	0,09	0,20	0,082	0,40	26,60
Tuřany	6,9	půda	1,30	0,26	5,00	0,170	18,5	22,3
		kořen	0,39	0,15	2,40	0,286	1,20	35,10
		nadzemní část	0,10	0,09	0,60	0,559	0,40	29,50
		sláma	0,16	0,19	0,20	0,016	2,10	9,01
		semeno	0,20	0,03	0,30	0,557	0,20	33,80
		extrahované šroty	0,02	0,08	0,30	0,774	0,20	31,00

¹locality, ²soil, ³plant part, ⁴root, ⁵aboveground part, ⁶straw, ⁷seed, ⁸oil meals, ⁹content of hazardous elements

a v semenu v době sklizně. Statisticky významný byl vztah mezi obsahem Hg v semenu a v extrahovaném šrotu ($r = 0,9942$). Kladné korelace, ovšem pod hranici významnosti, byly nalezeny mezi obsahem As a Cr v semenu a v extrahovaném šrotu. K obdobným závěrům dospěli Strnad, Kocourek (1994). Jími naměřené hodnoty anorganických polutantů nejsou zatím rovněž alarmující, ukázalo se však, že v řadě případů existují statisticky významné lineární korelace, potvr-

zené t -testem. Jde mimo jiné o korelace mezi obsahem Pb v půdě a řepce a Hg v půdě a řepce.

Analytické výsledky obsahů sledovaných prvků ze zájmových lokalit (Hradec nad Svitavou, Lišnice, Lhota u Příbrami, Polanka, Světlá nad Sázavou, Tuřany) jsou v převážné míře v korelaci s výsledky pravidelných rozborů, které provádí MLO, a. s., Olomouc. Výjimkou jsou pouze poněkud vyšší obsahy Hg, Cd u semena řepky a Cd, Cr, Hg u extrahovaných šrotů ze zmíněných lokalit.

III. Obsah sledovaných rizikových prvků v půdě, orgánech a extrahovaných šrotech ozimé řepky (1996) – The content of investigated hazardous elements in soil, organs and oil meals of winter rape (1996)

Lokalita ¹	pH	Půda ² , rostlinná část ³	Obsah rizikových prvků ⁹ (mg.kg ⁻¹)					
			As	Cd	Cr	Hg	Pb	Zn
Hradec nad Svitavou	6,4	půda ²	1,30	0,20	5,60	0,070	15,4	14,5
		kořen ⁴	0,50	0,14	1,38	0,037	1,30	26,70
		nadzemní část ⁵	0,41	0,13	1,04	0,120	1,20	23,60
		sláma ⁶	0,19	0,10	0,13	0,020	3,50	10,20
		semeno ⁷	0,02	0,08	0,10	0,020	0,20	37,40
		extrahované šroty ⁸	< 0,02	0,16	0,10	0,023	< 0,20	57,90
Lhota u Přibrami	5,6	půda	2,00	0,31	4,30	0,080	36,5	21,8
		kořen	0,66	0,19	1,34	0,032	1,40	26,10
		nadzemní část	0,08	0,13	< 0,10	0,043	< 0,20	24,10
		sláma	0,53	0,07	1,40	0,018	1,40	14,90
		semeno	0,02	0,07	0,26	0,011	0,20	26,50
		extrahované šroty	0,02	0,12	< 0,10	0,022	< 0,20	46,10
Lišnice	6,9	půda	4,70	0,25	6,50	0,190	25,0	20,8
		kořen	1,13	0,21	1,27	0,031	1,50	31,70
		nadzemní část	0,24	0,12	0,34	0,022	0,50	17,10
		sláma	0,09	0,05	0,23	0,013	0,50	7,30
		semeno	0,02	0,05	0,10	0,007	0,20	26,20
		extrahované šroty	< 0,02	0,12	< 0,10	0,014	< 0,20	48,90
Polanka	6,7	půda	0,90	0,29	7,00	0,130	17,0	26,4
		kořen	0,41	0,11	1,44	0,023	1,10	27,10
		nadzemní část	0,19	0,04	0,64	0,085	0,70	29,10
		sláma	0,11	0,05	0,23	0,022	1,10	11,10
		semeno	0,02	0,05	0,10	0,006	0,20	30,30
		extrahované šroty	< 0,02	0,14	0,10	0,016	0,20	62,10
Světla nad Sázavou	6,0	půda	1,60	0,17	4,00	0,100	19,9	16,1
		kořen	0,53	0,12	1,74	0,039	2,10	26,00
		nadzemní část	0,09	0,05	0,27	0,069	0,70	25,80
		sláma	0,06	0,10	0,34	0,015	0,70	10,70
		semeno	0,02	0,03	0,10	0,005	0,20	30,80
		extrahované šroty	< 0,02	0,12	< 0,10	0,037	< 0,20	56,50
Tuřany	6,9	půda	0,70	0,28	7,80	0,120	18,5	31,2
		kořen	0,53	0,14	2,11	0,033	2,20	22,80
		nadzemní část	0,35	0,07	1,23	0,065	1,40	23,20
		sláma	0,13	0,05	0,16	0,046	0,60	11,10
		semeno	0,02	0,06	0,10	0,006	0,20	36,00
		extrahované šroty	< 0,02	0,09	< 0,10	0,018	< 0,20	60,30

For 1–9 see Tab. II

Lze soudit, že kromě půdy existuje i jiný, mnohdy významnější zdroj kontaminace rostlin, kterými jsou imise. Potvrzují to Petříková et al. (1995) i Vincenc et al. (1994). U každé kulturní rostliny se může projevit jinak, např. u slunečnice (Belan, Vincenc, 1997), která kumuluje v nadzemní části více rizikových prvků než řepka.

Nebyly shledány výraznější rozdíly mezi extrémně narušenými, silně narušenými, narušenými a vy-

hovujícími lokalitami z hlediska kvality životního prostředí ve vztahu ke kontaminaci orgánů ozimé řepky.

I přes relativně uspokojivý stav je nutné sledování obsahu rizikových polutantů v nadzemní části ozimé řepky při zkrmování na zeleno a extrahovaných šrotech, vedoucí ke stanovení příslušné normy (směrnice), která by specifikovala využití tohoto velmi cenného bílkovinného krmiva v zemědělství.

LITERATURA

- BELAN, F. – VINCENC, J.: Akumulace rizikových prvků u slunečnice roční. Farmář, 3, 1997 (1): 18–19.
- BORŮVKA, L. – HUAN-WEI, CH. – KOZÁK, J. – KRIŠTOUFKOVÁ, S.: Silná kontaminace půdy kadmíem, olovem a zinkem v nivě řeky Litavky. Rostl. Vyr., 42, 1996 (12): 543–550.
- JEHLIČKA, P.: Kvalita životního prostředí v ČR. Soubor map. GÚ ČSAV 1996.
- NĚMEČEK, J. – PODLEŠÁKOVÁ, E. – PASTUZSKOVÁ, M.: Pozadové obsahy potenciálně rizikových prvků v půdách ČR. Rostl. Vyr., 41, 1995 (1): 25–29.
- PETŘÍKOVÁ, V. – USTJAK, S. – ROTH, J.: Těžké kovy v půdách a zemědělských plodinách v pěti různých imisně zatížených lokalitách ČR. Rostl. Vyr., 41, 1995 (1): 17–23.
- PODLEŠÁKOVÁ, E. – NĚMEČEK, J. – HÁLOVÁ, G.: Zatížení nívních půd Labe rizikovými látkami. Rostl. Vyr., 40, 1994 (1): 69–80.
- PODLEŠÁKOVÁ, E. – NĚMEČEK, J. – HÁLOVÁ, G.: Návrh limitů kontaminace půd potenciálně rizikovými stopovými prvky pro ČR. Rostl. Vyr., 42, 1996 (3): 119–125.

- PODLEŠÁKOVÁ, E. – NĚMEČEK, J. – VÁCHA, R.: Kontaminace půd severočeského regionu rizikovými prvky. Rostl. Vyr., 40, 1994 (2): 123–130.
- STRNAD, Z. – KOCOUREK, V.: Monitoring cizorodých látek v potravních řetězcích – Situace v České republice v roce 1993. Inform. Bul. A1/1994. Praha, ČEÚ 1994. 129 s.
- VÁŠÁK, J. a kol.: Systém výroby řepky. Praha, SPZO 1995. 291 s.
- VINCENC, J. – ADAMEC, V. – BELAN, F. a kol.: Zhodnocení stavu a prognóza vývoje kontaminace půd a rostlinných produktů v imisně zatížené oblasti Sklo Bohemia, a. s., Světlá nad Sázavou. [Závěrečná zpráva.] Brno, VŠZ 1994. 27 s.
- VINCENC, J. – ADAMEC, V. – BELAN, F.: Dynamika rizikových prvků ve vztahu k výslednému produktu u řepky ozimé. [Závěrečná zpráva.] Brno, MZLU 1997. 18 s.
- Vyhláška MZe ČR 194/1996.
- Vyhláška MŽP ČR 13/1994 Sb.

Došlo 31. 1. 1997

Kontaktní adresa:

Doc. Ing. Jaroslav Vincenc, CSc., Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, tel.: 05/45 13 31 36, fax: 05/45 21 20 44

VZTAH MEZI VÝNOSEM A ODBĚREM FOSFORU A DRASLÍKU U JARNÍ PŠENICE

RELATION BETWEEN YIELD AND OFFTAKE OF PHOSPHORUS AND POTASSIUM BY SPRING WHEAT

J. Baier

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

ABSTRACT: A set of grain yields and phosphorus and potassium offtake was used to study the harvest nutrient offtake in spring wheat in six field experiments, realized in 1995 and repeated in 1996. There were significant differences between phosphorus and potassium, mainly due to the fact, that the dependence of phosphorus offtake on the yield was highly significant in all sets and subsets. The calculation of mean values for the grain yields from 3.0 to 7.0 t.ha⁻¹ decreased from 5.01 to 4.00 kg P.ha⁻¹. The reverse situation was with potassium. The calculation by means of regression equation gave the values 7.41 kg K.ha⁻¹ if the grain yield was 3.0 t.ha⁻¹ and about twice as much (14.90 kg K.ha⁻¹) at the yield of 7.0 t.ha⁻¹. The divergence of potassium offtake values created a wide point field and a regression dependence was not significant in all cases at the same time.

spring wheat yields; offtake of nutrients; differences between phosphorus and potassium

ABSTRAKT: Soubor výnosů zrna a odběrů fosforu a draslíku u jarní pšenice v šesti polních pokusech realizovaných v roce 1995 a opakovaných v roce 1996 byl využit ke studiu odběru živin sklizní. Mezi fosforem a draslíkem byly zásadní rozdíly především v tom, že závislost odběru fosforu na výnose byla ve všech souborech a podsouborech vysoce průkazná. Propočet středních hodnot pro výnosy zrna od 3,0 do 7,0 t.ha⁻¹ klesaly od 5,01 ke 4,00 kg P.ha⁻¹. U draslíku tomu bylo naopak. Při výnosu zrna 3,0 t.ha⁻¹ propočet podle regresní rovnice poskytl hodnoty 7,41 kg K.ha⁻¹ a při 7,0 t.ha⁻¹ již zhruba dvojnásobek (14,90 kg K.ha⁻¹). Přitom rozptýlení hodnot odběru draslíku vytvářel široké bodové pole a regresní závislost nebyla vždy průkazná.

výnosy jarní pšenice; odběr živin; rozdíly mezi fosforem a draslíkem

ÚVOD

Pro bilanci živin jsou důležité odběry živin sklizní z jednotky plochy. K výpočtům jsou používány nejčastěji tzv. střední odběry na hmotnostní jednotku výnosu hlavního produktu, zahrnující i odběr živin výnosem vedlejšího produktu. Uvedené údaje nacházíme nověji u našich autorů (Baier, 1979; Baier, Baierová, 1985; Baier et al., 1988) i u autorů zahraničních (Finck, 1992; Sine, 1993).

Uváděná data se vzájemně liší poměrně málo. Novější korigované údaje se vyskytují pro účely bilance živin sporadicky, neboť jde zpravidla o průměry z omezeného počtu případů, takže je obtížné je konfrontovat se udávanými středními hodnotami (někdy nesprávně označované jako paušální). Většinou se tyto nové získané veličiny zahrnují do stávajících dat a takto získané inovované hodnoty se jen málo liší od středních odběrů, které tvoří velmi početnou skupinu silně ovlivňující konečný výsledek.

Studie a úvahy o bilanci živin jsou v současné době velmi žádoucí, protože v důsledku omezeného přívodu

živin v minerálních hnojivech (Klír, 1997) dochází většinou k negativním bilancím živin. Z uvedeného důvodu jsme se pokusili ověřit některé dlouhodobě tradované poznatky o odběru živin sklizněmi. K tomuto účelu jsme využili 168členný soubor výsledků získaných v letech 1995 a 1996 ve 12 polních pokusech s jarní pšenicí s různými dávkami hnojiv N, P a K. Cílem této práce bylo ověřit, do jaké míry jsou odběry fosforu (P) a draslíku (K) ovlivněny vnějšími činiteli.

MATERIÁL A METODA

Souvislost mezi odběrem živin a výnosy hlavního produktu (zrna) jsme studovali u fosforu (kde nám naše dřívější práce naznačovaly dosti malou variabilitu odběrových hodnot) a draslíku (kde již dřívější analýzy slámy i zrna ukazovaly v některých případech dosti značné rozdíly). V tab. I uvádíme stanovištní podmínky šesti pokusů v roce 1995 a 1996, které byly realizovány v rámci úkolu EU Copernicus. Šlo o jednoleté pokusy, umístěné v prvním i druhém roce na stejném stanovišti (vedle sebe).

Parametr ¹	Stanoviště ²					
	Ivanovice	Šumvald	Staňkov	Mezileč	Lukavec	Krásné Údolí
pH	7,00	6,44	5,96	6,60	5,82	5,79
Druh půdy ³	jílovitohlinitá ⁸	hlinitá ⁹	hlinitá	jílovitohlinitá	písečtíhlinitá ¹⁰	hlinitopísečná ¹¹
Obsah ⁴ P (mg.kg ⁻¹)	151,70	115,43	31,19	71,88	42,22	38,59
Obsah K (mg.kg ⁻¹)	275,70	139,78	99,05	151,90	191,87	131,90
Výrobní oblast ⁵	řepařská ¹²	řepařská	bramborářská ¹³	bramborářská	bramborářská	bramborářsko-ovesná ¹⁴
Nadmořská výška ⁶	230	250	370	412	620	650
Předplodina ⁷	ozimá pšenice ¹⁵	jilek ¹⁶	jarní pšenice ¹⁷	jarní pšenice	oves ¹⁸	jarní ječmen ¹⁹

¹indicator, ²site, ³soil texture, ⁴content, ⁵growing region, ⁶altitude, ⁷forecrop, ⁸clay loam, ⁹loam, ¹⁰sandy loam, ¹¹loam sandy, ¹²beet-growing, ¹³potato-growing, ¹⁴potato-oat-growing, ¹⁵winter wheat, ¹⁶ryegrass, ¹⁷spring wheat, ¹⁸oat, ¹⁹spring barley

II. Parametry odběru živin a výnosy jarní pšenice v polních pokusech v roce 1995 – Indicators of nutrient offtake and yields of spring wheat in field experiments in 1995

Parametr ¹	Průměr ²	Minimum	Maximum
Odběr ³ N (kg.ha ⁻¹)	127,5	51,7	179,2
Odběr P (kg.ha ⁻¹)	22,3	15,2	31,0
Odběr K (kg.ha ⁻¹)	79,7	16,1	179,0
Výnos zrna ⁴ (t.ha ⁻¹)	5,17	3,03	6,79
Výnos slámy ⁵ (t.ha ⁻¹)	5,33	2,38	8,09

¹indicator, ²mean, ³offtake, ⁴grain yield, ⁵straw yield

Tab. II uvádí v obdobném přehledu parametry rozborů rostlin a výnosů z hodnoceného souboru ($n = 84$) v roce 1995 a tab. III totéž v roce 1996 ($n = 84$).

Z parametrů uvedených v tab. I až III je patrné, že jde o velmi členitý soubor s výraznými intervaly (min.–max. hodnoty) téměř ve všech případech. Považovali jsme proto zvolený soubor za vhodný k analýze závislosti odběru fosforu a draslíku na výnose zrna.

VÝSLEDKY

Polní exaktní pokusy, které jsou označovány COP (Copernicus), zahrnovaly 14 variant hnojení, třikrát opakovaných.

Byly zkoumány regresní závislosti odběru fosforu na výnose zrna na variantách N_0 , N_{40} , N_{80} , N_{120} (N_0 až N_3) sumárně na všech šesti stanovištích (obr. 1). Jak je patrné z obr. 1, byla závislost odběru fosforu na výnose zrna v roce 1995 vysoce průkazná ($r = 0,8488^{++}$) ($n = 24$). Obdobně to bylo i v roce 1996 ($r = 0,7268^{++}$) ($n = 24$) (obr. 2).

Na variantách, kde vedle stupňovaných dávek dusíku (N_0 , N_{40} , N_{80} , N_{120}) byl aplikován draslík K_3 v dávce 100 kg K.ha⁻¹, byla situace obdobná (COP 1995, $r = 0,8498^{++}$, $n = 24$ a COP 1996, $r = 0,6519^{++}$, $n = 24$) (obr. 3 a 4).

Při sumárním hodnocení sledovaného vztahu z obou let (1995 a 1996) a variant N_0 až N_{120} bez draselného hnojení a s ním ($n = 96$) nacházíme i nadále vysoce

III. Parametry odběru živin a výnosy jarní pšenice v polních pokusech v roce 1996 – Indicators of nutrient offtake and yields of spring wheat in field experiments in 1996

Parametr ¹	Průměr ²	Minimum	Maximum
Odběr ³ N (kg.ha ⁻¹)	128,5	66,4	179,1
Odběr P (kg.ha ⁻¹)	21,3	11,2	35,0
Odběr K (kg.ha ⁻¹)	48,9	15,6	121,1
Výnos zrna ⁴ (t.ha ⁻¹)	4,98	2,05	6,98
Výnos slámy ⁵ (t.ha ⁻¹)	5,53	2,55	6,97

For 1–5 see Tab. II

průkaznou regresní závislost ($r = 0,7658^{++}$), kdy $Y = 3,2341x + 5,339$. Z grafického znázornění je patrné, že v daném souboru je u vymezených hodnot menší rozptyl odběru fosforu při stejném výnosu (obr. 5).

Z uvedených rovnic lze odvodit průměrný nárůst odběru fosforu na výnos 1 t, který činí 5,01 až 4,00 kg P.ha⁻¹. S vyšší výnosů klesá tedy hodnota odběru fosforu na 1 t (tab. IV).

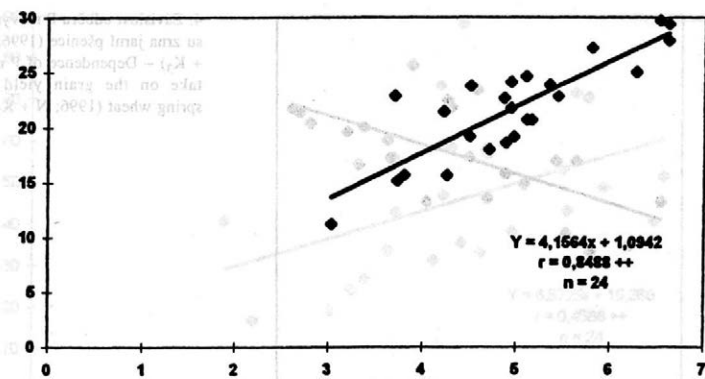
Poněkud jiné závěry poskytl hodnocení odběru draslíku na stejných variantách polních pokusů (COP) na šesti stejných stanovištích v roce 1995 a 1996.

Z obr. 6 a 7 je na první pohled zřejmý značný rozptyl hodnot závislosti odběru draslíku na výnosech zrna. I když pro počítání regresní závislosti v roce 1995 ($n = 24$) na variantách N_0 , N_{40} , N_{80} a N_{120} udává vysoce průkaznou hodnotu ($r = 0,8138^{++}$), v roce 1996 je tato hodnota již jenom průkazná a regresní koeficient

IV. Střední odběr P na 1 t zrna při různé výnosové hladině – Mean P offtake per 1 t of grain at various yield levels

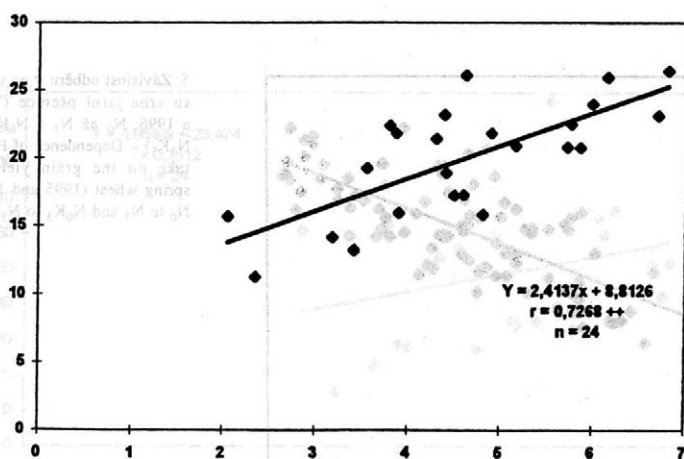
Výnos zrna ¹ (t.ha ⁻¹)	Odběr na 1 t výnosu ² (kg P)
3	5,01
4	4,57
5	4,30
6	4,12
7	4,00

¹grain yield, ²offtake per 1 t of yield

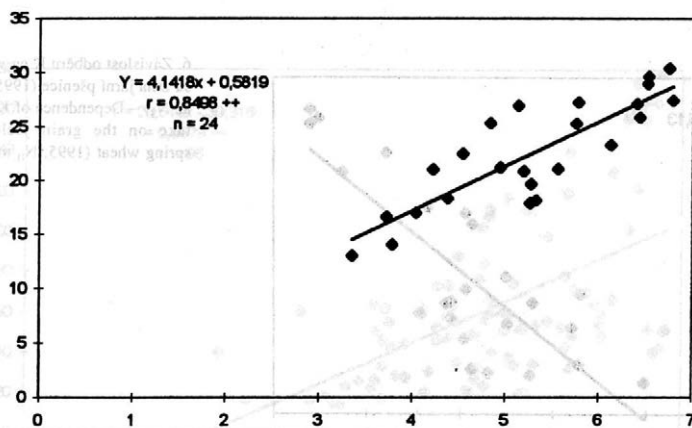


1. Závislost odběru P na výnosu zrna jarní pšenice (1995; N_0 až N_3) – Dependence of P off-take on the grain yield of spring wheat (1995; N_0 to N_3)

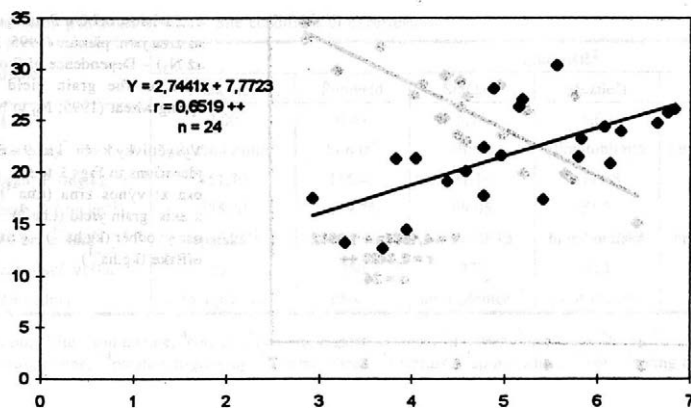
Vysvětlivky k obr. 1 až 9 – Explanations to Figs 1 to 9:
 osa x: výnos zrna (t.ha^{-1}) – x axis: grain yield (t.ha^{-1})
 osa y: odběr (kg.ha^{-1}) – y axis: off-take (kg.ha^{-1})



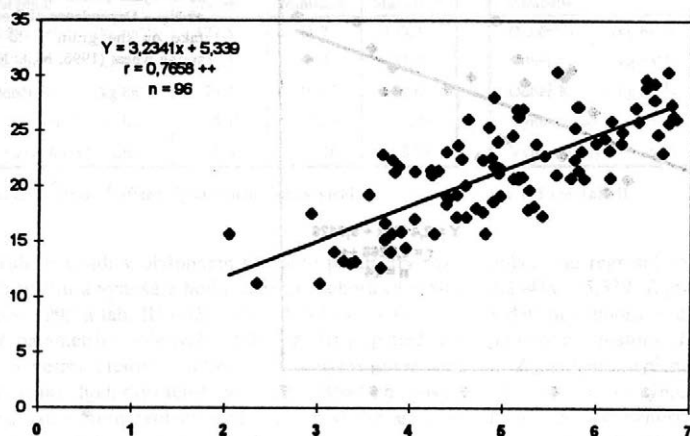
2. Závislost odběru P na výnosu zrna jarní pšenice (1996; N_0 až N_3) – Dependence of P off-take on the grain yield of spring wheat (1996; N_0 to N_3)



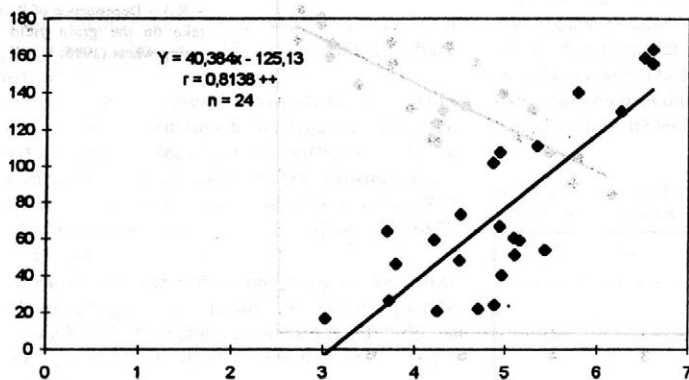
3. Závislost odběru P na výnosu zrna jarní pšenice (1995; $N + K_3$) – Dependence of P off-take on the grain yield of spring wheat (1995; $N + K_3$)



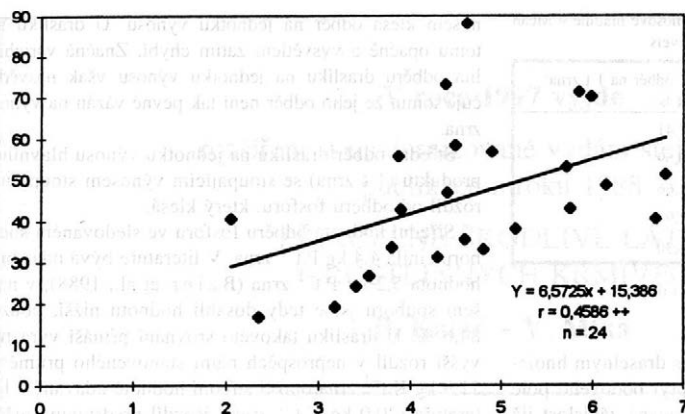
4. Závislost odběru P na výnosu zrna jarní pšenice (1996; N + K₃) – Dependence of P off-take on the grain yield of spring wheat (1996; N + K₃)



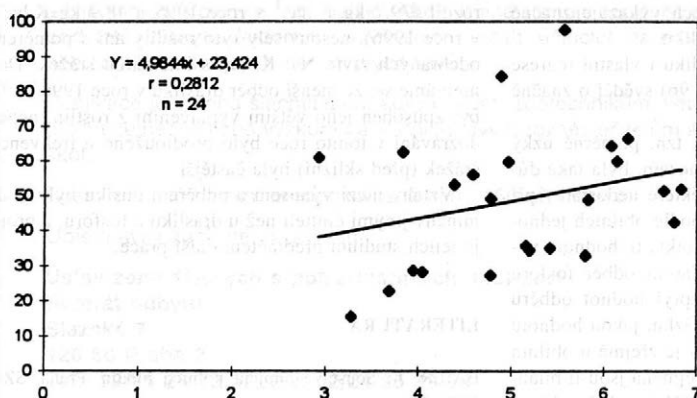
5. Závislost odběru P na výnosu zrna jarní pšenice (1995 a 1996; N₀ až N₃ a N₀K₃ až N₃K₃) – Dependence of P off-take on the grain yield of spring wheat (1995 and 1996; N₀ to N₃ and N₀K₃ to N₃K₃)



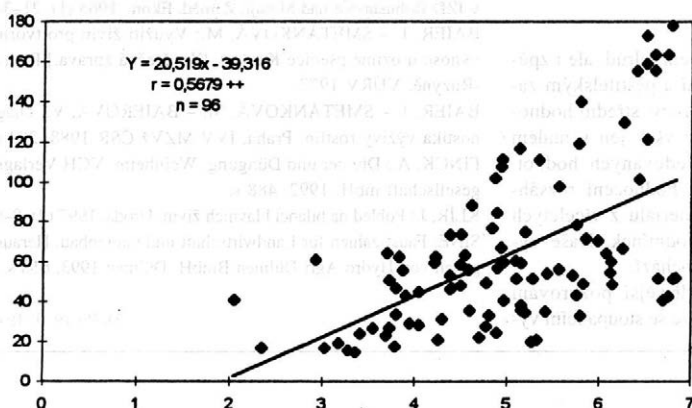
6. Závislost odběru K na výnosu zrna jarní pšenice (1995; N₀ až N₃) – Dependence of K off-take on the grain yield of spring wheat (1995; N₀ to N₃)



7. Závislost odběru K na výnosu zrna jarní pšenice (1996; N_0 až N_3) – Dependence of K off-take on the grain yield of spring wheat (1996; N_0 to N_3)



8. Závislost odběru K na výnosu zrna jarní pšenice (1996; N_0K_3 až N_3K_3) – Dependence of K off-take on the grain yield of spring wheat (1996; N_0K_3 to N_3K_3)



9. Závislost odběru K na výnosu zrna jarní pšenice (1995 a 1996; N_0 až N_3 a N_0K_3 až N_3K_3) – Dependence of K off-take on the grain yield of spring wheat (1995 and 1996; N_0 to N_3 and N_0K_3 to N_3K_3)

V. Střední odběr K na 1 t zrna při různé výnosové hladině – Mean K offtake per 1 t of grain at various yield levels

Výnos zrna ¹ (t.ha ⁻¹)	Vypočtený střední odběr na 1 t zrna ² (kg K)
3	7,41
4	10,69
5	12,66
6	13,97
7	14,90

¹ grain yield, ² calculated mean offtake per 1 t of grain

nízký ($r = 0,4586^+$). Na variantách s draselným hnojením (obr. 8) v roce 1996 není rozptýl bodového pole menší, ale naopak větší, takže sledovaná závislost již není průkazná ($r = 0,2812$).

Sumární obr. 9 ze šesti variant ze dvou let a šesti stanovišť sice matematicky vyjadřuje vysoce průkaznou závislost ($r = 0,5679^{++}$), bodové pole je však roztržitěné a zejména při vyšších výnosech vykazuje značně velký interval hodnot odběru draslíku.

Výpočet středních odběrů draslíku i vlastní regrese rovnic $Y = 20,519x - 39,316$ ($n = 96$) svědčí o značné volné závislosti (tab. V).

Vazba odběru na výnose zrna, tzn. poměrně úzký vztah mezi odběrem fosforu a výnosem, byla také důvodem pro náš návrh odstranit některé nedostatky při přepočtu výnosů různých plodin podle obilních jednotek a místo nich zavést tzv. P-jednotky, tj. hodnotu výnosu konvertovat přes tzv. standardní odběr fosforu (Baier et al., 1965). Silný rozptýl hodnot odběru draslíku naproti tomu nastoluje otázku, jakou hodnotu zvolit pro tzv. střední odběr (který je zřejmě u obilnin podmíněn výnosovou hladinou), zejména jsou-li bilance živin především na úrovni vyšších celků (oblast, stát) stále aktuálnější a nezbytnější pro programování výživy rostlin a hnojení.

DISKUSE

I když je pochopitelné, že vývojem odrůd, ale i způsobem sklizně, technikou pěstování a pestitelským zaměřením (kvalita, kvantita) se mění tzv. střední hodnoty odběru živin, tato skutečnost se však jen v malém měřítku projevuje ve změnách sledovaných hodnot. Důvodem je především náročnost hodnocení rozsáhlých souborů experimentálního materiálu z víceletých pokusů a různých stanovištních podmínek. Naše výsledky naznačují, že ke změnám dochází.

U fosforu se potvrdilo naše dřívější pozorování (Baier, Smetáňková, 1977), že se stoupajícím vý-

nosem klesá odběr na jednotku výnosu. U draslíku je tomu opačně a vysvětlení zatím chybí. Značná variabilita odběru draslíku na jednotku výnosu však nasvědčuje tomu, že jeho odběr není tak pevně vázán na výnos zrna.

Střední odběr draslíku na jednotku výnosu hlavního produktu (1 t zrna) se stoupajícím výnosem stoupá na rozdíl od odběru fosforu, který klesá.

Střední hodnota odběru fosforu ve sledovaném souboru činila 4,4 kg P.t⁻¹ zrna. V literatuře bývá udávána hodnota 5,2 kg P.t⁻¹ zrna (Baier et al., 1988), v našem souboru jsme tedy dosáhli hodnoty nižší, pouze 84,6 %. U draslíku takového srovnání přináší výrazně vyšší rozdíl v neprospěch námi stanoveného průměru 11,9 kg K.t⁻¹ zrna oproti střední hodnotě udávané v literatuře (20,0 kg K.t⁻¹ zrna). Rozdíl představuje nižší hodnotu o 40,5 %. Nižší odběry u fosforu jsou vysvětlitelné novějšími odrůdami a technologií sklizně. Pro draslík však takového vysvětlení nepostačuje.

Přestože byl v odběru draslíku mezi ročníky značný rozdíl (79,7 kg K.ha⁻¹ v roce 1995 a 48,9 kg K.ha⁻¹ v roce 1996), nespojily tyto rozdíly ani s poměrem odebraných živin N : K, ani s intenzitou srážek. Domníváme se, že menší odběr draslíku v roce 1996 mohl být způsoben jeho větším vyplavením z rostlin, neboť dozrávání v tomto roce bylo prodlouženo a frekvence srážek (před sklizní) byla častější.

Vztahy mezi výnosem a odběrem dusíku byly podminěny jinými činiteli než u draslíku a fosforu, a proto je jejich studium předmětem další práce.

LITERATURA

- BAIER, J.: Soustava hnojení polních plodin. Praha, SZN 1979. 296 s.
- BAIER, J. – BAIEROVÁ, V.: Abeceda výživy rostlin a hnojení. Praha, SZN 1985. 364 s.
- BAIER, J. – PETERKA, V. – BARTOŠOVÁ, Z.: Výrobně ekonomický efekt zvýšených dávek průmyslových hnojiv v JZD Bohuslavice nad Metují. Zeměd. Ekon., 1965 (1): 21–34.
- BAIER, J. – SMETÁNKOVÁ, M.: Využití živin pro tvorbu výnosu u ozimé pšenice Kavkaz. [Závěrečná zpráva.] Praha-Ruzyně, VÚRV 1977.
- BAIER, J. – SMETÁNKOVÁ, M. – BAIEROVÁ, V.: Diagnostika výživy rostlin. Praha, IVV MZVŽ ČSR 1988. 284 s.
- FINCK, A.: Dünger und Düngung. Weinheim, VCH Verlagsgesellschaft mbH. 1992. 488 s.
- KLÍR, J.: Pohled na bilanci hlavních živin. Úroda, 1997 (2): 8–9.
- SINE: Faust-zahlen für Landwirtschaft und Gartenbau. Herausgegeben von Hydro Agri Dülmen BmbH. Dülmen 1993. 618 s.

Došlo 19. 3. 1997

Kontaktní adresa:

Doc. Ing. Jan Baier, DrSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, 161 06 Praha 6-Ruzyně, Česká republika, tel.: 02/36 08 51, fax: 02/36 52 28

V roce 1997 vyjde

**rozšířené a modernizované vydání stejnojmenné
publikace z roku 1988**

PŘIROZENÉ ŠKODLIVÉ LÁTKY V ROSTLINNÝCH KRMIVECH

P. Kalač – V. Míka

Zdravotní stav a užitkovost hospodářských zvířat jsou nepříznivě ovlivňovány škodlivými látkami, které si rostliny vytvářejí pro svou ochranu jako tzv. přirozené pesticidy. Jedná se např. o glukosinoláty a další glykosidy, fytoestrogeny, alkaloidy, saponiny, toxické aminokyseliny a bílkoviny, třísloviny a řadu dalších látek. Kniha shrnuje soudobé poznatky o jejich chemické podstatě, výskytu, faktorech ovlivňujících obsah, účincích na hospodářská zvířata a o možnostech omezení jejich nepříznivých vlivů.

Publikace je určena šlechtitelům, agronomům, zootechnikům, veterinárním lékařům, pracovníkům zemědělského výzkumu a státní správy a rovněž učitelům a studentům zemědělských škol.

Rozsah asi 400 stran, předpokládaná cena 160 až 190 Kč.

Objednávky zasílejte na adresu:

Ústav zemědělských a potravinářských informací

Referát odbytu

Slezská 7

120 56 Praha 2

Tel.: 02/24 25 79 39, fax: 02/24 25 39 38

Ústav zemědělských a potravinářských informací

vydává

ZAHRADNICKÝ NAUČNÝ SLOVNÍK

Slovník je koncipován jako moderní odborná encyklopedie všech oborů zahradnictví, tj. ovocnářství, zelinářství, květinářství, sadovnictví, školkařství, vinařství, pěstování léčivých a aromatických rostlin, kultivovaných hub, zpracování ovoce a zeleniny. Obsahuje i termíny z oborů tropického a subtropického zahradnictví.

V jednotlivých přehledných a srozumitelných heslech jsou shrnuty současné poznatky nejen z oblasti zahradnictví, ale i z oblastí vědních oborů, které jsou zdrojem pokroku v zahradnictví.

Ve slovníku jsou vysvětleny nejzávažnější pojmy užívané v botanice, fyziologii, genetice a šlechtění, biotechnologii a ochraně rostlin. Tím se slovník stává potřebnou pomůckou každému, kdo pracuje s odbornou nebo vědeckou literaturou. S velkou zodpovědností jsou ve slovníku uvedeny platné vědecké i české názvy rostlin, jejich botanické členění i autoři názvů, což umožňuje napravit časté nepřesnosti uváděné v naší odborné literatuře.

Předpokládaný rozsah slovníku je 5 dílů formátu A4 (každý rok vyjde jeden díl). První díl má 440 stran textu včetně pérovek a černobílých fotografií a 32 barevných tabulí, druhý díl 544 stran a 40 barevných tabulí, třetí díl 560 stran a 40 barevných tabulí.

Cena prvního dílu je 295 Kč (bez poštovného), druhého 345 Kč, třetího 385 Kč. Čtvrtý díl se připravuje pro tisk.

Závazné objednávky zasílejte na adresu: Ústav zemědělských a potravinářských informací

Encyklopedická kancelář

Slezská 7

120 56 Praha 2

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

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

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

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

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

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

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

Literatura 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

Králová M., Růžek P., Krejčová J.: Denitrifikace v hnědé půdě – Denitrification in eutric cambisol	457
Vaněk V., Němeček R., Najmanová J.: Vliv stanoviště a způsobu hospodaření na obsah minerálního a mineralizovatelného dusíku v půdách – The effect of site and way of management on the content of mineral and mineralizable nitrogen in soils	463
Haberle J., Svoboda P., Krejčová J.: Obsah minerálního dusíku v půdním profilu a odběr dusíku ozimou pšenicí – Mineral nitrogen content in a soil profile and nitrogen accumulation in winter wheat crop	473
Pavlíková D., Tlustoš P., Száková J., Balík J.: Vliv aplikace humátu draselného na obsah kadmia, zinku a arzenu v rostlinách – The effect of application of potassium humate on the content of cadmium, zinc and arsenic in plants	481
Tlustoš P., Balík J., Pavlíková D., Száková J.: Příjem kadmia, zinku, arzenu a olova vybranými plodinami – The uptake of cadmium, zinc, arsenic and lead by chosen crops	487
Vincenc J., Adamec V., Belan F.: Obsah rizikových prvků v půdě, orgánech a extrahovaných šrotech ozimé řepky – The content of hazardous elements in soil, organs and oil meals of winter rape	495
Baier J.: Vztah mezi výnosem a odběrem fosforu a draslíku u jarní pšenice – Relation between yield and offtake of phosphorus and potassium by spring wheat	501
Z VĚDECKÉHO ŽIVOTA – FROM THE SPHERE OF SCIENCE	
Hofbauer J.: IV. Mezinárodní konference o safloru	480