

ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH INFORMACÍ

ROSTLINNÁ VÝROBA

Plant Production

ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD

1

VOLUME 41 (LXVIII)
PRAHA
LEDEN 1995
CS ISSN 0370-663X

ROSTLINNÁ VÝROBA

PLANT PRODUCTION

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

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

Redakční rada – Editorial Board

Předseda – Chairman

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

Členové – Members

Doc. ing. Pavol Bajči, CSc. (Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra, SR)

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

Doc. ing. Jozef Ciglar, CSc. (Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra, SR)

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

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

Ing. Norbert Gáborčík, CSc. (Výzkumný ústav travných porostů a horského poľnohospodárstva, Banská Bystrica, SR)

Ing. Alois Chalupa, CSc. (AGRITEC, výzkum, šlechtění a služby, Šumperk, ČR)

Ing. Bohdan Juráni, CSc. (Univerzita Komenského, Bratislava, SR)

Prof. dr. Günter Kahnt (Universität Hohenheim, Stuttgart, BRD)

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

Ing. Ladislav Lorenčík, DrSc. (Oblastný výzkumný ústav agroekológie, Michalovce, SR)

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

Ing. Timotej Miština, CSc. (Výzkumný ústav rastlinnej výroby, Piešťany, SR)

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

Ir. Cees van Ouwerkerk (Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren Gn, Nederland)

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

Prof. ing. Stanislav Procházka, DrSc. (Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, ČR)

Doc. ing. Vlastimil Rasocha, CSc. (Výzkumný ústav bramborářský, Havlíčkův Brod, ČR)

Doc. ing. Ladislav Slavík, DrSc. (Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, ČR)

Doc. ing. Miron Suškevič, DrSc. (Výzkumný ústav výživy zvířat, Odbor základní agrotechniky, Hrušovany u Brna, ČR)

Prof. ing. Václav Vaněk, CSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)

Ing. Marie Váňová, CSc. (Zemědělský výzkumný ústav, Kroměříž, ČR)

Prof. ing. Karel Voříšek, CSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)

Doc. ing. František Vrkoč, DrSc. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně, ČR)

Prof. dr. hab. Kazimiera Zawislak (Akademia Rolniczo-Techniczna, Olsztyn, Polska)

Vedoucí redaktorka – Editor-in-Chief

RNDr. Eva Stříbrná

Cíl a odborná náplň: Časopis publikuje původní vědecké práce, výsledky výkumu 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 41 vychází v roce 1995.

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

Informace o předplatném: Objednávky na předplatné jsou přijímány pouze na celý rok (leden–prosinec) a měly by být zasílány na adresu: Ústav zemědělských a potravinářských informací, vydavatelské oddělení, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Cena předplatného pro rok 1995 je 468 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 41 appearing in 1995.

Acceptance of manuscripts: Two copies of manuscript should be addressed to: RNDr. Eva Stříbrná, editor-in-chief, Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/25 25 41, fax: 02/25 70 90. 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 1995 is 118 USD (Europe), 123 USD (overseas).

VPLYV VYBRANÝCH PESTOVATEĽSKÝCH FAKTOROV NA ÚRODU JARNÉHO JAČMEŇA

THE EFFECT OF SOME INTENSIFICATION FACTORS ON THE SPRING BARLEY YIELD

D. Kulík

University of Agriculture, Nitra, Slovak Republic

ABSTRACT: The polyfactorial field experiments were carried out in 1986 to 1990 at the University of Agriculture, Research Base in Nitra. The Base is located in warm corn-growing region, with soddyalluvial, gley, heavy clay-loam soils. The phosphorus and potassium contents in the soil were at the good level, pH/KCl 5.29 to 6.7; humus content 2.23 to 3.50 %. The weather conditions were quite different during the years of experiment, the amount of rainfall vegetation period varied from 152.7 mm to 223.2 mm and amount of average daily temperatures from 1,794.8 to 1,914 °C. The aim of experiment was to evaluate some intensification factors (fertilization, forecrop, biological material) and simultaneously with it to keep them rational, particularly fertilization based on the balance of nutrients added and taken up, with respect to the yield. There were six combinations of fertilization, with and without respect to N_{an} in the soil. Four varieties were included in trials: Orbit, Bonus, Jaspis, Novum after two forecrops: winter wheat and silage corn. Planting rate was 4.5 mil. grains per hectare. The differentiation of weather conditions has occurred during ontogenesis in yield-forming components with respect to the resultant yield (Figs 1 to 4). The importance of forecrop has been reflected in experimental years, in our case, in favour of silage corn by $0.96 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ on five years' average. The forecrop intensification effect can be seen the best at zero fertilization plots (variant 1), with $1.25 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ in favour of silage corn. Presented data also show the great effect of experimental year. After the winter wheat, due to year a grain yield variability was minimum $0.86 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (1989 to 1990) and maximum $2.2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (1988 to 1989). After silage corn minimum 0.23 (1987 to 1990) and maximum $1.95 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (1986 to 1990). The yields in the fertilized plots (variants 2 to 6) were higher compared to zero fertilization plots by $1.22 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ after wheat and by $0.87 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ after silage corn. At the locations similar to that of the Research Base and under similar agro-ecological conditions, the dose of $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ nitrogen was shown to be sufficient, that means to use the monitoring of N_{an} in soil for rational fertilization respectively. The theoretical natural production (TNP) and real natural production (SNP) are objective criteria which enable to judge the work of agronomist and also enable to control the usage of fertilizers in order to protect environmental contamination. TNP and SNP were calculated after Špaldon (1988), Kulík (1993). TNP were balanced at 23.2 kg of grain which is related to the above-ground biomass uptake of 1 kg NPK nutrients. SNP represents the grain production with respect to 1 kg of NPK nutrients added through fertilization. Marginal values of SNP for tested barley varieties achieved 24.9 to 43.4 kg , what means that the yield amounted to by 7.3 to 87.1% more NPK nutrients than those added to the soil by fertilization and so environment was not contaminated.

spring barley; fertilization; year; forecrop; cultivar; balance of nutrients; production

ABSTRAKT: Polyfaktorovými pokusmi v rokoch 1986 až 1990 sme sledovali niektoré intenzifikačné činitele (hnojenie, predplodina, biologický materiál) a zároveň ich racionálnosť, najmä hnojenia na základe bilancie dodaných a odčerpaných živín v nadväznosti na úrodu. Na základe variačno-štatistického vyhodnotenia boli všetky sledované zásahy vysoko preukazné a poradie vplyvu štvorfaktorovou analýzou vyšlo nasledovne: hnojenie 40.0% , ročník 30.8% , predplodina 14.8% a odroda 14.4% . Hnojením sa zvýšili úrody po pšenici (varianty 2 až 6) o $1.22 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ a po kukurici o $0.87 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Teoretická a skutočná prírodná produkcia sa ukázali dobrými ukazovateľmi pre optimalizáciu hnojenia. Z obr. 1 až 4 vyplýva opodstatnenosť rešpektovania predplodín a odrôd v nadväznosti na agroekologické podmienky, čo vyplýva aj z variability vplyvu ročníkov.

jarný jačmeň; hnojenie; ročník; predplodina; odroda; bilancia živín; produkcia

ÚVOD

Pestovanie ktorejkoľvek plodiny, najmä hospodársky významnej, nie je aktuálne bez rešpektovania intenzifikačných činiteľov zabezpečujúcich primeranú úrodu a jej kvalitatívne ukazovatele. Zároveň je žiadú-

ce zohľadňovať ich primeranosť v nadväznosti na ekonomiku a prostredie.

Pri pestovaní jarného jačmeňa sú najčastejšími intenzifikačnými opatreniami používanie hnojív a pesticídov, resp. biologického materiálu v nadväznosti na predplodinu. Pri použití hnojív a chemických príprav-

kov dochádza k zaťaženiu pestovateľského prostredia, zvyšovaniu nákladov a značnému ovplyvneniu úrody a jej kvality.

Význam zaradenia jačmeňa v osevnom postupe zdôrazňujú Lekeš a kol. (1985), Kopecký (1981), Kulík, Illéš (1990), Kulík (1993) a ďalší. Prejavuje sa to na úrode a jej stabilite ako aj kvalite zrna. Zeniščeva (1981) zistila vysokú špecifitu odrodovej reakcie na dusík vo vzťahu ku koreňovému systému.

Výživa a hnojenie jarného jačmeňa patria medzi najdôležitejšie intenzifikačné a racionalizačné zásahy. Týmto otázkami sa zaoberá veľa autorov vo svete i doma. Zdôrazňuje sa najmä dusík ako veľmi mobilná živina, samozrejme v nadväznosti na iné živiny a agrotechnické opatrenia (Kandera, Kandera, 1983; Wicke, 1984; Fuchs, 1988; Bízík, 1989; Fecenko a kol., 1990; Kulík, Illéš, 1990).

Predpokladom dobrej úrody jarného jačmeňa je kvalitný biologický materiál – odroda s vysokými osivovými hodnotami. Biologická hodnota osiva závisí od pestovateľských podmienok, zberu a pozberovej úpravy (Lekeš a kol., 1985; Prugar, Hraška, 1989; Kulík, 1991).

Cieľom práce bolo zhodnotiť niektoré intenzifikačné opatrenia a zároveň sledovať ich racionálnosť, prípadne vplyv na prostredie na základe bilancie dodaných a odčerpaných živín v nadväznosti na úrodu jarného jačmeňa.

MATERIÁL A METÓDA

Polné polyfaktorové pokusy boli založené v rokoch 1986 až 1990. Intenzifikačné aspekty boli sledované cez hnojenie, predplodiny a odrody v súvislosti s pestovateľským ročníkom so zreteľom na racionálne hnojenie. Skúmali sme šesť variantov hnojenia s rešpektovaním konvenčného prístupu a tiež so zreteľom na N_{an} v pôde:

- 1 – nehnojená kontrola;
- 2 – 30 kg.ha⁻¹ N bez ohľadu na N_{an} v pôde;
- 3 – 60 kg.ha⁻¹ N bez ohľadu na N_{an} v pôde;
- 4 – 90 kg.ha⁻¹ N bez ohľadu na N_{an} v pôde;
- 5 – $N_{an} + N$ v priemyselných hnojivách na úrodu zrna 6 t.ha⁻¹;
- 6 – $N_{an} + N$ v priemyselných hnojivách na úrodu zrna 8 t.ha⁻¹.

Na variantoch 5 a 6 sa dohnojovalo dusíkom na požadované hodnoty na základe predpokladanej úrody 6 a 8 t.ha⁻¹ zrna s úvahou teoretickej potreby dusíka 25 kg.t⁻¹ úrody zrna. Dávka fosforu 37,7 kg.ha⁻¹ a draslíka 99,6 kg.ha⁻¹ bola jednotná na variantoch 2 až 6. Superfosfát a draselná soľ boli zapracované jednorazovo na jeseň orbou (180 až 220 mm). Dusík bol zapracovaný jednorazovo pred sejbou v sýrane amónnom. Výsevok činil 4,5 mil. klíčivých zrn.ha⁻¹.

Ako predplodiny boli použité ozimná pšenica a kukurica na siláž, ako biologický materiál odrody jarného

jačmeňa Bonus, Jaspis, Orbit, Novum. Osivo bolo každoročne zo ŠS Hrubčice a ŠS Sládkovičovo.

Pokus mal blokové usporiadanie. Výsledky boli vyhodnotené variačno-štatisticky úplnou analýzou variancie. Teoretická naturalna produkcia (TNP) a skutočná naturalna produkcia (SNP) boli počítané podľa spôsobu, ktorý publikovali Špaldon (1988) a Kulík (1993).

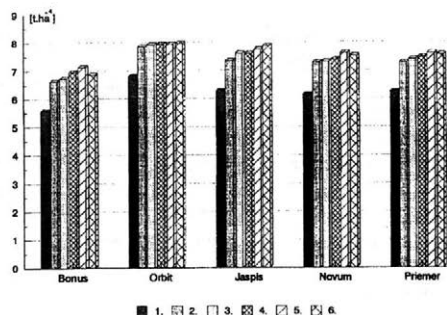
Pozemky experimentálnej bázy VŠP v Nitre sa nachádzali v kukuričnej výrobnnej oblasti na nívnych glejových pôdach, ťažkých, fľovitohlinitých, pH v KCl podľa rokov bolo v rozpätí 5,29 až 6,7, zásoba fosforu od 38,0 do 74,5 mg.kg⁻¹ pôdy, obsah humusu od 2,23 do 3,50 %.

Poveternostné podmienky boli v pokusných rokoch veľmi rozdielne, čo vyplýva zo skutočnosti, že zrážky za vegetačnú dobu jarného jačmeňa sa pohybovali od 152,7 mm do 223,2 mm a súčet priemerných denných teplôt od 1 794,8 do 1 914,0 °C. Zrážky a teploty boli pritom nerovnomerné v nadväznosti na kritické rastové fázy, čo sa premietlo v úrodnotvorných prvkoch a úrode ako celku.

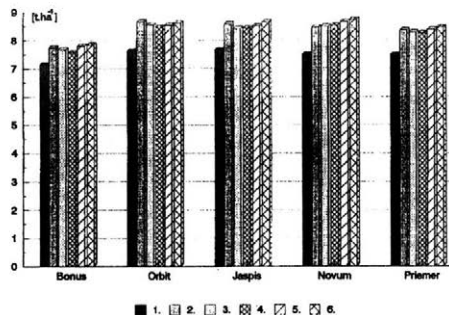
VÝSLEDKY A DISKUSIA

Rozdielnosť poveternostných podmienok pestovateľských ročníkov sa prejavila počas ontogenézy na formovaní úrodnotvorných prvkov, čo sa subsumovane premietlo vo vzájomnej podmienenosti v konečnej úrode (obr. 3 a 4). Čím bol nepriaznivejší rok pre pestovanie jarného jačmeňa, tým viac sa prejavil význam predplodiny, v tomto prípade v neprospech obilniny – ozimnej pšenice. V priemere skúmaných odrôd a rokov po ozimnej pšenice poskytoval hlavný klas 43,6 % úrody a produktívne odnože 56,4 %; po kukurici na siláž 42,6 %, resp. 57,4 %. Klasová pokrývnosť medzi odrodami bola dosť vyrovnaná s malou tendenciou zvyšovania vplyvom stupňujúcich dávok dusíka v nadväznosti na produktívne odnožovanie. Po ozimnej pšenici v celkovom priemere bolo 851 klasov.m⁻², po kukurici na siláž 922 klasov.m⁻².

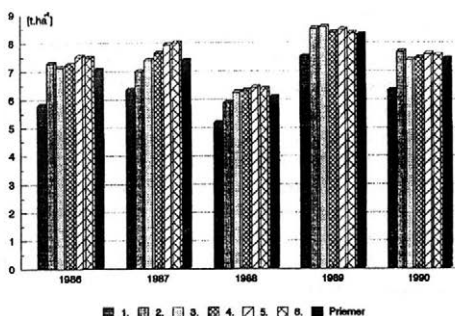
Z údajov na obr. 1 až 4 vyplýva, že kukurica na siláž bola lepšou predplodinou v porovnaní s ozimnou pšenicou a poskytla vyššiu úrodu o 0,96 t.ha⁻¹; lepšia bola aj v jednotlivých rokoch a rozdiely varírovali od 0,067 t.ha⁻¹ (1986) do 1,65 t.ha⁻¹ (1990). Predplodinu ako intenzifikačný činiteľ najlepšie ukazujú nehnojené varianty, keď v prospech kukurice na siláž bola vyššia úroda o 1,25 t.ha⁻¹. Zvyšovanými dávkami dusíka z 30 na 60 a 90 kg.ha⁻¹ (varianty 2, 3, 4) sa rozdiel v úrode po predplodinách znižoval (diferencia 1,09, 0,90 a 0,79 t.ha⁻¹ zrna), čo poukazuje na opodstatnenosť vyšších dávok dusíka po hustosiatej obilnine ako horšej predplodine. Na hnojených variantoch (2 až 6) sa dosiahla vyššia úroda po pšenici o 1,22 t.ha⁻¹ a po kukurici o 0,87 t.ha⁻¹ v porovnaní s nehnojeným variantom (1). Dosiahnuté rozdiely v úrodách jednoznačne potvrdzujú dôležitosť výberu predplodiny, ako intenzifi-



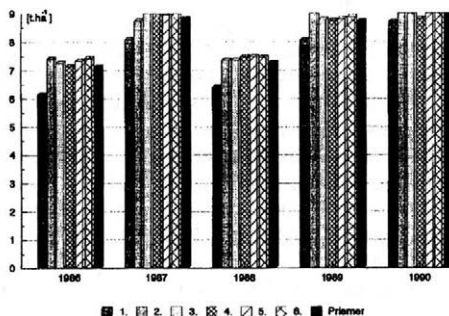
1. Úroda zrna jarného jačmeňa podľa odrôd a variantov hnojenia po predplodine ozimná pšenica (priemer za roky 1986 až 1990) – Spring barley grain yield according to the varieties and treatments of fertilization after winter wheat as a forecrop (average for the years 1986 to 1990)



2. Úroda zrna jarného jačmeňa podľa odrôd a variantov hnojenia po predplodine kukurica na siláž (priemer za roky 1986 až 1990) – Spring barley grain yield according to the varieties and treatments of fertilization after silage corn as a forecrop (average for the years 1986 to 1990)



3. Úroda zrna jarného jačmeňa podľa variantov hnojenia a sledovaných ročníkov po predplodine ozimná pšenica (priemer odrôd) – Spring barley grain yield according to the varieties and treatments of fertilization after winter wheat as a forecrop (average for varieties) priemer – average



4. Úroda zrna jarného jačmeňa podľa variantov hnojenia a sledovaných ročníkov po predplodine kukurica na siláž (priemer odrôd) – Spring barley grain yield according to the varieties and treatments of fertilization after silage corn as a forecrop (average for varieties)

kačného činiteľa, čo zhodne uvádzajú tiež K o p e c k ý (1981), L e k e š a kol. (1985), K u l í k (1993).

Významné rozdiely boli dosiahnuté vplyvom ročníka. Po pšenici činila variabilita úrody zrna maximálne 2,2 t.ha⁻¹ (1989 a 1988), minimálne 0,86 t.ha⁻¹ (1989 a 1990); po kukurici maximálne 1,95 t (1990 a 1986), minimálne 0,23 (1990 a 1987), čo poukazuje na väčšiu stabilitu úrod po kukurici. Preukázala sa rozdielnosť odrôd v reakcii na súbor činiteľov ročníka, ale aj na predplodinu a hnojenie (obr. 1 až 4). Poradie odrôd v celkovom priemere za sledované zásahy bolo nasledovné: Orbit (8,06 t.ha⁻¹), Jaspis (7,88 t.ha⁻¹), Novum

(7,79 t.ha⁻¹) a Bonus (7,13 t.ha⁻¹), rozdiel bol veľmi signifikantný (0,93 t.ha⁻¹ zrna), zvyrazňujúci potrebu rešpektovať odrodu ako intenzifikačný činiteľ. Po kukurici činil najväčší rozdiel medzi odrodami 0,78 t.ha⁻¹ a po pšenici 1,07 t.ha⁻¹.

Pomocou výpočtov štvorfaktorovou analýzou sme zistili podiel jednotlivých článkov intenzifikácie a ročníkov na prírastku úrody takto: odroda 14,4 %, predplodina 14,8 %, ročník 30,8 %, hnojenie 40,0 %.

Na základe chemických laboratórnych analýz bol stanovený obsah makroprvkov v nadzemnej biomase (slame a zrne), čo nám umožnilo vypočítať teoretickú

1. Vyhodnotenie úrody zrna (t.ha⁻¹) analýzou variancie – Evaluation of grain yields (t.ha⁻¹) by analysis of variance

Sledovaný činiteľ ¹	Stupne voľnosti ⁶	Priemer štvorcov ⁷	F-test	Pravdepodobnosť ⁸	Preukaznosť ⁹
Hnojenie ²	5	90,42920	299,9563	0,000000	++
Odrody ³	3	117,28702	389,0447	0,000000	++
Predplodiny ⁴	1	658,75000	2 185,0942	0,000000	++
Roky ⁵	4	368,43042	1 222,0952	0,000000	++

¹studied factor, ²fertilization, ³varieties, ⁴forecrops, ⁵years, ⁶degrees of freedom, ⁷mean of squares, ⁸probability, ⁹significance

Sledovaný činiteľ ¹	Preukaznosť ^{2,3}	
	0,05	0,01
Hnojenie ²	0,017	0,091
Odrody ³	0,050	0,070
Predplodiny ⁴	0,309	0,052
Roky ⁵	0,060	0,080

¹studied factor, ²fertilization, ³varieties, ⁴forecrops, ⁵years, ⁶significance

naturálnu produkciu (TNP), vyjadrujúcu hmotnosť zrna v kg, pripadajúcu na 1 kg živín NPK odčerpaných nadzemnou biomasou, a skutočnú naturálnu produkciu (SNP), ktorá predstavuje produkciu zrna v kg, pripadajúcu na 1 kg dodaných živín NPK hnojením.

TNP bola vcelku vyrovnaná v poveternostne odlišných rokoch a dosiahla priemernú hodnotu 23,2. Najviac bola ovplyvnená predplodinou (42,0 %) a hnojením (34,2 %), vplyv ročníka bol veľmi malý (3,2 %). Z uvedeného vyplýva, že túto hodnotu TNP môžeme považovať za objektívne kritérium pre agrotechnické hodnotenie. Úroveň agronomickej práce a využitie agroekologických podmienok môžeme zhodnotiť porovnaním TNP a SNP (Špaldon, 1981, 1985; Kulík, 1993).

SNP vysoko prekročila TNP v závislosti od intenzity hnojenia. Hodnota SNP je vyššia aj pri najvyšších hladinách dodaných živín (varianty 5 a 6). Pri sledovaní hraničných hodnôt SNP v rôznych variantoch hnojenia sa táto hodnota mení v rozpätí až 173,5 %, v závislosti od odrody v rozpätí 109,1 %, v závislosti od ročníka v rozpätí 115,6 %. Hraničné hodnoty pre sledované štyri odrody jačmeňa dosiahli 24,9 až 43,4 kg, čo predstavuje 107,3 až 187,1 % TNP, čiže úrodami sa odčerpalo o 7,3 až 87,1 % viac NPK, ako sme hnojením do pôdy dodali. Tieto údaje poukazujú na racionalnosť použitého hnojenia a zároveň na skutočnosť, že nedochádzalo k poškodzovaniu prostredia, nakoľko bolo úrodou odčerpané viac ako hnojivami dodané.

ZÁVER

Z výsledkov vyplýva, že variabilita úrody či jej stabilita je významne ovplyvňovaná sledovanými vplyvmi v nasledovnom poradí: hnojenie, ročník, predplodina, odroda. Predplodinu, odrodu a hnojenie je žiaduce rešpektovať ako významné intenzifikačné činitele vo výrobe jarného jačmeňa.

Kontaktná adresa:

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

Sledované činitele možno využívať tiež ako optimalizačné v nadväznosti na agroekologické podmienky. Pri hnojení treba vychádzať zo sledovania obsahu živín v pôde, najmä N_{an} . Pomocou teoretickej a skutočnej naturálnej produkcie zrna je možné sledovať hospodárnosť hnojenia a nezaťaženosť prostredia použitým hnojením. Na pokusnom stanovišti bola dávka dusíka $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ v podstate dostatočná a rovnocenná ako hnojenie na variantoch 5 a 6 so zreteľom na obsah N_{an} v pôde.

LITERATÚRA

- BÍZIK, J.: Podmienky optimalizácie výživy rastlín dusíkom. Poľnohosp. Veda, Sér. A, Poľnohospodárstvo, Bratislava, Veda 1989. 189 s.
- FECENKO, J. – BÍZIK, J. – LOŽEK, O. – KOVÁČIK, P.: Optimalizácia minerálnej výživy jarného jačmeňa na podklade využitia progresívnych informácií. [Záverečná správa.] Nitra, AF-VŠP 1990.
- FUCHS, W.: Význam anorganického dusíka v pôde pre úrodu a kvalitu sladovníckeho jačmeňa. In: Zbor. Ref. Agrobiologické aspekty racionalizácie rastlinnej výroby, Nitra, 1985.
- KANDERA, J. – KANDERA, M.: Účinok intenzity hnojenia dusíkom na úrodu a kvalitu jarného jačmeňa. Poľnohospodárstvo, 29, 1983 (8): 645–654.
- KOPECKÝ, K.: Reakce nových odrůd jarního ječmene na některé intenzifikační faktory v bramborářském výrobním typu. Rostl. Vyr., 27, 1981 (3): 225–238.
- KULÍK, D.: Vplyv odrôd, predplodín a hnojenia na vlastnosti osiva jarného jačmeňa. Rostl. Vyr., 37, 1991 (3): 203–210.
- KULÍK, D.: Hnojenie jarného jačmeňa so zreteľom na N_{an} v pôde, jeho vplyv na úrodu a hodnoty zberového indexu N, P, K. Acta fytotechn. (Nitra), 48, 1993: 77–86.
- KULÍK, D. – ILLÉŠ, L.: Štúdium tvorby úrody jarného jačmeňa za podmienok intenzívneho hnojenia. [Záverečná správa.] Nitra, AF-VŠP 1990.
- LEKEŠ, J. a kol.: Ječmen. Praha, SZN 1985.
- PRUGAR, J. – HRAŠKA, Š.: Kvalita jačmeňa. Bratislava, Príroda 1989.
- ŠPALDON, E.: Niektoré výsledky výskumu obilnín využitelné v období ďalšej intenzifikácie obilninárstva v ČSSR. Nitra, IVV MPVŽ SSR 1981.
- ŠPALDON, E.: Niektoré prvky agrobiologickej racionalizácie rastlinnej výroby – model ozimná pšenica. In: Zbor. Ref. Agrobiologické aspekty racionalizácie rastlinnej výroby, Nitra, 1985: 9–27.
- ŠPALDON, E.: Racionalizácia intenzity hnojenia ozimnej pšenice. Rostl. Vyr., 31, 1985 (5): 469–478.
- WICKE, H. J.: Zkušebnosti a pěstování sladovníckého ječmene v NDR. In: Sbor. ČSAZ Intenzifikace výroby a zvyšování jakosti jarního ječmene, Praha, 1984.
- ZENIŠČEVA, L.: Odrůdové specifická reakce jarního ječmene na vysoké dávky dusíku, fosforu a draslíku při diferencovaném vodním režimu půdy. Rostl. Vyr., 27, 1981 (7): 683–692.

Došlo 17. 3. 1994

ÚRODA TRITIKALE V ZÁVISLOSTI OD SPÔSOBU SEJBY A HNOJENIA

THE TRITICALE YIELD IN DEPENDENCE ON THE SOWING METHOD AND FERTILIZATION

Z. Gromová, I. Dančák

University of Agriculture, Nitra, Slovak Republic

ABSTRACT: The task of this work was to study the influence of environment and anthropogenic elements on predication and reduction of triticale yield elements with regard to the variety specification and environmental protection in interaction to the rate and quality of production. Field polyfactorial trials were established in the years 1990 to 1993 on plots of VEB-AF-VŠP in Nitra located in Dolná Malanta in climatically mild dry area. The variety used was the Dagro and newly-breed varieties KS-12 and UH-127, seed rate 6 mil. germinating seeds per square hectare, three seeding methods and three fertilization ways. The highest structure of determined yield elements, the highest number and weight before harvest, the whole number of main culm spikes and productive shoots, productive spikelets, spike grains number, spike grains weight, 1,000-grain weight (in grams) and that is why the highest yields (in tons per hectare) were achieved by newly-breed varieties of triticale in interaction to the sowing method (drill coulter point) by application of organic fertilizers – the effectiveness coefficient was by 1.20 to 2.30 (455 to 900 Sk). Within the framework of the plant material used the most flexible in our conditions was the newly-breed variety UH-127 with the highest grain yield (7 tons per hectare) in the first and other methodologically modified years. KS-12 did not react to the arid conditions of the year 1993 by higher yield (+0,6 tons per hectare) in comparison to the UH-127. Yield elements are reduced by the sowing rate and they achieved with 6 mil. germinating grains per hectare 61 to 66 %, with 4 mil. germinating grains per hectare 50 to 58 % plant reduction. By the influence of the weather (arid year 1993) plants were reduced from sowing date to the harvest from 65 to 70 % and 56 to 61 % of them are reduced from the germination period to the harvest. From the point of view of cultural practices used the participation of variety 11.98 %, fertilization 50.12 % and that of sowing method 37.90 % on the yield was important. By testing potential and actual spike productivity the best results were achieved by both newly-breed varieties on the level of combination of fertilizers (manure and fertilizer). Results have confirmed that it is possible to eliminate differences in the yield of grains in cultivars by good production system.

triticale; cultural practices; fertilization; cultivar; seeding method; grain yield

ABSTRAKT: V rokoch 1990 až 1993 boli na Katedre rastlinnej výroby pri VŠP v Nitre porovnávané údaje prispôsobivosti tritikale pestovateľskému prostrediu tvorbou prvkov úrody a ich redukciami v závislosti na hnojení a spôsobe sejby. Výsledky ukázali, že výber biologického materiálu je dôležitý faktor podieľajúci sa na úrode a je potrebné ho rešpektovať. Ochrana životného prostredia a dopestovaného produktu bola zohľadnená racionálnym hnojením na základe zásoby NPK v pôde. Sledovaním sejby radličkovými, pásovými a kotúčovými výsevnými pátkami boli zistené optimálne úrody pri sejbách radličkovej. Prvky aplikovanej agrotechniky sa na výške úrody zrna v priemere troch rokov podieľali: odroda 12 %, hnojenie 50 % a spôsob sejby 38 %. Výsledky potvrdili, že dobrou pestovateľskou sústavou je možné znížiť odrodové rozdiely v úrode zrna.

triticale; agrotechnika; hnojenie; odroda; spôsob sejby; úroda zrna

ÚVOD

Ekologizácia poľnohospodárskej výroby a jej optimalizácia vyžaduje racionalizačný prístup v celom komplexe výrobných technológií. Hodnotenie doterajšieho vývoja a pokroku v rastlinnej výrobe nás privádza jednoznačne k poznaniu, že najväčší podiel na úspešnosti dopestovania zdravého nezávadného produktu pri maximálnom zohľadnení kvality pôdy pripadá na človeka ako pestovateľa.

Tritikale je prispôsobivé pestovateľským podmienkam (Petr, 1989), je teda ekologicky výhodné, s lepším zdravotným stavom, pričom úrodou nezaostáva za pšenicou či ražou.

Prvkami agrotechniky, ich vplyvom na tvorbu prvkov úrodnosti a produktivity klasu sa zaoberá celý rad autorov (Petr, 1988; Dančák, 1992; Gromová, 1992; Petr a kol., 1992; Gromová a kol., 1993 a ďalší) s orientáciou zvlášť na syntézu vzájomných pôsobení s pestovateľskými podmienkami pri procese tvorby úrody.

MATERIÁL A METÓDA

Cieľom práce bolo študovať vplyv prostredia a antropogénnych činiteľov na tvorbu a redukciu úrodotoorných prvkov tritikale vo vzťahu k výške produkcie, s prihliadnutím na odrodovú špecifickosť a zohľadnení ochrany životného prostredia.

Poľný polyfaktoriálny pokus bol založený Katedrou rastlinnej výroby v rokoch 1990 až 1993 na pozemkoch experimentálnej bázy Agronomickej fakulty VŠP v Nitre. Pozemky sa nachádzajú v klimaticky teplej, mierne suchej oblasti (tab. I), na hnedozemi stredne

ťažkej, so slabou kyslou pôdnou reakciou, s dobrou zásobou fosforu a draslíka (tab. II). Predplodinou vo všetkých ročníkoch bol hrach na zrnno. Pracovali sme s nšf. KS-12, ktorý je šľachtený pre teplejšie a suchšie oblasti južného Slovenska (Kráľová pri Senci) a s nšf. UH-127, ktorý pochádza zo šľachtiteľskej stanice Uhřetice a je určený pre miernejšie poveternostné podmienky. Z odrôd bola použitá poľská odroda Dagro, stredne odnoživá, stredne neskorá až neskorá, vyšľachtená v Choryni. Skúšali sme varianty výsevu 4 a 6 mil. klíčivých zrn.ha⁻¹ a sebu s tromi druhmi výsevných pátiiek: 1 – radličková, 2 – pásová a 3 – kotúčová.

I. Poveternostná charakteristika pokusného obdobia – Weather characteristics of experimental period (Špánik et al., 1990–1993)

Normál ¹ 1951–1980	1990–1991		1991–1992		1992–1993	
	teplota ² (°C)	charakteristika ⁴	teplota (°C)	charakteristika	teplota (°C)	charakteristika
X. 10,1	11,1	normálny ⁵	9,0	normálny	9,0	normálny
XI. 4,9	5,6	normálny	5,2	normálny	4,3	normálny
XII. 0,5	-0,2	normálny	-1,9	studený	-0,4	normálny
I. -1,7	-0,4	normálny	0,1	teplý	-1,2	normálny
II. 0,5	-2,5	studený ⁶	2,9	teplý	-3,0	veľmi studený ⁹
III. 4,7	7,2	teplý ⁷	5,0	normálny	3,5	normálny
IV. 10,1	8,9	studený	10,9	normálny	10,8	normálny
V. 14,8	12,4	studený	16,2	teplý	18,2	normálny
VI. 18,3	17,9	normálny	19,5	teplý	18,5	normálny
VII. 19,7	22,2	teplý	21,2	teplý	19,0	normálny
VIII. 19,2	20,3	teplý	24,5	mimoriadne teplý ⁸	20,0	normálny
IX. 15,4	17,0	normálny	15,8	normálny	15,2	normálny
Rok ¹⁵ 9,7	10,0	normálny	10,7	normálny	9,5	normálny
Normál 1951–1980	zrážky ³ (mm)	charakteristika	zrážky (mm)	charakteristika	zrážky (mm)	charakteristika
X. 41	64,4	veľmi vlhký ¹⁰	15,0	veľmi suchý	60,0	vlhký
XI. 54	63,3	normálny	110,9	mimoriadne vlhký ¹⁴	29,2	suchý
XII. 43	51,0	normálny	49,8	normálny	82,2	veľmi vlhký
I. 31	1,4	mimoriadne suchý ¹¹	11,1	veľmi suchý	25,0	normálny
II. 32	13,3	veľmi suchý ¹²	9,9	veľmi suchý	13,8	veľmi suchý
III. 33	19,8	suchý ¹³	49,2	vlhký	11,0	veľmi suchý
IV. 43	34,9	normálny	31,6	suchý	17,8	veľmi suchý
V. 55	48,7	normálny	19,9	veľmi suchý	19,4	veľmi suchý
VI. 70	38,7	suchý	43,9	suchý	72,9	normálny
VII. 64	59,8	normálny	60,5	normálny	75,8	normálny
VIII. 58	13,3	mimoriadne suchý	1,4	mimoriadne suchý	44,4	normálny
IX. 37	30,4	normálny	40,0	normálny	34,5	normálny
Rok 561	439,0	mimoriadne suchý	443,2	mimoriadne suchý	486,1	mimoriadne suchý

¹normal, ²temperature, ³precipitation, ⁴characteristics, ⁵normal, ⁶cold, ⁷warm, ⁸extra hot, ⁹very cold, ¹⁰very moist, ¹¹extra dry, ¹²very dry, ¹³dry, ¹⁴extra moist, ¹⁵year

II. Agrochemický rozbor pôdy (mg.kg⁻¹) – Agrochemical analysis of soil (mg.kg⁻¹)

Roky ¹	N _{celk} ²	P	K	Zn	Fe	Mn	Mg	Na	Humus ³ (%)	Ca	CO ₂	pH/KCl	pH/H ₂ O
1990–1991	1 010	77	242	8,5	200	175	226	74	2,18	1,26	0,35	5,85	6,60
1991–1992	1 335	118	252	10,0	1 075	250	240	56,3	3,16	–	0,070	5,10	5,60
1992–1993	1 124	119	295	17,0	400	145	164	136	2,62	–	0,125	6,45	6,70

¹years, ²N_{tot}, ³humus

Hnojenie sa realizovalo ako racionalizované: variant a – nehnojený, kontrolný; variant b – hnojený na stanovenú úrodu (8 t.ha^{-1}); použili sme znížené dávky živín o podiel zistenej zásoby prístupných NPK v ornici (Špaldon a kol., 1988); polovicu potrebných živín sme doplnili organickými a polovicu minerálnymi hnojivami; variant c – sa prihnojoval minerálnymi hnojivami na základe metódy diagnostikácie (Michalík, Ložek, 1985).

Účinnosť intenzity hnojenia na tvorbu úrody sme posudzovali podľa koeficientu ekonomickej efektívnosti: $\text{KEE} = \text{rozdiel v úrode (Sk)} : \text{prírastok nákladov na hnojivá (Sk)}$. Získané výsledky boli spracované matematicko-statisticky v syntéze s poveternostnými podmienkami (Špánik a kol., 1990–1993).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Z výsledkov trojročných poľných pokusov robených v rovnakých pôdnoklimatických podmienkach a pri analogickej agrotechnike jednoznačne vyplýva, že pre zaistenie úrody pripadá rozhodujúca úloha na faktory zabezpečujúce dobré podmienky pre optimálnu tvorbu prvkov úrodnosti a úrody.

Diferencovaný spôsob sejby (radličková, pásová, kotúčová), počet jedincov a úroveň hnojenia v nadväznosti na odrody a agroekologické podmienky jednotlivých ročníkov (1990 až 1993) sa výrazne prejavili na tvorbe prvkov úrodnosti a úrody.

Je evidentné, že počet rastlín a analogicky vyjadrená poľná vzhádzavosť, resp. redukcia rastlín počas vegetácie sú ovplyvňované najmä poveternostnými podmienkami v jednotlivých rokoch, výsevom, menej výživou a spôsobom sejby, čím sa stotožňujeme s výsledkami niektorých autorov (Petr a kol., 1989; Dančák, 1992; Gromová, 1992; Gromová a kol., 1994).

Na podmienky poveternostne rovnakého roka (tab. I) reagovali najväčším výpadom rastlín novošachtence a odroda v poradí KS-12 (58 %), Dagro (55 %) a UH (50 %) pri výsevu 4 mil. klíčivých zrn. ha^{-1} . Zvýšením výsevu o jednu tretinu sa zvýšila redukcia rastlín o 6,6 % pri Dagro, o 8,5 % pri KS-12 a o 13 % pri UH-127 (tab. III), čím potvrdzujeme stanovisko, ktoré uvádza Petr (1988), že zvýšením výsevu dochádza k zvýšenej až veľkej redukcii počtu rastlín, pričom úroda zrna odrody Dagro a nšf. UH-127 sa nemení (7 t.ha^{-1}). Menší rozdiel v úrode pri KS-12 ($0,25 \text{ t.ha}^{-1}$) v prospech vyššieho výsevu je spôsobený vyšším počtom klasov na jednotku plochy, čo je aj tak neúmerne zvýšenie k výsevu.

Celková redukcia rastlín od výsevu tritikale sa v priebehu troch rokov pri 6 mil. klíčivých zrn. ha^{-1} pohybovala od 61,8 % pri Dagro, cez 63,2 % pri UH-127, do 66,5 % pri KS-12. Dosiahol sa tým optimálny stav porastu nad 200 jedincov na 1 m^2 . Pri výsevu 4 mil. klíčivých zrn. ha^{-1} bola celková redukcia rastlín nižšia. Pohybovala sa od 50,2 % pri UH-127, cez 55,2 % pri Dagro, do 58,0 % pri KS-12 (tab. III). Redukciou rastlín, hoci nižšou v porovnaní so 6 mil. klíčivých zrn. ha^{-1} , vznikol riedky porast v priemere do 200 rastlín na 1 m^2 .

Veľmi nepriaznivý, výrazne suchý rok 1993 spôsobil pri KS-12 až 61,2% redukciu rastlín od vzídenia po zber (tab. IV). Novošachtence UH-127 redukoval rastliny o 56,2 %. Znížená úroda UH-127 bola zapríčinená tiež veľkou redukciou úrodových prvkov v klase od IX. do XII. etapy organogenézy, kedy reálna redukcia bola až 63,5 %, zatiaľ čo KS-12 redukovala kvietky a zrná o 61,1 % (tab. V).

Úroda zrna tritikale UH-127 v rokoch 1991 a 1992 bola vyrovnaná a dosahovala v priemere 7 t.ha^{-1} . Veľmi suchý rok 1993 (tab. IV) zapríčinil celkové zníženie úrody KS-12 o 2 t.ha^{-1} . Tritikale UH-127 reagovalo horšie na pestovateľské podmienky roka 1993. V po-

III. Redukcia rastlín počas vegetácie pri výsevu 4 a 6 mil. klíčivých zrn. ha^{-1} (1991) – Reduction of plants during growing season at a sowing rate of 4 and 6 mil. of germinating seeds. ha^{-1} (1991)

Odroda ¹	Výsevok ² (mil.ha ⁻¹)	Počet vzídených ⁴ rastlín (ks)	Redukcia ⁴ (%)	Poľná vzhádzavosť ⁵ (%)	Počet rastlín na jar (ks)	Redukcia vymizovaním ⁷ (%)	Počet rastlín pred zberom ⁸ (ks)	Redukcia rastlín od ⁹		Úroda zrna ¹² (t.ha ⁻¹)	HTZ ¹³
								výsevu ¹⁰	vzídenia ¹¹		
Dagro	4	351	12,25	87,75	331	-5,7	179	55,25	49,0	7,44	35,40
	6	548	8,7	91,39	477	-12,9	229	61,8	58,2	7,40	36,68
	$\bar{x}$	449				-9,3		58,5	53,6	7,42	36,04
KS-12	4	361	9,75	90,25	315	-12,8	168	58,0	53,5	6,82	34,50
	6	501	16,5	83,56	387	-22,8	201	66,5	59,9	7,07	33,45
	$\bar{x}$	431				-17,8		62,25	56,7	6,94	33,97
UH-127	4	346	13,5	86,5	341	-1,4	199	50,2	42,5	7,68	34,23
	6	436	27,3	72,7	432	-1,0	221	63,2	49,3	7,58	34,29
	$\bar{x}$	391				-1,2		56,7	45,9	7,63	34,26

¹variety, ²sowing rate, ³number of emerged plants, ⁴reduction, ⁵field emergence rate, ⁶number of plants in spring, ⁷reduction by winter killing, ⁸number of plants before harvest, ⁹reduction of plants from, ¹⁰sowing, ¹¹emergence, ¹²grain yield, ¹³TKW, ¹⁴number of pieces

IV. Redukcia rastlín počas vegetácie v rokoch 1991 až 1993 v nadväznosti na odrodu a výševok 6 mil. klíčivých zrn.ha⁻¹ – Reduction of plants during growing season in the years 1991 to 1993 further to varieties and 6 mil. of germinating seeds.ha⁻¹

Odroda ¹	Rok ²	Počet vzrástných rastlín ⁴ (ks)	Redukcia ⁴ (%)	Poľná vzrástnosť ⁵ (%)	Počet rastlín na jar ⁶ (ks)	Redukcia vzrástnutím ⁷ (%)	Počet rastlín pred zberom ⁸ (ks)	Redukcia rastlín od ⁹		Úroda zrna ¹² (t.ha)	HTZ ¹³
								výsevu ¹⁰	vzrástania ¹¹		
Dagro	1991	548	8,7	91,4	477	-12,96	229	62,0	-58	7,39	36,68
KS-12	1991	501	16,5	83,6	387	-22,7	201	66,5	59,9	7,07	33,45
	1992	578	3,7	96,3	568	-1,7	261	57,5	54,8	7,12	38,60
	1993	457	23,8	76,2	408	-10,7	177	70,5	61,3	5,13	36,00
	$\bar{x}$	512				11,7		64,8	58,7	6,44	36,02
UH-127	1991	436	27,3	72,7	432	-0,9	221	63,2	49,3	7,58	34,29
	1992	522	13,1	86,9	343	-34,3	214	64,3	59,0	7,45	40,10
	1993	477	20,5	79,5	237	-50,3	209	65,2	56,2	4,53	35,60
	$\bar{x}$	478				28,5		64,2	54,8	6,52	36,66

For 1, 3-14 see Tab. III, 2nd year

V. Produktivnosť v hlavných klasoch tritikale od IX. do XII. etapy organogenézy – Productivity in main spikes of tritikale from XIth to the XIIth stage of organogenesis

	Odroda ¹	Rok ²	Potenciálna produktívnosť IX. etapy organogenézy (kvietky) (ks ³)	Reálna produkcia XII. etapy organogenézy (zrna) (ks)	Realizácia ⁵ (%)	Redukcia od IX. do XII. etapy organogenézy ⁶ (ks)	Redukcia ⁷ (%)
Porovná- vanie odrod a rokov ⁹	Dagro	1991	140,3	62,4	44,5	77,9	55,5
		1992	106,1	62,7	59,1	43,5	41,0
	KS-12	1992	84,8	44,7	52,7	40,1	47,3
		1993	102,9	62,9	61,1	40,0	38,9
		$\bar{x}$	97,9	56,8	58,0	41,2	42,1
		UH-127	1991	110,4	58,0	52,5	52,3
	1992		88,9	51,9	58,4	37,0	41,6
	1993		84,4	53,6	63,5	30,8	36,6
	$\bar{x}$		94,6	54,5	57,6	40,0	42,3
	Vplyv hnojenia ¹⁰ a rokov	a	1991	112,6	60,7	53,9	51,9
1992			78,85	42,15	53,5	36,7	46,5
1993			90,9	57,0	62,7	33,9	37,3
$\bar{x}$			94,1	53,6	56,7	40,8	43,3
b		1991	119,9	60,5	50,5	60,8	50,7
		1992	91,4	53,45	58,5	38,0	41,6
		1993	92,8	59,6	64,2	34,5	37,2
		$\bar{x}$	101,4	57,8	57,7	44,4	43,2
c		1991	125,2	64,1	51,2	61,1	48,8
		1992	90,25	49,3	54,6	40,95	45,4
		1993	97,3	58,15	59,8	39,15	40,2
		$\bar{x}$	104,25	57,2	55,2	47,1	44,8

¹variety, ²year, ³potential productivity of XIth stage of organogenesis (florets), ⁴actual production of XIIth stage of organogenesis (grains), ⁵materialization, ⁶reduction from XIth to XIIth stage of organogenesis, ⁷reduction, ⁸number of pieces, ⁹comparison of varieties and years, ¹⁰effect of fertilization and years

rovnán s KS-12 šľachteným pre suché podmienky južného Slovenska bola úroda zrna nižšia o 1 t.ha⁻¹.

Údaje získané z rôzneho spôsobu sejby oboch novošľachtencov svedčia v prospech sejby radličkovej (tab. VI). Aj v suchom roku 1993 sa získala vyššia úroda o 7,6 % (SK-12) v porovnaní s pásovou sejbou

a o 11,7 % v porovnaní so sejbou s použitím kotúčových výševných páteľ. NŠ. UH-127 reagoval rovnako. Veľmi výrazný, až 22% rozdiel bol v roku 1993 medzi radličkovou a kotúčovou sejbou v prospech sejby radličkovej.

Vplyv hnojenia sa celkovo výraznejšie prejavil v roku 1992 (tab. VII). KS-12 reagoval zvýšením úrody

Odroda ¹	Rok ²	Spôsob sejby (výsevné pätky) ³												$\bar{x}$	
		1 – radličková ⁴				2 – pásová ⁵				3 – kotúčová ⁶					
		t.ha ⁻¹	%	%	%	t.ha ⁻¹	%	%	%	t.ha ⁻¹	%	%	%	t.ha ⁻¹	%
Dagro	1991	7,39													
KS-12	1991	7,07	100	100	100										
	1992	7,17	101,4	100	100	7,31	100	100	101,9	6,86	100	100	95,27	7,11	100
	1993	5,13	72,6	100	100	4,74	64,8	100	92,4	4,53	66,0	100	88,3	4,80	67,5
	$\bar{x}$	6,46		100	100	6,02	93,2	100		5,69	88,1	100		5,95	92,0
UH-127	1991	7,58	100	107,2	100										
	1992	7,85	103,6	109,5	100	7,29	100	99,7	92,9	7,21	100	105,1	91,8	7,45	100
	1993	4,53	59,8	88,3	100	4,11	56,4	86,7	90,7	3,53	48,9	77,5	77,9	4,06	54,5
	$\bar{x}$	6,65		102,9	100	5,70		94,7	85,7	5,37		94,4	80,7	5,75	96,6

¹variety, ²year, ³sowing procedure (seeding heels), ⁴coulter, ⁵row, ⁶disk

Odroda ¹	Rok ²	a				b				c				$\bar{x}$			
		$t \cdot ha^{-1}$	%	%	%	$t \cdot ha^{-1}$	%	%	%	$t \cdot ha^{-1}$	%	%	%	$t \cdot ha^{-1}$	%	%	%
Dagro	1991	7,18		109,5		7,19		106,8		7,18		98,8		7,18			98,8
KS-12	1991	6,56	100	100	100	6,73	100	100	102	7,27	100	100	110,8	6,85	100	100	104,4
	1992	6,46	98,5	100	100	7,40	109,9	100	114,5	7,48	102,9	100	115,8	7,11	103,8	100	110,1
	1993	4,68	71,3	100	100	4,85	72,1	100	103,6	4,88	67,1	100	104,3	4,80	70,1	100	102,6
	$\bar{x}$	5,90	100			6,30	106,8			6,54	110,8			6,25	105,9		
UH-127	1991	7,52	100	114,6	100	7,75	100	115,2	103,1	7,41	100	101,9	98,5	7,56	100	110,4	100,5
	1992	6,91	91,9	106,9	100	7,90	101,9	106,8	114,3	7,54	101,7	100,8	109,1	7,45	98,5	104,8	107,8
	1993	3,67	48,8	78,5	100	4,39	56,6	90,5	119,6	4,11	55,5	84,2	111,9	4,06	53,7	84,6	110,6
	$\bar{x}$	6,04	100			6,68	110,6			6,35	105,1			6,36	105,3		
$\bar{x}$ odrôd		6,37				6,72				6,69				6,60			

a – kontrolný variant – control treatment

b – hnojený na stanovenú úrodu (50 % organické hnojenie + 50 % NPK) – fertilized to the determined yield (50% of organic fertilization + 50% NPK)

c – hnojený na základe diagnostikácie – fertilized on the basis of diagnostics

¹variety, ²year

zrna o 14,5 % (variant b) a 15,8 % (variant c). Rovnakým zvýšením úrody zrna (14,3 %) na hnojenie (variant b) reagoval UH-127. Hnojením NPK (variant c) sa zvýšila úroda zrna o 9,1 % v porovnaní s nehnojeným variantom. Výraznejšie pôsobenie hnojenia v roku 1993, a to 50 % organického spolu s 50 % NPK (variant b), možno vysvetliť lepším hospodárením vlahou, čím potvrdzujeme doteraz publikované stanovisko (Petr a kol., 1992), že obohatením pôdy humusom sa zlepšuje fyzikálny stav pôdy a šetrí sa vlahou. Zvlášť nšf. UH-127 reagoval na kombinované hnojenie až 19,6% zvýšením úrody zrna, zatiaľ čo pri variante c hnojenom len NPK bolo zvýšenie 11,9 %. Organické prihnojenie zvýšilo zlepšením pôdnej štruktúry a obohatením pôdy o humus úrodu zrna v podmienkach sucha nšf. UH-127 o 8 % v porovnaní s variantom hnojeným len NPK.

Z hľadiska ekonomickej efektívnosti sa ukázali oba varianty hnojenia ako ekonomicky efektívne. Koefi-

cient ekonomickej efektívnosti v priemere za roky 1991 až 1993 dosiahol pri variante b s organicko-minerálnym hnojením hodnotu 1,2 (zisk 455 Sk. ha^{-1}) a pri variante c hnojenom len minerálnymi hnojivami hodnotu 2,30 (952 Sk. ha^{-1}). Na výške úrody zrna v priebehu rokov 1991 až 1993 sa podieľala odroda 12 %, hnojenie 50 % a spôsob sejby 38 %.

ZÁVER

Získané výsledky z trojročných pokusov z optimalizácie niektorých prvkov technológie pestovania tritikale šetriace pestovateľské prostredie umožňujú urobiť závery:

Potvrdila sa skutočnosť, že formovanie prvkov úrodnosti je v silnej nadväznosti na priebeh poveternostných podmienok v rámci ročníka a silne variabilný je aj vplyv ročníka.

Úhrn zrážok a ich rozdelenie v priebehu vegetačného obdobia mali výrazný vplyv na tvorbu úrod. Za podmienok, kedy bol úhrn zrážok 160 až 185 mm (72 až 81 % normálu v roku 1991/1992), boli dosiahnuté úrody vysokopreukazne vyššie (7 t.ha⁻¹) v porovnaní s rokom 1993, kedy boli zrážky len 92 mm (41,6 % normálu).

Pri výbere biologického materiálu treba zohľadniť biologické danosti a prispôsobivosť daným agroekologickým podmienkam.

Prvky úrodnosti sú redukované: výškou výsevu (pri 6 mil. klíčivých zrn.ha⁻¹ je redukcia 61 až 66 %, pri 4 mil. klíčivých zrn.ha⁻¹ 50 až 58 %) a počasím (v suchom roku bolo od výsevu po zber redukovaných 65 až 70 % rastlín, od vziatia po zber 56 až 61 % rastlín).

Najvhodnejšia bola sejba radličkovými výsevnými pátkami.

Racionálne hnojenie oboch variantov bolo ekonomicky efektívne. Pri organicko-minerálnom hnojení bol koeficient ekonomickej efektívnosti 1,20 a pri minerálnom hnojení 2,30. Z hľadiska finančného zisku, ekológie a následného zvýšenia úrody sa ako vhodnejšie ukázalo kombinované hnojenie (mašťaľný hnoj + anorganické hnojenie).

Celkove za tri roky sa aplikované prvky agrotechniky podieľali: odroda 11,98 %, hnojenie 50,12 % a spôsob sejby 37,9 %.

LITERATÚRA

DANČÁK, I.: Proces tvorby a redukcie úrodotočných prvkov tritikale pri rôznych agroekologických zásahoch. In: Zbor. Ref. Racionalizácia pestovateľských technológií poľných plodín, Nitra, 1992: 68–72.

GROMOVÁ, Z.: Príspevok k agrotechnike tritikale. In: Zbor. Ref. Racionalizácia pestovateľských technológií poľných plodín. Nitra, 1992: 56–61.

GROMOVÁ, Z. a kol.: Optimalizovaná technológia pestovania poľných plodín s ohľadom na kvalitu produkcie a životné prostredie. [Záverečná správa.] Nitra, 1994.

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

PETR, J.: Agrotechnika tritikale. Řřz. věd.-techn. Rozv. Zeměd., 1988.

PETR, J. a kol.: Rukověť agronoma. Praha, SZN 1989. 430 s.

PETR, J. a kol.: Ekologické zemědělství. Praha, Brázda 1992.

ŠPALDON, E. a kol.: Racionalizácia intenzity hnojenia ozimnej pšenice. Rostl. Výr., 32, 1988 (5): 469–477.

ŠPÁNIK, F. – REPA, Š. – ŠIŠKA, B.: Agroklimatická charakteristika poľnohospodárskeho roka 1990 až 1993, Nitra.

Došlo 17. 3. 1994

Kontaktná adresa:

Doc. ing. Zdenka Gromová, CSc., Vysoká škola poľnohospodárska, A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika, tel.: 087/267 32, fax: 087/41 14 51

VPLYV HLĚBKY SEJBY A KALIBRÁCIE OSIVA NA ÚRODY KUKURICE

EFFECT OF SOWING DEPTH AND SEED CALIBRATION ON THE MAIZE YIELD

M. Mazúr

ZEAINVENT, a. s., Trnava, Slovak Republic

ABSTRACT: Determination of a sowing depth of crop was in fact always only approximate of some optimum value of a sowing depth concerning the concrete conditions, approximate level of a determination of this depth and its practically uncontrolled variability remains one of the open problems of the field crop culture. Some results from a corresponding field trial with the calibrated maize seed were applied to study the effect of deviation – change in sowing depth. This seed was sown in applying a special simple technique precisely into three depths according to three sowing dates and 1000-kernel weight to compare the effects of the changes in sowing depth and date and the change of the growing year (three years). The effects of these sources of variability were pursued in the variability of a stand sprouting course, a final state of this emergence and the yields. It is possible to create a general image of them by studying a survey in Tab. II. Influencing the stand sprouting course and also occasionally the final stand sprouting course and also occasionally the final stand sprouting, the depth changes presented such an importance that it would be possible to compare them reasonably with that it would be possible to compare them reasonably with the effect of the sowing date and year changes. In case of yields, the effect of depth changes was generally 2.5 times lower than that of sowing date and almost 5 times lower than that of growing year change. 10 mm-change of sowing depth caused the variation change of yield amount on an average almost 0.4 per ha. The mentioned variability was then modified significantly not only by the corn hybrids of three different FAO-groups but by a size and shape of their seeds as well. The variability of the values of mentioned traits was evaluated by means of modified stability index (Mazúr, 1992). Its primary modification for an odd number n of values X gives only the approximate results on the level of quality of variability. For this reason, an exact form of the modification concerning mainly the component A of the calculation of index was used here (Fig. 1, 2, Tab. I).

maize; sowing depth; sowing date; year; seed; emergence; yield; variability; index of stability

ABSTRAKT: Určenie správnej hĺbky sejby a variabilita hĺbky sejby sú otvorené problémy poľného pestovania. K štúdiu efektu odchýlky – zmeny hĺbky sejby (bez ohľadu na jej príčinu) boli využité výsledky z príslušného poľného pokusu s kalibrovaným osivom kukurice siatym osobitnou jednoduchou technikou presne do 3 hĺbok podľa 3 termínov sejby a tiež vzhľadom na veľkosť HTZ. Efekt zmeny hĺbky sejby bol konfrontovaný so zmenou termínu sejby a tiež so zmenami jednotlivých pestovateľských ročníkov v ich sukcesii v rámci trojročného obdobia. Efekt zmeny hĺbky, termínu a ročníka sa sledoval vo variabilite priebehu vzchádzania, finálneho vzrúdenia a úrodu. K hodnoteniu variability bola použitá presná forma modifikovaného indexu stability pri nepárnom počte n . Efekt zmeny hĺbky sejby bol porovnateľný s efektom zmeny termínu sejby a pestovateľského ročníka pri priebehu vzchádzania, prípadne aj pri finálnom vzrúdení. Pri úrodách bol menší oproti zmene termínu sejby 2,5x a takmer 5x oproti zmene pestovateľského ročníka. Zmena hĺbky sejby o 10 mm podnietila variačnú zmenu výšky úrody v priemere o takmer 0,4 t.ha⁻¹. Uvedenú variabilitu významne modifikovali pritom nielen hybridy 3 odlišných FAO-skupín, ale aj veľkosť a tvar ich osiva.

kukurica; hĺbka sejby; termín sejby; ročník; osivo; vzchádzanie; úroda; variabilita; index stability

ÚVOD

Nepochybne každý článok pestovania plodiny má svoj podstatný význam. Jeho hodnota však závisí aj od zorného uhla, v ktorom sa pestovateľský zásah v rámci komplexu agrotechniky práve posudzuje. Pozornosť

agrotechniky sa však obracia najmä tam, kde je reálna možnosť alebo aspoň blízka perspektíva priamej regulácie produkčného procesu.

Zvlášť aktuálne v tomto smere je zakladanie porastu plodiny a v rámci neho sejba. Jedným z prvoradých kritérií sejby je hĺbka sejby. Názor na hĺbku sejby sa

vyvíjal od istého historického predelu v agrotechnike aj súbežne s vývojom techniky na predsejbovú prípravu pôdy a zasiatie osiva. Spočiatku voľba hĺbky rešpektovala viac jej absolútnu potrebu podľa charakteru plodiny, teda samotný parameter hĺbky ako taký (Aldrich et al., 1976; Hruška et al., 1962; Wolfe, Kipps, 1959).

Neskôr sa však zistilo, že tento parameter sa môže pohybovať v dosť širokom rozpätí – ako vyžadovaný údaj vzhľadom na konkrétne podmienky pestovania, prípadne aj ako náhodná skutočnosť, nepravidelnosť, odchýlka vyplývajúca z úrovne dokonalosti pôdy pripravujúcej a siacej techniky a jej riadenia.

S príchodom dokonalejšej techniky bolo možné prejsť z kvantitatívneho hodnotenia na kvalitatívne, a na rovnomernosť hĺbkového umiestnenia osiva. K jej realizácii síce prispieva napr. aj hĺbková homogenizácia pôdy pri príprave sejbového lôžka, ako už uvádzajú tiež pôvodnejší autori (Delorit, Ahlgren, 1953), avšak k hĺbkovej rovnomernosti sejby v pravom slova zmysle sa mohlo prikrčiť až vtedy, keď prišli k dispozícii poľnohospodárské sejacie stroje s dokonalejšími, riadenými zahlbovaním výsevných detailov. Praktická skúsenosť i viacerí autori (Anonym, 1975; Bedora, 1981; Černý a kol., 1982; Janda a kol., 1982) prisdudzujú nerovnomernej hĺbke sejby a jej bezprostredným následkom, napr. nepravidelnému vzhádzaniu porastu zaťažné dôsledky z dopadom až do doby kvitnutia, resp. úrody. Rovnomerné ukladanie osiva v hĺbke zdôrazňuje napr. aj propagačný materiál firmy KWS (Anonym, 1991), v ktorom je z 11 hlavných zásad pri pestovaní kukurice 5, t.j. 45 %, venovaných priamo alebo nepriamo sejbe.

Dnes je možné aktívne riadiť hĺbku sejby napr. pomocou elektroniky a ultrazvuku (Hruška, 1990). Avšak nejde len o dodržanie prípustnej variability hĺbky, ale aj o to, že určitá odchýlka hĺbky konkrétnej od optimálnej vzniká vždy už predom – v jej určení, resp. naplánovaní, ktoré má vždy iba hodnotu aproximácie. Cieľom práce bolo porovnať efekt zmeny hĺbky k efektu iných zdrojov variability v poľnej produkcii.

MATERIÁL A METÓDA

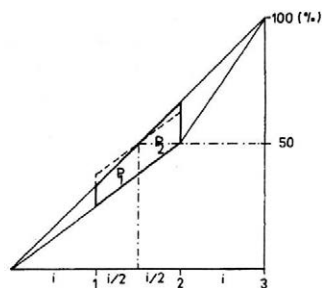
Na sledovanie vplyvu zmeny hĺbky sejby sme využili výsledky z príslušného poľného pokusu (na degradovanej černoze) s primárnou agronomickou definíciou kalibrovaného osiva na 6 frakcií zrna s 3 veľkosťami a dvomi tvarmi (plochý, guľatý) 3 hybridov 3 kategórií FAO od 190 do 450. Zrno bolo siate do troch hĺbok h_1 , h_2 , h_3 , kde h_1 , $h_3 = \pm 25\% h_2$. Pritom v skorom (I) termíne $h_2 = 40$ mm, v strednom (II), resp. agrotechnickom termíne $h_2 = 2 \cdot \text{HTZ} : 10$ (v mm, ak hmotnosť 1000 zrn je v g) a v neskorom (III) termíne sejby boli všetky hĺbky ako v termíne agrotechnickom + 10 mm navyše.

Efekt zmeny faktora hĺbky (na príslušné znaky) sme porovnali k vplyvu vyvolanom zmenou termínu sejby (– I, II, III, kde skorý a neskorý sú cca –, + 10 dní oproti agrotechnickému) a tiež k vplyvu zmeny pestovateľského ročníka (1990–1991, 1992). Vplyvy uvedených zmien sme sledovali na 3 znakoch, a to úrodách (U), finálnom vzídení porastu (N) a vzhádzavosti porastu (L – definovanej na princípe straty – Mazúr, Feranec, 1994).

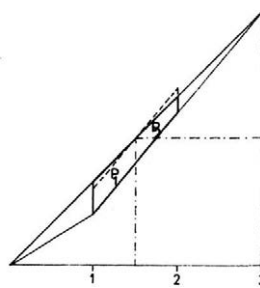
K hodnoteniu variability bol použitý modifikovaný index stability I_{s1} , I_{s2} (Mazúr, 1992). Táto modifikácia v prípade nepárneho počtu n hodnôt X daného znaku pri vyjadrovaní prípadnej nerovnomernosti rozdelenia ich odchýliek od priemeru však poskytuje následne len približné vzájomné prerozdelenie hodnôt tohto ukazovateľa vo forme binárnej dvojice I_{s1} , I_{s2} (Mazúr, 1993). Ide o tlmenie rozdielu $I_{s1} - I_{s2}$, ktorý je oproti skutočnosti o to menší (vyjadrené v %), o čo nižšie je n :

extrém odchýlky n	3	5	7	9
maximum	66,6	93,3	97,1	98,4
minimum	66,6	80,0	85,7	88,8

Pretože počet n hodnotených údajov X vyššie uvedených znakov bol v našom prípade 3 a išlo nám aj o presné hodnotenie kvality ($I_{s1} \geq I_{s2}$) variability, po-



1. Lorenzov trojuholník: extrém maxima odchýlky – The Lorenz triangle: extreme of maximum of deviation



2. Lorenzov trojuholník: extrém minima odchýlky – The Lorenz triangle: extreme of minimum of deviation

Približné (čiarkovane; $P_1 = P_2$) a presné (plnou čiarou; extrém maxima: $P_1 < P_2$, extrém minima: $P_1 > P_2$) riešenie rozdelenia I_s na I_{s1} a I_{s2} (~ približný a presný výpočet I_{s1} , I_{s2} pri $n = 3$)

bodkočiarkovane vyznačených 50 % kumulatívnych v Lorenzovom trojuholníku, $i = 100 : n$

Approximate (dashed line; $P_1 = P_2$) and precise (full line; extreme of maximum: $P_1 < P_2$, extreme of minimum: $P_1 > P_2$) solution of distribution of I_s into I_{s1} and I_{s2} (~ approximate and precise calculation of I_{s1} , I_{s2} at $n = 3$)

dash-and-dot line marks 50% of cumulative in the Lorenz triangle, $i = 100 : n$

užili sme pri nepárnom n presnú úpravu výpočtu indexu stability (obr. 1, 2). V tomto prípade komponent A (o ktorý tu ide) všeobecného výpočtu $I = 1 \pm 2 \cdot (k - A : B)$ sa vypočítava nasledovne:

$$\text{Pre } I_{s1}: A = (n-1) \cdot X_1 + (n-3) \cdot X_2 + \\ + (n-5) \cdot X_3 + \dots + 0,25 \cdot X_{(n+1):2}$$

$$(n-1):2$$

$$\text{Pre } I_{s2}: A = (n-1) \cdot \sum_1 X + (n-1,25) \cdot X_{(n-1):2+1} + \\ + (n-3) \cdot X_{(n-1):2+2} + \dots + 2 \cdot X_{n-1}$$

Pritom pre I_{s1} sa $k = 0,25$, pre I_{s2} sa $k = 0,75 - n^{-1}$, teda ako pri párnom počte n . V tab. I je uvedený prehľad koeficientov $(n-1)$, $(n-3)$, $(n-5)$, $(n-1,25)$ atď. podľa n kvôli uľahčeniu výpočtov komponentov A . Hodnoty $X_1, X_2, X_3 \dots X_n$ sú analyzované hodnoty príslušného znaku, $B = n \cdot \Sigma X$. Zo znamienok $-$, $+$ vo všeobecnej schéme výpočtu modifikovaného indexu stability sa spravidla používa znamienko mínus, znamienko plus sa používa vtedy, ak sú v súbore hodnôt analyzovaných na stabilitu (variabilitu) aj hodnoty záporné a ich zastúpenie k hodnotám kladným presiahne určitý kritický pomer.

I. Spresnený prehľad koeficientov $(n-m)$ k hodnotám X znakov v komponente A všeobecného výpočtu modifikovaného indexu stability pre nepárny počet n - Detailed survey of coefficients $(n-m)$ to values of X traits in the component A of general calculation of modified index of stability for odd number n

P_X	$n=3$		$n=5$		$n=7$		$n=9$	
	I_{s1}	I_{s2}	I_{s1}	I_{s2}	I_{s1}	I_{s2}	I_{s1}	I_{s2}
1.	2	2	4		6		8	
2.	0,25	1,75	2	4,5	4		6	
3.		0	0,25	3,75	2	6,5	4	
4.				2	0,25	5,75	2	8,5
5.				0		4	0,25	7,75
6.						2		6
7.						0		4
8.								2
9.								0

P_X - poradie hodnôt n podľa veľkosti (od najmenšej po najväčšiu) - order of values n according to the size (from the lowest to the highest value)

Σ - súčet hodnôt od prvej po $(n-1):2$ - sum of values from the first to $(n-1):2$

$m = 1$ až $n - m = 1$ to n

Získané hodnoty variability vo forme dvojice združených I_{s1}, I_{s2} charakterizujúcich ako variabilitu znakov ako takú, tak aj jej kvalitu (prerozdelenie indexov) sme potom spracovali bežnými štatistickými metódami, predovšetkým však najmä analýzou rozptylu. K interpretácii výsledkov sme tiež hodnoty I_s modifikovaného indexu stability transformovali na variačný koeficient $v\%$ podľa vzorca: $v\% = 200 \cdot (1 - I_s)$.

VÝSLEDKY

Prehľad štyroch skupín priemerných výsledkov F -testov analýz rozptylu uvádza tab. II. Tieto výsledky podávajú priemerný celkový pohľad na silu generovania (zdroje variability) a expresívnosti (ukazovatele) variability - nosného média pre porovnanie efektu zmeny hĺbky sejby s termínom sejby a pestovateľským ročníkom, v konečnom dôsledku vyjadrovanú najmä cez príslušný kaliber osiva. Je zrejme, že termín a hĺbka sejby sú jedny z najsilnejších pôvodcov hĺbkovej (1. skupina analýz) a termínovej (2. skupina analýz) variability znakov a že zdroje variability (3) a znaky ovplyvnené variabilitou príslušného zdroja variability sú výraznejšie diferencované v porovnaní s diferencovanosťou hladín ostatných faktorov v posledných 2 skupinách analýz (3., 4.). Zo všetkých 4 skupín analýz vyplýva tiež nezanedbateľná diferencácia vo variabilite pri parametroch kalibru osiva kukurice. V silu prejavu diferenciácie vo variabilite znakov je kaliber osiva pomerne stabilný ($\sim v\%$ - variačný koeficient). Kým však sila prejavu diferencovanosti znakov je pri všetkých 3 zdrojoch variability mimoriadne stabilná ($v\% = 7$, skupina analýz 4), diferencovanosť efektu zdrojov variability sa zo znaku na znak (3 znaky) veľmi mení ($v\% = 134$, skupina analýz 3). V poradí vplyvu sú však ako znaky (1.), tak aj zdroje (1,7.) najstabilnejšie (0,5 - 0) a v tomto zmysle, ako ukazuje druhá skupina analýz, je aj poradie sily vplyvu hĺbky (2,1.) veľmi stabilné (0,4) medzi FAO-skupinami a znakmi. Poradie vplyvu termínu je však na rozdiel od hĺbky v rámci skupiny 9 analýz veľmi nestabilné.

Poradie zdrojov variabilít v priemere podľa veľkosti kolísania hodnôt všetkých znakov je nasledovné:

zdroj variability	$v\%$	I_{s1}		I_{s2}
1. ročník	22,2	0,892	>	0,887
2. termín	17,2	0,913	=	0,914
3. hĺbka	13,4	0,936	>	0,929

Z tohto poradia vyplýva, že variabilita hodnôt znakov vyvolaná zmenou hĺbky sejby dosahuje 78 % variability pre zmenu termínu sejby a 60 % variability ročníkových zmien hodnôt znakov. Súčasne pri ročníku a hĺbke je $I_{s1} > I_{s2}$, t. j. v priebehu hodnôt sa vyskytujú výrazné maximá odchýliek kolísania hodnôt nad priemer (extrémne vysoká úroda, extrémne nízka vzhľadzavosť a extrémne vysoké definitívne vzídenie).

Poradie znakov v ich expresívnosti variability je nasledovné:

znak	$v\%$	I_{s1}		I_{s2}
1. vzhľadzavosť	33,2	0,842	>	0,825
2. úroda	15,0	0,924	<	0,927
3. vzídenie	4,4	0,976	<	0,979

Zdroje variability v priemere vyvolávajú cca 3x väčšiu variabilitu úrod a až 8x väčšiu variabilitu vzhľadzavosti, než je variabilita vzídenia, ktorá sa tým prezentuje ako veľmi stabilná svojou podstatou. Nerovnos-

II. Priemerné výsledky F -testov analýz rozptylu – Average results of F -test of analysis of variance

Skupiny analýz ¹	Faktor ²	$F_{vyp}/F_{tab 0,01}$	$v_{\%}$	Poradie ³	Stabilita poradia ⁴
1.	tvar ⁵	0,5	102	4,2.	0,83
	veľkosť ⁶	1,4	33	3,0.	0,66
	rok ⁷	10,7	69	1,4.	0,66
	termín ⁸	5,1	60	2,1.	1,20
	asymetria ⁹	0,4	96	4,2.	1,00
2.	tvar	1,0	91	4,0.	1,20
	veľkosť	2,0	87	3,6.	0,90
	rok	28,8	38	1,1.	0,20
	hlbka ¹⁰	4,2	36	2,1.	0,40
	asymetria	1,1	100	3,9.	0,83
3.	kaliber ¹¹	5,4	58	4,0.	1,00
	FAO (hybrid) ¹²	24,7	93	3,0.	2,00
	zdroj ¹³	322,0	134	1,7.	0,50
	asymetria	3,6	45	4,3.	1,00
	hlbka + termín	28,3	69	2,0.	1,50
4.	kaliber	2,2	39	4,0.	1,00
	FAO (hybrid)	3,4	86	3,3.	0,50
	znak ¹⁴	561,0	7	1.	0
	asymetria	1,3	72	4,7.	0,50
	hlbka + termín	20,6	64	2.	0

1. skupina deviatich analýz rozptylu (FAO ~ hybridy, znaky) s hĺbkovou variabilitou znakov – 1. group of nine analyses of variance (FAO ~ hybrids, traits) with depth variability of traits

2. skupina deviatich analýz rozptylu (FAO ~ hybridy, znaky) s termínovou variabilitou znakov – 2. group of nine analyses of variance (FAO ~ hybrids, traits) with date variability of traits

3. skupina troch analýz rozptylu (znaky) s porovnaním zdrojov variabilít – 3. group of three analyses of variance (traits) with comparison of sources of variabilities

4. skupina troch analýz rozptylu (zdroje variability) s porovnaním znakov – 4. group of three analyses of variance (sources of variability) with comparison of traits

tvar (zrna) – shape (of grain)

veľkosť (zrna) – size (of grain)

termín (sejby) – date (of sowing)

hlbka sejby – depth (of sowing)

asymetria ($I_{s1} \geq I_{s2}$) – asymmetry ($I_{s1} \geq I_{s2}$)

kaliber (zrna: tvar x veľkosť) – gauge (of grain: shape x size)

zdroj (variability: hĺbka, termín, rok) – source (of variability: depth, date, year)

znak (úroda, vzhľad, vznik) – trait (yield, emergence, emergence rate)

$v_{\%}$ – variačný koeficient – variabilita $F_{vyp}/F_{tab 0,01}$ pomerov – variation coefficient – variability $F_{cal}/F_{tab 0,01}$ ratios

poradie – poradové číslo faktoru podľa $F_{vyp}/F_{tab 0,01}$ – order – order number of factor after $F_{cal}/F_{tab 0,01}$

stabilita poradia – čím nižšie číslo, tým vyššia stabilita – stability of order – the lower the number, the higher stability

¹groups of analyses, ²factor, ³order, ⁴stability of order, ⁵shape, ⁶size, ⁷year, ⁸date, ⁹asymmetry, ¹⁰depth, ¹¹gauge, ¹²hybrid, ¹³source, ¹⁴trait

ti medzi I_{s1} a I_{s2} pri úrodách a vzídení signalizujú destabilizáciu vývoja hodnôt týchto znakov v zmysle extrémnych minimálnych hodnôt.

Veľkosti a tvary zrna kukurice sú diferencované variabilitou znakov v priemere nasledovne ($v_{\%}$):

zrno	malé	stredné	veľké	guľaté	ploché
	17,8	18,0	16,8	17,6	17,7

Naznačené rozdiely sú v absolútnom zmysle malé, ide však o tendencie, ktoré sú vo viacerých prípadoch na detailnejšej úrovni oveľa výraznejšie, prípadne i protichodné (ako bude ďalej uvedené).

Vo variabilite sa rozdielne prejavujú i jednotlivé FAO skupiny, resp. hybridy ($v_{\%}$):

FAO variabilita:	hlbka	termín	ročník
skoré hybridy	12,4	17,6	22,2
stredné hybridy	14,6	17,0	20,4
neskoršie hybridy	13,4	17,0	23,8

Zmena termínu sejby je prakticky ignorovaná pestovateľskou skorosťou hybridu. Stredne skoré hybridy sú pri zmene hĺbky najcitlivejšie, kým pri striedaní ročníkov reagujú (relatívne) najstabilnejšie. Sú uvedené príklady detailnejšieho hodnotenia diferencovanosti variability ($v_{\%}$):

zdroj variability	znak	zrno					
		malé		stredné		veľké	
		guľaté	ploché	guľaté	ploché	guľaté	ploché
hlbka	úroda	7,8	5,2	4,6	6,0	5,4	5,2
termín	vzchádzavosť	33,4	36,4	34,4	34,2	27,2	30,2
ročník	vzidenie	8,2	5,4	5,8	4,4	5,4	4,0

Nakoniec ucelenejší obraz na vzájomné väzby medzi zdrojmi variability a jej médiami expresivity – znakmi získame z nasledovného prehľadu:

zdroj variability	vzchádzavosť			vzidenie			úrody		
	$v_{\%}$	I_{s1}	I_{s2}	$v_{\%}$	I_{s1}	I_{s2}	$v_{\%}$	I_{s1}	I_{s2}
hlbka	31,2	0,855	> 0,834	3,4	0,983	0,984	5,8	0,971	0,971
termín	32,6	0,841	> 0,832	4,6	0,975	< 0,979	14,4	0,923	< 0,932
ročník	36,2	0,828	> 0,810	5,4	0,971	0,974	24,8	0,876	0,876

Ďalej získame analogický prehľad s % hĺbkou (podľa veľkosti $v_{\%}$) k termínu sejby a pestovateľskému ročníku:

zdroj variability	vzchádzavosť	vzidenie	úrody
termín	95,7	73,9	40,3
ročník	86,2	63,0	23,4

Zmena hĺbky je s termínom a ročníkom porovnateľná najmä pri ovplyvnení vzchádzavosti porastu (~ priebehu vzchádzania). Avšak zmena hĺbky voči zmene ročníka sa mení aj podľa termínu sejby – zvlášť pri úrodách – čím skorší termín, tým silnejšie je zastúpenie hĺbkovej variability a pri I. termíne sejby dosahuje asi polovicu variability ročníka. Treba teda zdôrazniť, že kým zmeny hĺbky sejby sa odrážali najmä na variabilite vzchádzavosti, vplyv termínu sejby, ale najmä ročníka sa podstatne (s výnimkou stredne skorých hybridov) rozšíril i na úrody.

DISKUSIA

Variabilita úrod +, - 5,8 % je síce iba päťtinová v porovnaní s ich variabilitou vyvolanou pestovateľským ročníkom, avšak 11,6% rozdiel medzi prípadnou maximálnou a minimálnou úrodou rozhodne nie je zanedbateľný, čo dokladá tvrdenie niektorých autorov (Anonym, 1975; Bedora, 1981; Černý et al., 1982 a i.) o tom, že nerovnomernosti v hĺbke sejby môžu mať dopad až do konca vegetácie plodiny. Je rozdiel, či pri správnom odhadnutí hĺbky bude úroda kukurice v zrne 6,35 t.ha⁻¹ alebo len 5,65 t.ha⁻¹. Na rozdiel od striedaní jednotlivých pestovateľských ročníkov, spôsobujúcich síce očakávané, ale nepredvídateľné zmeny alebo od očakávanej, hoci predvídateľnej zmeny, napr. úrody vplyvom zmeny termínu sejby, je prinajmenšom zatiaľ aspoň teoreticky možné ovládať riadenie sejby tak, aby sa hĺbka umiestnenia semien dostala pod skutočne účinnú kontrolu, pod kontrolu ako v zmysle jej dostatočného odhadu, tak aj dodržania umiestnenia osiva v určenej hĺbke.

Presnosť umiestnenia zrna v hĺbke musí byť preto vzhľadom na súčasné možnosti (Hruška, 1990) garantovaná minimálne 2 predchádzajúcimi rovnomer-

nosťami v predsejbovej príprave pôdy – hĺbkovou homogenizáciou pôdy (Delorit, Ahlgren, 1953), ktorá má zabezpečiť súčasne dve požiadavky: viac-menej detailnú súbexnosť rovín povrchu pôdy a vlastného sejbového lôžka.

Uvedených len 5,8 % globálnej veľkosti variability úrod vplyvom presne 47,4 % variačného rozpätia hĺbky sa bude prejavovať až po nasledujúcej úvahe o jej účinnosti: 47,4 % variačného rozpätia (priemer z 3 termínov sejby s nerovnakými hĺbkami) pri priemernej HTZ použitého osiva za 3 roky 278 g (I. termín mal hĺbky konštantné, nezávislé od HTZ) dáva hodnotu 25,2 mm (z 53,7 mm priemernej hĺbky). Variabilita úrod $\pm 5,8 \%$ pri priemernej úrode v pokuse 8,40 t.ha⁻¹ predstavuje $\pm 0,487 \text{ t.ha}^{-1}$, čo pri variačnom rozpätí úrod 11,6 % znamená $0,974 \pm 1,0 \text{ t.ha}^{-1}$. Potom 10mm zmena hĺbky v rozpätí hĺbok od 41,1 do 66,3 mm (od 4,1 do 6,6 cm) spôsobuje variačnú úrodovú zmenu 387 kg zrna. Zmena termínu sejby o 1 deň v cca 20dňovom období medzi I. až III. termínom sejby vyvoláva variačnú zmenu úrody o 121 kg.

Ak zjednotíme pestovateľský ročník nahradíme zrážkou cca 40dňovým rozhodujúcim obdobím vo vegetácii kukurice (fáza kvitnutia a po nej), v ktorom sa v našich podmienkach spravidla najčastejšie a najväčšou mierou rozhoduje o definitívnej kvantite úrody, tak na 1 deň z tohto obdobia pripadá 112 kg variačnej úrodovej zmeny z variačného rozpätia úrod 46,8 % (vzhľadom na uvedenú priemernú úrodu, vyvolanú sukcesiou pestovateľských ročníkov).

Efekt porovnania účinnosti (nie globálnych efektov) týchto parciálnych produkčných účinkov je potom možné znížiť alebo či zvyšovať napr. podľa toho, v akom pôvodnom rámci chápeme buď hĺbku sejby, alebo jej zmenu (ornica, resp. väčšia časť pôdneho profilu), resp. či rozpätie krajných termínov sejby budeme vzťahovať len k jarnému obdobiu, alebo k celej vegetačnej dobe, prípadne aká časť vegetácie by pre tento prípad náležite reprezentovala tzv. pestovateľský ročník, alebo túto reprezentatívnosť vyjadriť iným spôsobom a pod.

Pri súčasnej technickej úrovni poľného pestovania je oveľa ľahšia evidencia zmeny 1 dňa či už pri termíne sejby, alebo pri užšej charakteristike pestovateľského

ročníka než registrácia 1 cm bezprostredne nepozorovateľnej zmeny hĺbky ukladania semien pri sejbe plodiny.

Výsledky práce však tiež ukázali, že kvantita a kvalita (~ rozloženie odchýliek okolo priemeru) variability spôsobená zmenou hĺbky sejby môže byť významne regulovaná aj frakcionovaným (kalibrovaným) osivom.

Demonštrovaný efekt zmeny hĺbky sejby umocňuje jej význam ako základného pestovateľského parametra plodiny (Aldrich et al., 1976; Hruška et al., 1962 a i.). Sejba a sprievodné poľné operácie nadobúdajú postupne taký rešpekt, aký jej preukazuje napr. spomenutá firma KWS.

LITERATÚRA

- ALDRICH, S. R. – SCOTT, W. O. – LENG, E. R.: Modern corn production (2. vyd.). Illinois, Champaign 1976: 378 s.
- ANONYM: Cultivar – la revue des agriculteurs dynamiques. Spécial Maïs. France, Lille, Mensuel Technique Agricole 1975 (76): 88 s.
- ANONYM: Úspech začíná setím. Propag. Mat. fy KWS, Einbeck 1991.
- BEDORA, J. Y. (ed.): Encyklopédie pratique du maïs. AGPM, ITCF, 1981: 216 s.

ČERNÝ, V. a kol.: Základy intenzívní rostlinné výroby. Praha, SZN 1982: 192 s.

DELORIT, R. J. – AHLGREN, H. L.: Crop production. New York, Prentice, Hall, Inc., 1953: 629 s.

HRUŠKA, J. a kol.: Monografie o kukurici. Praha, SZN 1962: 916 s.

HRUŠKA, M.: Zemědělská výstava AGRITECHNIKA 89. Mechaniz. Zeměd., 1990 (3): 105–111.

JANDA, J. (ed.) a kol.: Kukurica. Bratislava, Príroda 1982: 408 s.

MAZÚR, M.: Testovanie ukazovateľov vybraných vlastností osiva kukurice modifikovaných indexom stability. Rostl. Výr., 38, 1992 (11): 935–942.

MAZÚR, M.: Trend a variabilita vo vyjadrení vplyvu priebehu počasia na úrody kukurice. Rostl. Výr., 39, 1993 (10): 931–940.

MAZÚR, M. – FERANEC, P.: Veľkosť a tvar zrna v regulácii vzhádzania porastu kukurice. Rostl. Výr., 40, 1994 (2): 179–187.

WOLFE, T. K. – KIPPS, M. S.: Production of field crops. 2. vyd. New York, Toronto, London, Mc Graw Hill Book Company, Inc., 1959: 653 s.

Došlo 17. 3. 1994

Kontaktná adresa:

Ing. Marián Mazúr, CSc., ZEAINVENT, a. s., Trstínska 1, 917 52 Trnava, Slovenská republika, tel.: 0805/230 51, fax: 0805/230 54

TĚŽKÉ KOVY V PŮDÁCH A ZEMĚDĚLSKÝCH PLODINÁCH V PĚTI RŮZNĚ IMISNĚ ZATÍŽENÝCH LOKALITÁCH ČR

HEAVY METALS CONTAMINATION OF AGRICULTURAL CROPS AND SOILS IN FIVE REGIONS OF THE CZECH REPUBLIC WITH DIFFERENT IMMISSION POLLUTION LOAD

V. Petříková, S. Ustjak, J. Roth

Research Institute of Crop Production, Praha-Ruzyně, Department of Plant Ecotoxicology, Chomutov, Czech Republic

ABSTRACT: Heavy metals contamination of agricultural crops and soils was investigated during 1987 to 1992 in five selected regions of the Czech Republic: Chomutov, Sokolov, Liberec, Žatec (industrial immissions polluted regions, the Northern Bohemia) and Žamberk (control region). The main cause of air and environmental pollution and acid precipitation in the Northern Bohemia is action of a power engineering station, which includes an extraction and combustion of low-quality brown coal with a high content of sulphur (5 to 15%) and other pollutants, including heavy metals. A monitoring of heavy metals environmental pollution in immission-exposed regions was a main aim of this research work. The monitoring network included nearly 200 individual points situated in five above-mentioned regions. Eight important elements from the heavy metals (Cd, Pb, Hg, As, Co, Cr, Ni and Zn) were tested. Agrolandscapes, soils and crops typical for Bohemia were investigated. Ordinary sampling and analytical methods for determination of heavy metals content in the agricultural soils and crops were used. The examination method of heavy metals contamination was based on the comparison of heavy metals concentration in crops and soils with pollutants limiting values from the Czech state standards. Generally, the heavy metals contamination of agricultural soils in five selected regions of the Czech Republic in accordance with exceeding of limiting value was sufficiently low. Only 87 soil samples of the total number 1,187 of analyzed samples (7.3%) were contaminated in accordance with indicating value. The main soil pollutants were Cr (44 occurrences of contamination), Cd (31), Pb (29), Ni (14) and Zn (10). The As had not an indicating value in the Czech state standards and because one did not value. The highest heavy metals contamination was in Žatec, Sokolov and Chomutov regions (8 to 12% occurrence) and lowest was in Liberec and Žamberk (< 1%). In accordance with maximum permissible concentration of heavy metals in soils, which are much higher in comparison with indicating limiting value, the heavy metals contamination of soils was insignificant (30 occurrences of total 1,187 samples or 2.5%). Only As (29 occurrences of contamination) and Pb (2 occurrences) participated in exceeding of maximum permissible concentration. This contamination was in three regions only (Sokolov, Chomutov, Žatec). No heavy metals soil contamination above maximum permissible concentration was discovered in Liberec and Žatec regions. Absolutely different situation was observed in accordance with heavy metals contamination of agricultural crops; 137 plant samples of total 2,258 tested samples or 6.1% were contaminated in accordance with maximum permissible concentration value for fodder crops and 440 plant samples from total 620 analysed samples or 71% was contaminated in accordance with maximum permissible concentration values for food crops. The main pollutants of fodder crops were Hg (74 occurrences of contamination), Cd (31), Pb (24) and Co (9). The highest heavy metals contamination was in Sokolov region (16% occurrences) and the lowest one was in the control Žamberk region (4%). The main pollutants of food crops were Cd (294 occurrences of contamination) and Hg (142). They were followed by Cr (85), Pb (79), As (72), Ni (14) and Zn (1). The highest heavy metals contamination occurred in Liberec, Sokolov and Chomutov regions (> 80% occurrences of contamination), but even in the control Žamberk region the heavy metals contamination of food crops was very high (57%). The lowest food contamination (49%) occurred in Liberec region, which has more contaminated soils than Žamberk. Summary of the obtained results showed, that relationship between heavy metals contamination of the plants and soils is not simple but very complicated by immissions. In most cases both total contamination degree and collection of pollutant elements of the plants were very different in comparison with soils. Situation is very serious, because, in spite of low degree of the soils contamination in examined regions (< 10%), the heavy metals contamination of agricultural crops is very high (from 3 to 16% contaminated samples of the total number in the case of fodder crops, to 49 to 86% contamination of food crops). Obviously, it is caused by direct heavy metals contamination of the crops from polluted air. Therefore monitoring of the food chain pollution in the immission-exposed regions should be directed on the testing of plant contamination above all.

contamination of crops; contamination of soil; hazardous elements; immissions; boundary limit; indication limit; feeding standard; food standard; food chain; monitoring

ABSTRAKT: Kontaminace zemědělských plodin a půd těžkými kovy (TK) byla soustavně sledována v letech 1987 až 1992 v pěti vybraných lokalitách ČR (Chomutov, Žatec, Sokolov, Liberec a Žamberk) při různém imisním zatížení na 200 odběrových místech. Stupeň kontaminace osmi rizikovými prvky (Cd, Pb, Hg, As, Co, Cr, Ni, Zn) byl hodnocen podle směrnice pro půdy (hraniční a indikační limit) a rostliny podle krmivářské a potravinářské normy. Výsledky analýz více než 1 200 vzorků půd a 2 000 vzorků rostlin prokázaly, že problematika kontaminace zemědělských plodin a půd těžkými kovy je velmi složitá. Ve většině případů neodpovídala kontaminace půdy stupni kontaminace rostlin i výskyt jednotlivých kontaminantů byl odlišný. Při nízkém stupni kontaminace půd (< 10 %) byly rostliny výrazně kontaminovány: podle krmivářské normy sice jen 4 až 16 %, avšak podle potravinářské normy od 49 do 86 %. Větší kontaminace půd byla častější v lokalitách s vyšší imisní zátěží (Chomutov, Sokolov) než v referenčních oblastech (Žamberk), kdežto vysoká kontaminace rostlin byla nalezena i v tzv. středně zatížených oblastech (např. Liberec). Tyto výsledky svědčí o tom, že znečištěné ovzduší je významnějším zdrojem kontaminace rostlin těžkými kovy než půda. Proto je třeba monitoring potravních řetězců kontaminovaných těžkými kovy v ČR nasměrovat především na rostlinnou produkci, která je proti půdě významnějším článkem potravního řetězce.

kontaminace plodin; kontaminace půd; rizikové prvky; imise; hraniční limit; indikační limit; krmivářská norma; potravinářská norma; potravní řetězec; monitoring

ÚVOD

V důsledku činnosti průmyslových podniků, palivo-energetického komplexu a motorismu se dostává do ovzduší celá řada polutantů: plyných škodlivin (SO_2 , NO_x , O_3 , SO , CO , CO_2 aj.), pevných látek a aerosolů, obsahujících organické (aromatické a polyaromatické uhloводfky, jejich deriváty a další) a neorganické škodliviny, zejména toxické prvky nebo těžké kovy jako Pb, Hg, As, Cd, Zn, Cu, Co, Cr, Ni a další (Adema, 1990; Baker, Coils, 1985). Četnými výzkumy u nás i v zahraničí je prokázán negativní vliv imisí na rostlinnou produkci, a tím i na zdraví člověka, které je ohrožováno jednak přímým stykem s ovzduším a jednak prostřednictvím potravních řetězců (Novák, 1983; Kabata, Pendias, 1989; Petříková, 1990; Petříková, Záleská, 1990; Petříková, Ustjak, 1993).

Imisní zatížení některých oblastí, např. Severočeského kraje dosahuje ohrožujících rozměrů. Všeobecně je známý fakt, že hlavním zdrojem znečištění ovzduší v ČR jsou velké tepelné elektrárny, v nichž se spaluje obrovské množství nekvalitního hnědého uhlí. Jeho spalováním se dostává do ovzduší celá řada chemických prvků včetně sloučenin škodlivých přírodnímu prostředí.

Pod vlivem imisí průmyslových zdrojů v ČR se nachází 500 tis. ha zemědělské půdy a přes 400 tis. ha lesní půdy (Sidorin a kol., 1992). Nejhorší situace je v severních Čechách, kde na území, které činí asi 10 % celkového území ČR, se realizuje přes 80 % celkové těžby hnědého uhlí a většina vytěženého uhlí se zde i spaluje.

Imise mají bezesporu velký negativní vliv na rostlinnou výrobu. Z hlediska rostlinné produkce je však velmi nesnadné tento faktor specifikovat, neboť jde o velmi široký soubor vlivů, které se snadno mění podle vnějších podmínek. Pro rostlinnou výrobu je však nezbytné stanovit jak podíl zdrojů kontaminace produktů z vlastní výrobní činnosti (hnojení, ochrana rostlin), tak podíl vnějších vlivů, především imisí.

MATERIÁL A METODA

Pro monitoring zátěže přírodního prostředí škodlivými látkami byla v roce 1986 oddělením ekotoxikologie VÚRV Chomutov založena monitorovací síť pro sledování zatížení zemědělských plodin a půd těžkými kovy. Vzorky byly odebírány z provozních honů vybraných stanovišť pěti lokalit (okresy Chomutov, Sokolov, Liberec, Žatec a Žamberk).

Odběrová místa byla zvolena na provozních honech zemědělských závodů tak, aby byla typická pro krajinu a zemědělské půdy a byla v dosahu referenčních bodů měřících SO_2 . Sběr rostlinného materiálu a půdy probíhal každoročně ze stejných míst podle jednotné metodiky: zemědělské plodiny se odebíraly ve dvou vegetačních fázích, obecně před květem a v plné zralosti, odběr půd se prováděl jednou ročně, po sklizni.

Pro zjednodušené vyhodnocování jsme se záměrně vyhýbali odběru lehkých půd, protože státní směrnice rozlišují limity obsahu těžkých kovů podle rozdělení všech půd na dvě skupiny – lehké a ostatní půdy. Odběrová místa jsme volili v určité vzdálenosti od silnic (100 až 200 m od dálnice a rušných silnic, 50 až 100 m od málo rušných cest a 30 až 50 m od polních cest), aby byl snížen vliv motorismu na kontaminaci rostlin a půd. Odebíraly jsme směsné (průměrné) vzorky.

Tento monitoring probíhal v letech 1986 až 1992. Obsah těžkých kovů v půdách a rostlinách jsme stanovili metodou AAS. V rostlinách jsme zjišťovali totální obsah prvků po mineralizaci vzorku a po převedení mineralizátu do kyselého roztoku. V půdách jsme obsah rizikových prvků stanovili ve vyluhu roztokem 2M HNO_3 při poměru půdy k vyluhovacímu 1:10 a třepání během 6 h (běžně využívaná metodika, doporučená SKZÚZ). Ze skupiny rizikových chemických elementů považovaných za těžké kovy bylo sledováno osm prvků: Cd, Pb, As, Hg, Cr, Ni, Co, Zn.

Základním způsobem vyhodnocení údajů kontaminace půd a rostlin těžkými kovy bylo porovnání jejich

obsahu s platnými státními normami:

- a) Směrnice MZd ČSR č. 69 z 1. 7. 1986: Hygienické předpisy o cizorodých látkách v poživatinách.
- b) Vyhláška MZVŽ ČSR č. 117 z 28. 12. 1987: Nejvyšší přípustné množství cizorodých látek v krmivech.
- c) Směrnice MZVŽ ČSR č. 298/112 z 3. 3. 1987: Obsahy cizorodých látek v půdách:
 - indikační hodnoty jsou obsahy cizorodých látek, při jejichž překročení by mohlo dojít k nežádoucímu ovlivnění rostlinné produkce;
 - hraniční hodnoty signalizují již významné rizikové znečištění zemědělské půdy.

(Po odeslání tohoto článku k publikaci došlo ke zveřejnění nového zákona č. 13/1994 s úpravou státních norem na obsah těžkých kovů v půdách).

V tab. VIII jsou souhrnně uvedeny normy použité pro vyhodnocení kontaminace půd (extrakt 2M HNO₃) a potravinářské, resp. krmivářské rostlinné produkce (celkový obsah) těžkými kovy.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Imisní charakteristiky pokusů

Výchozím kritériem pro hodnocení dosažených výsledků jsou imisní charakteristiky oblastí, ve kterých pokusy probíhaly. Výskyt SO₂ je u nás považován za obecné kritérium znečištění ovzduší. V tab. I jsou uvedeny denní koncentrace SO₂ (za 24 h) v mkg.m⁻³ vzduchu v ročním průměru v souhrnu za roky 1987 až 1992.

I. Průměr denních koncentrací výskytu SO₂ v mkg.m⁻³ vzduchu v ročním průměru podle vybraných lokalit ČR – Annual average of daily SO₂ air concentrations in mkg.m⁻³ of air in selected areas of the Czech Republic

Lokalita ¹	1987	1988	1989	1990	1991	1992	Průměr ²	Poradí ³
Chomutov	85	55	36	46	81	49	58,7	1
Žatec	66	39	38	38	52	27	43,3	2
Liberec	47	25	38	47	43	30	36,0	3
Sokolov	53	19	26	18	46	27	31,5	4
Žamberk	44	21	32	26	34	16	28,8	5

¹area, ²average, ³sequence

Největší roční průměrná koncentrace SO₂ za sledované období zjištěna v Chomutově (59 mkg.m⁻³) je způsobena bezesporu exhalacním vlivem čtyř tepelných elektráren (Prunéřov I, II, Tušimice I, II), které ročně spotřebují průměrně 16 mil. t sirnatého uhlí obsahujícího také těžké kovy. Jeho spalováním se v nejméně úletech dostává určité množství těžkých kovů do imisí a výslednou depozicí do rostlin a půd. Podle získaných údajů obsahují prašné spady na Chomutovsku v průměru v mg.kg⁻¹: 0,25–0,30 Cd, 22–28 Pb, 5–6

As, 2,5–3,0 Cr, 4–4,5 Ni, 5–5,5 Co, 20–22 Zn. Nejvyšší průměrné koncentrace polévatého prachu ve vzduchu (přes 100 mkg.m⁻³) nalezeného v Chomutově rovněž svědčí o mimořádném vlivu imisí na kontaminaci půd a zejména rostlin.

Druhou nejvíce imisně zatíženou oblastí je Žatecko (43 mkg SO₂.m⁻³ vzduchu), na třetím místě je Liberec (36 mkg.m⁻³) a další oblast je Sokolov (32 mkg.m⁻³). Poměrně nízký výskyt SO₂ v ovzduší zjištěný na Sokolovsku prokazuje, že SO₂ nestačí k charakteristice kvality ovzduší. V tzv. čisté oblasti Žambercka bylo nalezeno 29 mkg SO₂.m⁻³ vzduchu v ročním průměru 24 h.

V letech 1987 a 1991 byly ve všech sledovaných lokalitách zaznamenány při nízkých teplotách v zimě zároveň nejvyšší koncentrace SO₂, což zřejmě odpovídá větší spotřebě uhlí v topné sezoně v chladnějších letech.

Kontaminace zemědělských půd a plodin těžkými kovy

Zjištěná kontaminace půdních vzorků z hlediska indikačních normy je poměrně nízká (tab. II), z celkového souboru 1 187 vzorků přesáhlo normu 87 vzorků, což činí 7,3 %.

Rozložení kontaminujících prvků v jednotlivých lokalitách je poměrně vyrovnané i z hlediska jednotlivých let. Nejvýrazněji se na kontaminaci podílí Cr (44 kontaminovaných vzorků), Cd (31), Pb (29), Ni (14) a Zn (10). As nemá podle směrnice stanovenou indikační hodnotu, proto podle této normy není hodnocen. Největší kontaminace půd se podle indikační normy projevuje na lokalitách v oblasti Žatce, Chomutova a Sokolova (8 až 12 % kontaminovaných vzorků), značně menší počet kontaminovaných vzorků byl zaznamenán na lokalitách Liberec a Žamberk (< 1 %).

Hraniční normu obsahu těžkých kovů, která je podstatně vyšší než indikační, překračuje z celkového počtu 1 187 vzorků půd jen 30 vzorků, což představuje 2,5 % (tab. II). Na tomto překročení normy se ze všech prvků podílejí jen As (29 kontaminovaných vzorků) a Pb (2), a to v lokalitách Sokolov (26x se vyskytuje kontaminace As), Žatec (2x As, 1x Pb) a Chomutov (1x As, 1x Pb). V lokalitách Liberec a Žamberk nebyla z hlediska hraniční normy zjištěna žádná kontaminace.

Jiná situace se ukazuje při hodnocení obsahu těžkých kovů v rostlinných vzorcích. Výsledky analýz rostlin (zrno obilnin, semeno hrachu a řepky, hlíza brambor a bulva cukrovky) byly hodnoceny jak podle potravinářské směrnice, tak podle krmivářské normy, ostatní plodiny jen podle krmivářské normy. Početní vyjádření kontaminace rostlinných vzorků ve vztahu ke krmivářské normě v souhrnu za celé sledované období je uvedeno v tab. III. Z celkového počtu 2 258 analyzovaných vzorků překročilo za sledované období krmivářskou normu 137 vzorků, což představuje 6,1 %. Při porovnání lokalit byla největší kontaminace rostlin zjištěna v lokalitě Sokolov (16 % kontaminovaných vzorků). V ostatních lokalitách byla kontaminace plo-

II. Výskyt kontaminace půd těžkými kovy podle indikační^{*} a hraniční^{**} normy (souhrn za roky 1987 až 1992) – Occurrence of heavy metals contamination of soils in accordance with indicating value^{*} and maximum permissible concentration^{**} (summary value for the years 1987 to 1992)

Lokalita ¹	Počet analyzovaných vzorků ²	Počet kontaminovaných vzorků ³	% kontaminace ⁴	Četnost výskytu nadlimitních hodnot obsahu jednotlivých prvků ⁵							
				Cd	Pb	As	Hg	Cr	Ni	Co	Zn
Liberec	171	1 [*]	0,6	–	1	–	–	–	–	–	–
		– ^{**}	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Chomutov	108	11 [*]	10,2	–	2	–	–	10	2	1	1
		1 ^{**}	0,9	–	1	1	–	–	–	–	–
Žatec	420	52 [*]	12,4	29	15	–	–	16	10	–	5
		3 ^{**}	0,7	–	1	2	–	–	–	–	–
Sokolov	269	21 [*]	7,8	2	–	–	–	16	2	–	4
		26 ^{**}	9,7	–	–	26	–	–	–	–	–
Žamberk	219	2 [*]	0,9	–	1	–	–	2	–	–	–
		– ^{**}	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Všechny lokality ⁶	1 187	87 [*]	7,3	31	19	–	–	44	14	1	10
	1 187	30 ^{**}	2,5	–	2	29	–	–	–	–	–

¹area, ²amount of analysed samples, ³amount of contaminated samples, ⁴% of contamination, ⁵amount of occurrence of contamination for each element, ⁶all areas

III. Výskyt kontaminace zemědělských plodin těžkými kovy podle krmivářské^{*} a potravinářské^{**} normy (souhrn za roky 1987 až 1992) – Occurrence of heavy metals contamination of plants in accordance with limiting values for fodder^{*} and food^{**} crops (summary value for the years 1987 to 1992)

Lokalita ¹	Počet analyzovaných vzorků ²	Počet kontaminovaných vzorků ³	% kontaminace ⁴	Četnost výskytu nadlimitních hodnot obsahu jednotlivých prvků ⁵							
				Cd	Pb	As	Hg	Cr	Ni	Co	Zn
Liberec	464 [*]	24	5,2	6	3	–	13	–	2	–	–
	134 ^{**}	115	85,8	44	10	43	58	68	6	–	2
Chomutov	420	25	6,0	6	19	2	–	3	–	1	–
	131	104	79,4	88	46	6	4	36	3	–	2
Žatec	707	23	3,3	12	1	1	7	–	1	5	2
	150	73	48,7	35	4	5	31	16	–	–	–
Sokolov	332	52	15,7	3	1	–	47	–	–	1	–
	110	94	85,5	42	16	26	30	48	3	–	5
Žamberk	336	13	3,9	4	–	–	7	–	–	2	–
	95	54	56,8	34	3	2	19	12	2	–	5
Všechny lokality ⁶	2 258	137	6,1	31	24	3	74	3	3	9	2
	620	440	71,0	243	79	72	142	85	14	–	14

For 1–6 see Tab. II

din podstatně nižší: Chomutov 6 %, Liberec 5,2 %, Žatec 3,3 % a Žamberk (kontrolní oblast) 3,9 %.

Četnost výskytu kontaminace krmiv je ve všech lokalitách největší vlivem Hg (74x), Cd (31x), Pb (24x) a Co (9x); značně menší je vlivem As, Cr a Ni (3x) a Zn (2x). Maximální výskyt Hg byl zjištěn na Sokolovsku (47x), Pb na Chomutovsku (19x), Cd a Co v lokalitě Žatec (12x a 5x). V kontrolní lokalitě Žamberk bylo zjištěno sedm vzorků kontaminovaných Hg, čtyři Cd a dva Co (tab. III).

Z analyzovaného počtu 620 vzorků poživatin byla potravinářská norma překročena u 440 vzorků, což představuje 71 % celkového počtu (tab. III). Dokonce i na kontrolní lokalitě v Žamberku bylo podle potra-

vinářské normy přes 50 % kontaminovaných vzorků. Pořadí lokalit podle procenta kontaminace je: Liberec (86 %), Sokolov (85,5 %), Chomutov (79 %), Žamberk (57 %) a Žatec (49 %). Co se týká jednotlivých prvků, mají největší podíl na kontaminaci Cd (294x) a Hg (142x), v pořadí následuje Cr (85x), Pb (79x) a As (72x). Nejnížší počty kontaminace vykazují Ni (14x) a Zn (1x). Kontaminace Co se vůbec neprojevuje.

Pro souhrnné hodnocení zatížení půd těžkými kovy byly vypočítány průměrné koncentrace obsahu prvků podle jednotlivých lokalit za celé sledované období (tab. IV), které se porovnávají s různými existujícími normami v ČR (tab. V).

IV. Průměrné obsahy toxických prvků v půdě (výluh 2M HNO₃) v mg.kg⁻¹ v různých lokalitách za roky 1987 až 1992 – Average heavy metals concentration in soil (2M HNO₃ extraction) in mg.kg⁻¹ in different areas for the years 1987 to 1992

Lokalita ¹	Počet vzorků ²	Obsah prvků v půdě ³ (mg.kg ⁻¹)							
		Cd	Pb	As	Hg	Cr	Ni	Co	Zn
Limitní hodnoty ⁴	indikační ⁵ /hraniční ⁶	0,8/3	65/100	-/20	1/2	13/100	20/50	30/50	100/300
Liberec	171	0,26	23,2	2,81	0,5	3,13	2,06	2,93	16,9
Chomutov	108	0,24	21,8	3,48	0,08	5,11	6,97	7,12	24,7
Žatec	420	0,25	18,2	2,44	0,04	4,57	7,23	5,30	23,1
Sokolov	269	0,34	25,9	13,8	0,19	6,3	4,0	5,1	35,6
Žamberk	219	0,15	17,89	1,97	0,05	4,0	3,16	3,04	12,5
Celkem ⁷	1 187	0,25	21,4	4,9	0,17	4,62	4,68	4,7	22,6

¹area, ²amount of samples, ³element content in soil, ⁴limiting values, ⁵indicating, ⁶maximum permissible, ⁷total

V. Normy kontaminace půd těžkými kovy podle obsahu ve výluhu 2M HNO₃ v mg.kg⁻¹ (vyjma lehkých půd) – Different limiting values of heavy metals concentration in soils with 2M HNO₃ extraction in mg.kg⁻¹ (without light soils)

Druh normy ¹	Obsah prvků v půdě ⁷ (mg.kg ⁻¹)							
	Cd	Pb	As	Hg	Cr	Ni	Co	Zn
Hraniční norma ²	3	100	20	2	100	50	50	300
Indikační norma ³	0,8	65	–	1	13	20	30	100
Extrémní obsah ⁴ *	1,80	75	–	–	40	30	40	165
Pozadový obsah ⁵ *	0,15	22	–	–	8	7	6	28
Antropicky zvýšený obsah ⁶ *	> 0,35	> 40	–	–	> 15	> 15	> 15	> 50

* Němeček, Podlešáková (1992)

¹limit standard, ²maximum permissible concentration, ³indicating value, ⁴extreme content, ⁵background content, ⁶anthropogeneously increased content, ⁷element content in soil

Podle průměrného obsahu těžkých kovů žádný prvek ani na jedné lokalitě nepřekročil hraniční nebo indikační normu. Avšak pozadový obsah těžkých kovů, který představuje hranici mezi přirozenými obsahy a obsahy antropogenně zvýšenými (Němeček, Podlešáková, 1992), byl převyšován u Cd, Pb a Zn, a to u Cd na všech lokalitách s výjimkou Žamberka, u Pb na Sokolovsku a Liberecku, u Zn na Sokolovsku.

Pro složitost ve stanovení a nedostatek podkladů není dosud stanoven limit pro As podle všech norem s výjimkou hraniční normy. Zajímavý je extrémně zvýšený průměrný obsah As na Sokolovsku (4x až 5x více proti ostatním lokalitám). Je třeba upozornit, že tyto údaje byly vyhodnoceny podle průměrných hodnot a extrémní odchylky samozřejmě mají daleko vyšší hodnoty.

Souhrn vyhodnocených výsledků podle kontaminace rostlin a půd těžkými kovy je uveden v tab. VI a VII. V tab. VIII jsou souhrnně uvedeny normy využití pro vyhodnocení kontaminace rostlin a půd. Z údajů vyplývá vzájemný nesoulad mezi kontaminací rostlin a půd jak podle jednotlivých prvků, tak podle stupně kontaminace.

Přestože v imisně málo zatížených lokalitách Žamberk a Liberec byla nízká kontaminace půd (žádný vzorek nad hraniční normu a 1 % vzorků přesáhlo indikační normu), kontaminace zemědělských plodin, zejména

poživatín, hodnocených podle potravinářské normy, byla vysoká (Žamberk 57 %, Liberec 86 % kontaminovaných vzorků). Liberec dokonce dosáhl prvenství v množství kontaminace potravinových plodin, na dalších místech je Sokolov (85,5 %), Chomutov a pak následuje Žatecko s relativně nižším počtem kontaminovaných vzorků (48,7 %), jak uvádí tab. VI.

Je zarážející, že při nejnižší průměrné kontaminaci půd (0,6) byla na Liberecku nejvyšší kontaminace rostlin a naopak na Žatecku při nejvyšší kontaminaci půd (12,4) byla nejnižší kontaminace rostlin.

Uvedené výsledky prokázaly, že kontaminace půd a rostlin není v přímé relaci. Porovnáním získaných výsledků s literárními údaji se ukázalo, že i jiní autoři došli ke stejným výsledkům, že kontaminace rostlin je proti kontaminaci půd značně vysoká, a to jak na našem území (Jelínek, 1990; Kokešová, 1990; Vincenc, Belan, 1993), tak např. v sousedním Bavorsku (Kienzl, 1990). Tyto údaje rovněž plně korespondují s našimi dřívějšími výsledky hodnocenými do roku 1990 (Petříková, 1990).

Celkově nejsou naše výsledky v rozporu s výsledky dlouhodobého sledování výskytu cizorodých látek ve složkách životního prostředí, prováděného podle úkolu MZe ČR různými institucemi (ČZPI, SVS, SKZÚZ, VÚMOP, VÚRV apod.). Tyto výsledky jsou souhrnně

VI. Výskyt kontaminace rostlin a půd těžkými kovy v souhrnu všech prvků podle jednotlivých lokalit (průměr za roky 1987 až 1992) – Occurrence of heavy metals contamination of plants and soils in summary value of all elements for each selected area (average for the years 1987 to 1992)

Lokalita ¹	Imisní zátěž ²	% kontaminovaných vzorků ⁸			
		půdy ⁹		rostliny ¹⁰	
		indikační ¹¹	hraniční ¹²	krmivářská ¹³	potravinářská ¹⁴
Žamberk	nízká ³	0,9	–	3,9	56,8
Liberec	střední ⁴	0,6	–	5,2	85,8
Žatec	vyšší ⁵	12,4	0,7	3,3	48,7
Sokolov	vysoká ⁶	7,8	9,7	15,7	85,5
Chomutov	nejvyšší ⁷	10,2	0,9	6,0	79,4

¹area, ²load of immission, ³low, ⁴medium, ⁵higher, ⁶high, ⁷highest, ⁸% of samples contamination, ⁹of soil, ¹⁰of plant, ¹¹indicating, ¹²maximum permissible, ¹³for fodder crops, ¹⁴for food crops

VII. Sumární kontaminace rostlin a půd těžkými kovy pro všechny lokality podle jednotlivých prvků (průměr za roky 1987 až 1992) – Summary contamination of plants and soils by heavy metals for all areas and for each element (average for the years 1987 to 1992)

Hodnotící kritéria pro všechny lokality ¹	Počet analyzovaných vzorků ²	Počet kontaminovaných vzorků ³	% kontaminace ⁴	Četnost výskytu nadlimitních hodnot obsahu jednotlivých prvků ⁵							
				Cd	Pb	As	Hg	Cr	Ni	Co	Zn
Půda ⁶ (indikační ⁸)	1 187	87	7,3	31	19	–	–	44	14	1	10
Půda ⁶ (hraniční ⁹)	1 187	30	2,5	–	2	29	–	–	–	–	–
Rostliny ⁷ (krmivářská ¹⁰)	2 258	137	6,1	31	24	3	74	3	3	9	2
Rostliny ⁷ (potravinářská ¹¹)	620	440	71	243	79	72	142	85	14	–	14

¹evaluating criteria for all areas, for 2–5 see Tab. II, ⁶soil, ⁷plants, ⁸indicating, ⁹maximum permissible, ¹⁰for fodder, ¹¹for food

VIII. Normy pro hodnocení kontaminace půd a rostlinné produkce těžkými kovy – Limiting values for determination of plants and soils contamination by heavy metals

Druh normy ¹		Cd	Pb	As	Hg	Cr	Ni	Co	Zn
Potravinářská ²	obiloviny ⁷	0,05	1	0,1	0,02	0,5	2	–*	50
	brambory ⁸	0,03	0,3	0,3	0,01	0,2	2	–	10
	ostatní poživatiny ⁹	0,05	1	1	0,02	0,5	2	–	50
	zelenina ¹⁰	0,03	0,5	0,5	0,01	0,2	0,5	–	10
	ovoce ¹¹	0,03	0,4	0,5	0,005	0,1	0,5	–	10
Krmivářská ³	obiloviny	0,3	2	2	0,1	3	5	2	250
	čerstvá krmiva ¹²	0,3	5	2	0,1	5	5	2	250
	suchá krmiva ¹³	1	15	6	0,3	15	15	6	500
Půdní ⁴ (extrakt 2M HNO ₃ ¹⁴)	indikační ⁵	0,8	65	–	1	13	20	30	100
	hraniční ⁶	3	100	20	2	100	50	50	300

* norma není stanovena – limit is not established

¹limit standard, ²for food, ³for fodder, ⁴for soil, ⁵indicating, ⁶maximum permissible, ⁷cereal crops, ⁸potatoes, ⁹other food crops, ¹⁰vegetables, ¹¹fruit, ¹²fresh fodder, ¹³dry fodder, ¹⁴extraction with 2M HNO₃

vyhodnoceny a zveřejněny v závěrečné zprávě MZe ČR za rok 1993, ve které podle údajů VÚMOP, který v roce 1992 provedl v okrese Chomutov širší sledování kontaminace zemědělských půd těžkými kovy (obsah Cd, Co, Cr, Cu, Be, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, V a Zn ve výluhu 2M HNO₃), byla z 53 sledovaných ploch zjištěna nadlimitní kontaminace pouze na sedmi, což činí 13 %. Podle našich údajů je počet kontaminovaných půd v okrese Chomutov ještě nižší (méně než 10 %),

ale bez ohledu na tuto skutečnost je výskyt kontaminované rostlinné produkce v podstatně větším poměru.

ČZPI získala rovněž výsledky korespondující s našimi. Jsou zveřejněny v uvedené zprávě. Podle údajů ČZPI shromážděných za období 1987 až 1992 byl zjištěn velký počet vzorků rostlinné produkce kontaminované těžkými kovy, zejména Cd v obilninách, kořenné zelenině, bramborách a v máku. Přičemž v letech 1987 až 1989 byly zjištěny vyšší hodnoty obsahu Cd

v rostlinné produkci než v letech 1990 až 1992. V některých letech dokonce i roční průměrné hodnoty obsahu Cd v obilí a zelenině překračovaly limity, což naznačuje, že bylo více než 50 % sledovaných vzorků kontaminovaných.

Podle těchto výsledků lze soudit, že kromě půdy existuje jiný, významnější zdroj kontaminace rostlin, kterým jsou imise. Jsou způsobeny dálkovým přenosem exhalátů, které kontaminují rostliny těžkými kovy i v lokalitách s nízkým výskytem SO_2 . Z toho vyplývá, že stupeň imisní zátěže složkami obsahujícími těžké kovy nelze posuzovat jen podle výskytu SO_2 .

Tento závěr je velice významný z praktického hlediska. Rostliny jsou důležitějším článkem potravního řetězce než půda a kromě toho kontaminace rostlin těžkými kovy je podle dosavadních výsledků oproti půdě rozsáhlejší, což bylo potvrzeno rozбором a vyhodnocením rozsáhlé řady vzorků. Vztah mezi půdou a rostlinami se komplikuje přímým vlivem znečištěného ovzduší, tzv. pasivní kontaminací, která je zřejmě významnější než kontaminace rostlin z půdy. Proto je nutné zaměřit se rozhodující měrou především na monitoring rostlin než na pouhé sledování kontaminace půd těžkými kovy, jak je tomu převážně dosud. Rovněž se ukazuje nutnost rozšíření monitorovací sítě a nezbytnost pokračování tohoto výzkumu, a to především z hlediska transferu těžkých kovů z ovzduší do rostlin.

LITERATURA

- ADEMA, E. H.: Course on air pollution. Wageningen Univ. 1990.
BAKER, C. K. – COILS, J. J.: Air pollution and crop growth. Span, 25, 1985 (2): 76–78.

JELÍNEK, F.: Praktické využití výsledků rozborů cizorodých látek u obilovin v systémech pěstování polních plodin. In: Sbor. Konf. Zemědělství a životní prostředí, Chomutov, 1990: 89–92.

KABATA, A. – PENDIAS, H.: Mikroelementy v počvách i rastěniach. Moskva, Mir 1989. 424 s.

KIENZL, H.: Bodenkultur und Pflanzenbau. Jber. 89/90, Freising, München, 1990: 144.

KOKEŠOVÁ, B.: Sledování cizorodých látek v potravinovém řetězci. In: Sbor. Konf. Zemědělství a životní prostředí, Chomutov, 1990: 77–82.

NĚMEČEK, J. – PODLEŠÁKOVÁ, E.: Perspektivní experimentální monitoring rizikových prvků v půdách ČR. Rostl. Výr., 38, 1992 (6): 433–436.

NOVÁK, J.: Ochrana ovzduší v ČR. Praha, SZN 1983.

PETŘÍKOVÁ, V.: Výskyt imisí v ovzduší a obsah těžkých kovů v zemědělských plodinách. Rostl. Výr., 36, 1990 (4): 367–378.

PETŘÍKOVÁ, V. – ZÁLESKÁ, I.: Výskyt imisí a jejich vliv na rostlinnou výrobu. Agrochémia, 1990 (3): 81–83.

PETŘÍKOVÁ, V. – USTJAK, S.: Long-term trends of soils and plants contamination by heavy metals in some areas of immission-loaded regions of Czech Republic. II. Mezin. Konf. Hodnocení vlivu hospodářské činnosti na životní prostředí, Praha, 1993.

SIDORIN, E. a kol.: Ekologické problémy průmyslové výroby. Praha, EKO VIS MŽP ČR, roč. 2, 1992 (6): 21–46.

VINCENC, J. – BELAN, F.: Vliv imisí a kontaminace půd na obsah těžkých kovů u ozimé řepky. Rostl. Výr., 39, 1993 (5): 453–457.

Zpráva o výskytu cizorodých látek ve složkách životního prostředí sledovaných v zemědělství. [Závěrečná zpráva.] MŽE ČR 1993, Agrospoj, 4, 1993 (26): 1–12.

Došlo 9. 11. 1993

Kontaktní adresa:

Ing. Vlasta Petříková, DrSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně, oddělení ekotoxikologie, Nové Spolice 4987, 430 01 Chomutov, Česká republika, tel.: 0396/270 90, fax: 02/36 52 28

II. EVROPSKÁ KONFERENCE SKUPINY PRO VÝZKUM A ŠLECHTĚNÍ LNU PŘI FAO FLAX NETWORK

Ve dnech 8. až 10. 11. 1994 se v Brně uskutečnila druhá evropská konference skupiny pro výzkum a šlechtění lnu, která pracuje při FAO FLAX NETWORK založeném na druhé evropské konferenci o lnu v Bonnu v roce 1993.

Pracovního jednání se zúčastnilo cca 40 ináškých odborníků, specialistů ve šlechtění z Portugalska, Francie, Holandska, Německa, České republiky, Slovenska, Polska, Ukrajiny, Běloruska, Ruska, Rumunska, Bulharska a také z Kanady.

Organizátorem tohoto setkání byla Česká republika, Státní kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno ve spolupráci s firmou AGRITEC, výzkum, šlechtění a služby, s.r.o., Šumperk. Hlavní náplní jednání bylo zhodnocení činnosti od posledního zasedání skupiny v Bonnu, zejména podání informace o vytvoření a současném stavu mezinárodní databáze genových zdrojů lnu (IFDB) a další směry činnosti v této oblasti.

Jednání zahájil ředitel SKZÚZ ing. Kaláček, CSc., krátkou informací o činnosti skupiny od jejího posledního zasedání v Bonnu podal její předseda ing. Rosenberg, CSc., a informaci o činnosti FAO FLAX NETWORK podala zástupkyně prezidenta FAO FLAX NETWORK prof. Kozłowského paní M. Talarczyk z IKWN Poznań z Polska.

Odborné jednání proběhlo ve třech sekcích:

1. Současný stav mezinárodní databáze lnu
2. Unifikace speciálních deskriptorů databáze:
část 1: morfologické charakteristiky
část 2: biologické a výnosové charakteristiky
3. Příspěvky zahraničních účastníků

Ad 1. Garantem mezinárodní databáze lnu je AGRITEC, výzkum, šlechtění a služby, s.r.o., Šumperk. V současné době je v databázi evidováno 1 150 evropských i světových

genových zdrojů lnu ze 13 přispívajících genových bank v USA, Rusku, České republice, Ukrajině, Rumunsku, Bulharsku, Francii, Holandsku, Německu, Polsku a Severním Irsku. Co se týká hospodářského zastoupení, je 547 (49,41 %) přadných lnů, 427 (38,57 %) olejných lnů, 103 (9,30 %) kombinovaných olejnopřadných lnů a 30 vzorků (2,71 %) jiných typů. Byla vydána první verze katalogu, sloužící všem uživatelům, zejména šlechtitelům, pracovníkům výzkumných ústavů, zemědělských univerzit apod.

Ad 2. Ve druhé sekci proběhla dlouhá diskuse ke znakům, které se budou v rámci IFDB hodnotit. Nakonec bylo schváleno 24 deskriptorů zahrnujících hodnocení morfologických, biologických a výnosových charakteristik, o které bude stávající struktura databáze rozšířena. Tím se stane databáze plně použitelná i z praktického šlechtitelského hlediska. Současně byla schválena pravidla pro další příjem genových zdrojů do této databáze, a to nejenom původu přispívajících genových bank.

Ad 3. Ve třetí sekci byly prezentovány příspěvky z oblasti šlechtění a biotechnologií lnu, umožňující získat přehled o současném stavu výzkumu v této oblasti ve Střední a Západní Evropě.

Na závěr dvouletného jednání bylo přijato usnesení, potvrzující současný stav mezinárodní databáze, rozšíření databáze o další speciální deskriptory a přijetí pravidel pro další přijímání genových zdrojů. Současně byl předložen plán práce této skupiny pro rok 1995, zahrnující tyto úkoly:
– doplnění chybějících pasportních deskriptorů,
– návrh standardních odrůd pro jednotlivé znaky,
– přípravu „Workshop summary“ a sborníku z této konference,
– organizaci třetího zasedání skupiny, které se uskuteční v říjnu nebo v listopadu 1995 ve Francii pod názvem: Genetika a šlechtění *Linum usitatissimum*.

Ing. Martin Pavelík, CSc.

AGRITEC, výzkum, šlechtění a služby, s.r.o., 787 01 Šumperk

POŽADOVÉ OBSAHY POTENCIÁLNĚ RIZIKOVÝCH PRVKŮ V PŮDÁCH ČR (OBSAHY V EXTRAKTU 2M HNO₃)

BACKGROUND CONTENTS OF THE POTENTIALLY HAZARDOUS ELEMENTS IN SOILS OF THE CZECH REPUBLIC (CONTENTS IN THE 2M HNO₃ EXTRACT)

J. Němeček¹, E. Podlešáková², M. Pastuszková²

¹Czech Agricultural University, Praha, Czech Republic

²Research Institute of Soil and Water Conservation, Praha, Czech Republic

ABSTRACT: The determination of the contents of potentially hazardous elements in the extract by 2M HNO₃ (cold) has been introduced with the hope that the obtained data reflect their bioavailable fraction (which has not been proved) and that this procedure is very expeditious. The method was used for soil testing purposes and in inventory studies in the Czech Republic. In the set of 1,280 samples taken from Ap-horizons of soils, the content of As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, V and Zn in the extract of 2M HNO₃ has been determined. In the Tabs I to III subdivided into subsets in the same manner as in the case of total contents, the similar gradation of trace elements concentrations has been found out. The first sequence (Tab. I) reflects the increasing of Co, Cr, Cu, Mn, Ni, V and Zn and decreasing of Pb contents due to the mineralogical properties of acid granites – gneisses – mafic – ultramafic parent rocks. The next sequence (Tab. II) reflects the texture of soils from sedimentary parent materials and the anthropogenic enrichment of fluvisols. The data obtained by this procedure have to be compared with the total contents to correlate them with the internationally used criteria and to verify their indicative role for assessing the anthropogenic loads. Minimum values of solubility (Tab. IV) for Cr and V have been found in mafic and ultramafic rocks, for Mn and Ni in gneisses (micaceous shists) and for Be in acid magmatic and metamorphic rocks. In the sequence of soils from sedimentary rocks (Tab. V) only anthropogenic enrichment in fluvisols is accompanied by increased solubility. Flooded fluvisols downstream the industrial cities are characterized by a markedly increased solubility of Cu and Zn and an increase in solubility of As, Be, Cr, Mn, Mo, Ni, Pb and V. Element – specific solubility in the order Cd > Mn > Pb > Mo, Cu > Co > Zn > Be, Ni, V > As > Cr in non contaminated and in slightly contaminated soils from immissions can serve for recalculations of total element contents. The changes in solubility caused by increased immission loads have to be assessed.

hazardous elements; soil extracts; background values; total contents; soil contamination

ABSTRAKT: Soubor 1 280 stanovení obsahů rizikových prvků v extraktu 2M HNO₃ byl vyčleněn na 13 reprezentativních dílčích souborech, odrážejících nejvýraznější půdně-litologické rozdíly půd ČR a specifiku fluvisolů. Byly stanoveny požadové hodnoty v 2M HNO₃ (geometrické průměry). Z těchto podkladů budou generalizovány limity kontaminace půd podle celkových obsahů prvků, resp. obsahů rozpustných v 2M HNO₃ s přihlédnutím k relativní rozpustnosti.

rizikové prvky; půdní extrakty; požadové hodnoty; celkové obsahy; kontaminace půd

ÚVOD

Zdůvodnění nutnosti poznání požadových hodnot potenciálně rizikových prvků v půdě a nezbytného stupně jejich diferenciaci podle mineralogických a texturních vlastností bylo popsáno v předchozí studii (Podlešáková et al., 1994). Vycházelo se z celkových obsahů rizikových látek. Tyto údaje jsou nezbytné k vyvození limitu kontaminace půd. Pro účely hygienické a zemědělské kontroly půd bylo v ČR zavedeno stanovení potenciálně rizikových prvků v 2M HNO₃ za

chladu. Motivem zavádění extraktů zředěnými kyselinami (dříve 1M HCl) bylo očekávání, že tyto výluhy mohou odrážet rostlinám přístupnější podíl. I když se dále ukázalo, že tento požadavek neplní, hlavním argumentem zůstala expeditivnost postupu. Z tohoto aspektu se extrakt v 2M HNO₃ používá v inventarizaci a monitorizaci rizikových prvků v ČR, prováděných systematicky SKZÚZ (Hauptmann, 1993; Mazanec, Nerad, 1994) a v dílčích studiích prováděných jinými institucemi (Dostál et al., 1990; Petříková, Ustjak, 1993; Smrček et al., 1993 aj.).

Vzhledem k tomu, že práce je věnována požadovným obsahům, nediskutujeme otázku extraktantů, které mají vztah k mobilitě rizikových prvků v půdě a jejich příjmu rostlinami, což bude předmětem samostatného příspěvku.

Zavedením extraktu 2M HNO₃ pro stanovení potenciálně rizikových prvků vznikl problém vztahu získaných hodnot k zahraničním kritériím. Víceúčelová kritéria se opírají o celkové obsahy (např. nizozemské postupy, studie německých geologických ústavů), limity pro aplikace kalů do půdy o údaje extraktu lučavkou královskou. V tomto ohledu se pozornost obracela na Švýcarsko, kde byla jako v jediné zemi zavedena extrakce 2M HNO₃ (Eidgenöss. Dep. des Inneren, 1984) a k této metodě byla vypracována kritéria hodnocení. Navržená metoda a kritéria se však vztahují na extrakt 2M HNO₃ za tepla, takže srovnání s naším postupem opět chybí. Z tohoto důvodu se staly problematické první návrhy kritérií MVZ ČSR (1987).

Cílem předloženého příspěvku není otázka ekotoxikologicky relevantních kritérií, ale otázka použitelnosti údajů 2M HNO₃ k identifikaci kontaminace půd a jejich vztahů k celkovým hodnotám, zprostředkujícím mezinárodní srovnání. Toto srovnání umožňuje skutečnost, že v našich studiích byly dosud veškeré vzorky analyzovány oběma metodami. Hodnocení rozpustnosti sledovaných prvků u půd jednotlivých půdně-litologických skupin se tak stává významným diagnostickým znakem. Obdobný způsob k hodnocení antropogenního ovlivnění půd použili Steiger et al. (1985). Pracovali s extraktem 1,5M HNO₃ za varu. Zjistili přitom u nekontaminovaných půd tato relativní maxima rozpustnosti (v procentech): Cd (100), Cu (80), Ni (50), Pb (70), Zn (70). Vyšší hodnoty u Cu, Ni, Pb a Zn svědčí o antropické kontaminaci.

Je paradoxem, že vyhláška MŽP č. 13/1994 Sb. po vynechání limitů kontaminace (svrchní hranice požadových hodnot) zavádí extrakci lučavkou královskou pro maximálně přípustné obsahy považované za celkové obsahy, čímž zpochybňuje stanovené relace k údajům v 2M HNO₃.

MATERIÁL A METODA

Paralelně se stanovením celkových obsahů v souboru 1 280 vzorků byl analyzován extrakt 2M HNO₃ (zemina : kyselina = 1 : 10) za chladu. Postup odběru vzorků, vytváření dílčích souborů a jejich statistické zpracování popisují Podlešáková et al. (1994).

V této práci srovnáváme jednotlivé dílčí soubory podle geometrických průměrů hodnot extraktu 2M HNO₃ a jejich variačních koeficientů. Kromě toho byla statisticky vyhodnocena rozpustnost prvků 2M HNO₃ (obsah v 2M HNO₃ k celkovému obsahu) a posouzeny možnosti jejího diagnostického využití. V další práci budou na základě generalizace svrchních mezí variability dílčích souborů navrženy diferencované limity kontaminace půd.

VÝSLEDKY A DISKUSE

V tab. I až III jsou uvedeny geometrické průměry obsahů rizikových prvků v 2M HNO₃ a jejich variační koeficienty, v tab. IV až VI analogické hodnoty pro rozpustnost.

Čtyři seskupení (tab. I) odrážejí obdobně jako u celkových rozborů stoupání obsahů Co, Cr, Cu, Mn, Ni, V a Zn v důsledku nárůstu obsahu slůd u rul (a zejména svorů) a jejich signifikantní zvýšení v důsledku nárůstu tmavých minerálů v eutrofních substrátech. Současně klesá obsah Pb v důsledku změn mineralogického složení. V této sekvenci (tab. IV) klesá i rozpustnost Cr a V, přičemž Cr vykazuje u půd z ultrabazických substrátů nejvyšší hodnoty v celém souboru vůbec. U Mn a Ni zjišťujeme minima rozpustnosti u půd ze svahovin rul. V obsahu Be extrahovatelného v 2M HNO₃ nenalzáme maxima u půd z kyselých magmatických a metamorfovaných hornin jako u totálních obsahů, zato však zaznamenáváme nejvyšší rozpustnost v celém zkoumaném souboru. Nejvyšší obsahy As zjišťujeme v půdách ze svahovin kyselých hornin. Nejvyšší obsahy Cd mají půdy ze svahovin kyselých žul.

Sedm z devíti seskupení (tab. II a V) odrážejí v méně výrazné formě než celkové rozboru u některých prvků nárůstání obsahu jílů a specifiku zpevněných hornin. Opět lze zjistit signifikantně nejvyšší obsahy všech prvků u půd z písků a většinou snížené obsahy řady prvků u svahovin pískovců (srovnatelné s obsahem v svahovinách žul), někdy i u půd s výraznou ilimerizací. Tuto tendenci vykazují hlavně Co, Cu, Ni a Be, méně výrazně Cr a Mn. Nejmenší diferencování podle půd (minima pouze u písků) jsou Cd, Pb a Zn. Významné rozdíly v rozpustnosti prvků mezi skupinami půd nenalzáme. Pouze separátní hodnocení mezi zrnitostně lehkými a středně těžkými substráty z nepevných sedimentů (tab. VI) prokazuje rozdílnou rozpustnost prvků v lehkých půdách. Významně se však liší od všech skupin celého souboru další skupiny (8, 9) fluvizemí, charakterizované starou antropickou zátěží. U běžných fluvisolů z aluviálních i koluviálních sedimentů se setkáváme zpravidla se zvýšenými obsahy Cd, Cu, Pb a Zn. Extrémní kontaminace až intoxikace fluvizemí dosud zaplavovaných částí niv za průmyslovými městy je indikována hlavně obsahy Cd, Zn, Cu, Pb, Cr a Mn, ale i As, Be a Ni. Tato forma znečištění půd z odpadních vod se projevuje extrémně zvýšenou rozpustností v 2M HNO₃ u Cr, Zn a Cu a významně zvýšenou rozpustností i u As, Be, Co, Mn, Ni a V.

Ve srovnání s vysokou rozpustností některých stopových prvků v 2M HNO₃ u fluvizemí je zvýšení rozpustnosti některých prvků (hlavně Cu, Pb a Zn) u půd severočeského regionu, kontaminovaných dlouhodobým působením imisí, vcelku nízké (Podlešáková et al., 1994). Indikátorové úloze rozpustnosti prvků v 2M HNO₃, kterou můžeme zatím uplatnit u zmíněných extrémů, je třeba věnovat další pozornost. Z dosavadních zkušeností vyplývá, že u půd, které nejsou významněji kontaminovány, lze přepočtem pomocí

I. Obsah potenciálně rizikových prvků v extraktu 2M HNO₃ (svahoviny magmatických a metamorfovaných hornin) – Content of potentially hazardous elements in the extract by 2M HNO₃ (transported weathering products of magmatic and metamorphic rocks)

Sku- pina ¹	Substráty ² – půdy ³	n	Údaj ⁴	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Ni	Pb	V	Zn
1.	svahoviny žul ⁵ – kambizem ⁹	82	GM Vx	2,17 65,30	0,44 38,50	0,14 45,60	3,08 75,90	4,69 69,20	5,57 47,60	317 52,60	0,10 8,4	2,51 77,00	19,40 31,70	7,62 60,70	22,00 39,30
2.	svahoviny rul ⁶ – kambizem ⁹	284	GM Vx	2,76 77,30	0,50 51,00	0,17 52,70	3,55 64,90	5,31 60,40	7,64 39,60	363 57,60	0,15 52,00	3,08 79,20	23,50 44,60	12,19 61,90	22,00 48,00
3.	svahoviny (neutrálních) bazických hornin a s příměsí ultrabazik ⁷ – kambizem ⁹	51	GM Vx	0,92 80,90	0,72 58,50	0,16 66,20	10,40 40,10	9,48 58,90	19,55 66,90	327 43,80	0,12 36,10	11,70 52,30	18,70 43,30	23,60 52,00	24,50 56,30
4.	svahoviny ultrabazických hornin ⁸ – kambizem ⁹	54	GM Vx	1,55 87,00	0,64 40,90	0,17 63,40	14,11 45,40	13,16 65,10	19,00 65,20	475 51,10	0,15 59,60	15,28 68,90	14,60 49,20	28,16 61,50	26,10 48,50

GM – geometrický průměr – geometric mean (mg.kg⁻¹)

Vx – variační koeficient – variation coefficient (%)

¹group, ²substrates, ³soils, ⁴data, ⁵granites, ⁶gneisses, ⁷neutral rocks and admixtures of ultramafic rocks, ⁸ultramafic rocks, ⁹cambisols

II. Obsah potenciálně rizikových prvků v extraktu 2M HNO₃ (sedimentární horniny) – Content of potentially hazardous elements in the extract by 2M HNO₃ (sedimentary rocks)

Sku- pina ¹	Substráty ² – půdy ³	n	Údaj ⁴	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Ni	Pb	V	Zn
1.	písky ⁵ regozem ¹⁶	67	GM Vx	1,36 45,70	0,44 71,90	0,11 60,10	2,50 65,00	3,12 72,80	6,63 62,00	250 40,60	0,10 21,60	3,44 67,00	13,10 44,90	5,98 65,00	14,90 58,00
2.	svahoviny pískovců ⁶ kambizem ¹⁷	34	GM Vx	1,09 57,90	0,43 33,00	0,13 62,50	3,68 54,00	3,93 55,20	7,60 70,20	367 33,40	0,10 21,90	4,30 56,20	19,10 63,60	11,40 67,70	18,41 51,80
3.	prachovice ⁷ luvizem ¹⁸ , pseudogleje ¹⁹	81	GM Vx	1,17 73,90	0,46 16,20	0,12 52,10	4,65 40,70	6,57 45,00	7,04 22,60	340 36,40	0,10 16,40	4,17 47,80	16,50 27,10	7,02 48,30	17,00 17,00
4.	spraše ⁸ černozem ²⁰ , hnědozem ²¹	142	GM Vx	1,25 55,10	0,59 59,00	0,14 33,60	5,13 50,30	5,14 54,80	9,32 33,40	335 27,20	0,14 55,70	6,95 44,80	23,00 33,90	12,50 45,20	22,71 37,00
5.	polygenetické hlíny ⁹ kambizem ¹⁷ , pseudogleje ¹⁹	157	GM Vx	0,95 72,20	0,53 43,40	0,15 55,20	5,23 63,00	5,00 58,30	9,41 44,70	351 46,00	0,15 51,1	5,46 63,60	19,80 38,00	18,40 55,80	21,40 46,70
6.	siliny ¹⁰ , jíly ¹¹ pelozem ²² , smonice ²³	113	GM Vx	0,94 52,70	0,78 60,40	0,14 45,80	5,32 41,60	5,00 47,60	10,60 56,50	326 35,9	0,17 43,20	7,68 47,20	17,10 27,10	13,20 43,00	19,71 40,00
7.	svahoviny břidlic ¹² kambizem ¹⁷	75	GM Vx	1,06 39,90	0,43 68,20	0,17 50,80	5,00 65,60	5,80 59,40	8,25 46,80	350 65,1	0,22 50,80	5,00 63,90	18,70 45,40	10,60 66,60	21,40 60,90
8.	nivní ¹³ (koluviální ¹⁴) sedimenty ¹⁵ , fluvizem ²⁵	103	GM Vx	2,60 58,60	0,64 38,00	0,24 61,60	4,72 50,80	6,00 61,50	12,87 63,30	320 44,50	0,11 32,10	6,97 51,50	24,80 50,20	10,00 51,90	31,80 72,00
9.	nivní ¹³ sedimenty ¹⁵ inundované fluvizem ²⁶	34	GM Vx	5,60 78,50	1,15 48,00	1,32 74,50	7,62 46,40	23,45 115,8	48,65 53,20	681 61,3	0,13 37,20	14,90 60,60	57,60 61,70	14,10 41,20	170,0 78,00

GM – geometrický průměr – geometric mean (mg.kg⁻¹)

Vx – variační koeficient – variation coefficient (%)

For 1–4 see Tab. I, ⁵sands, ⁶sandstones, ⁷loess-like sediments, ⁸loesses, ⁹polygenetic loams, ¹⁰marls, ¹¹clays, ¹²shales, ¹³alluvial, ¹⁴colluvial, ¹⁵sediments, ¹⁶regosols, ¹⁷cambisols, ¹⁸albic luvisols, ¹⁹stagnosols, ²⁰chernosols, ²¹luvisols, ²²pelosols, ²³vertisols, ²⁴fluvisols, ²⁵flooded fluvisols

III. Obsah potenciálně rizikových prvků v extraktu 2M HNO₃ (spojené soubory) – Content of potentially hazardous elements in the extract by 2M HNO₃ (combined sets)

Sku- pina ¹	Substráty ² – půdy ³	n	Údaj ⁴	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Ni	Pb	V	Zn
1.	celkem bez geochemických extrémů ⁵	1035	GM Vx	1,75 80,40	0,51 54,00	0,15 50,90	4,17 65,60	4,96 68,40	8,12 48,40	345 51,70	0,10 121,7	4,29 79,50	18,60 39,30	12,34 65,40	20,10 49,20
2.	písečné substráty ⁶	101	GM Vx	1,31 48,20	0,41 61,50	0,12 62,00	3,01 67,10	3,42 69,40	6,96 64,90	273 41,5	0,10 3,85	3,76 65,10	13,90 48,00	7,19 72,70	16,00 56,60
3.	hlinité substráty ⁷	223	GM Vx	1,23 58,70	0,52 48,30	0,16 41,50	4,78 45,10	5,62 52,70	8,65 33,00	344 30,6	0,14 52,00	5,79 52,50	18,00 29,90	12,20 56,00	18,90 42,50

GM – geometrický průměr – geometric mean (mg.kg⁻¹)

Vx – variační koeficient – variation coefficient (%)

For 1–4 see Tab. I, ⁵total set of data except of geochemical anomalies, ⁶coarse textured parent materials, ⁷loamy parent material

IV. Rozpuštěnost potenciálně rizikových prvků v půdách ze svahovin vyvěřelých a metamorfovaných hornin – Solubility of potentially hazardous elements in soils from transported weathering products of magmatic and metamorphic rocks

Skupina	Substráty ² – půdy ³	n	Údaj ⁴	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Ni	Pb	V	Zn
1.	svahoviny žul ⁵ – kambizem ⁹	82	R Vx	13,40 94,70	15,50 41,30	81,20 18,70	38,60 54,60	13,90 50,70	39,40 43,80	58,10 36,60	61,00 58,70	18,70 42,70	47,90 26,90	22,20 37,40	29,10 35,60
2.	svahoviny rul ⁶ – kambizem ⁹	284	R Vx	16,30 75,50	16,20 49,60	84,80 19,20	35,60 39,30	9,70 46,30	35,20 36,60	39,00 45,50	39,00 59,90	11,90 58,10	52,70 28,90	16,80 52,80	22,80 38,30
3.	svahoviny (neutrálních) bazických hornin a s příměsí ultrabazik ⁷ – kambizem ⁹	51	R Vx	14,85 98,30	28,70 37,90	93,60 10,50	36,90 30,30	6,30 62,10	42,50 47,20	52,40 36,10	64,80 67,20	19,60 41,40	45,90 35,80	15,50 66,40	23,80 44,20
4.	svahoviny ultrabazických hornin ⁸ – kambizem ⁹	54	R Vx	18,21 123,40	25,00 39,70	95,20 23,50	35,20 30,80	5,60 52,20	37,60 39,20	46,40 32,90	66,30 53,30	18,40 50,90	46,50 34,30	17,50 51,60	23,70 39,90

R – rozpustnost = (GM 2M HNO₃/GM celkový obsah).100 – solubility = (GM 2M HNO₃/GM total content).100

Vx – variační koeficient – variation coefficient (%)

For 1–9 see Tab. I

V. Rozpuštěnost potenciálně rizikových prvků v půdách ze sedimentárních hornin – Solubility of potentially hazardous elements in soils from unconsolidated sedimentary sediments and slope deposit of sedimentary rocks

Skupina	Substráty ² – půdy ³	n	Údaj ⁴	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Ni	Pb	V	Zn
1.	písky ⁵ regozem ¹⁶	67	R Vx	11,50 59,10	25,60 52,20	75,10 36,40	38,60 33,20	8,80 62,80	49,10 47,20	57,00 28,90	47,20 64,20	20,60 29,70	47,30 40,20	14,30 75,30	33,70 51,00
2.	svahoviny pískovců ⁶ kambizem ¹⁷	34	R Vx	8,50 118,9	24,60 59,40	82,90 27,20	35,00 33,20	10,20 55,60	43,80 48,70	64,70 27,90	– –	22,20 33,00	51,90 23,60	14,40 39,20	28,70 32,50
3.	prachovice ⁷ luvizem ¹⁸ , pseudogleje ¹⁹	81	R Vx	15,40 28,50	28,30 29,70	87,50 16,00	43,10 37,40	10,70 40,20	45,80 26,00	48,50 47,00	69,10 39,10	25,00 40,40	55,90 29,10	12,70 38,80	33,30 39,70
4.	spraše ⁸ černozem ²⁰ , hnědozem ²¹	142	R Vx	8,70 62,50	25,90 45,00	88,80 15,20	42,70 31,80	8,40 51,10	45,20 27,60	58,80 29,40	42,90 59,30	26,20 31,40	47,90 31,60	14,60 43,70	26,40 49,40
5.	polygenetické hlíny ⁹ kambizem ¹⁷ , pseudogleje ¹⁹	157	R Vx	8,60 91,80	22,20 48,20	87,50 21,50	38,50 39,20	8,50 53,20	47,40 31,60	52,20 35,10	48,70 62,20	21,50 41,90	55,30 31,50	16,90 45,50	27,40 47,40
6.	slíny ¹⁰ , jíly ¹¹ pelozem ¹² , smonice ²³	113	R Vx	5,20 72,00	25,30 42,30	82,00 32,00	36,80 30,60	7,40 45,90	41,50 35,60	62,10 23,10	28,60 44,50	24,90 26,50	46,00 29,20	14,30 35,90	22,70 38,70
7.	svahoviny břidlic ¹² kambizem ¹⁷	75	R Vx	12,60 89,30	23,00 32,20	91,50 18,40	46,00 41,10	8,80 42,40	36,00 36,70	56,80 19,80	20,90 92,20	20,00 43,70	53,50 25,00	19,00 29,50	24,00 34,50
8.	nivní ¹³ (koluviální ¹⁴) sedimenty ¹⁵ , fluvizem ²⁵	103	R Vx	13,30 83,60	26,10 31,50	86,50 27,30	47,00 58,70	10,20 57,20	51,50 42,20	51,20 33,90	31,80 61,70	31,20 42,20	59,60 41,80	14,30 29,60	30,30 57,10
9.	nivní ¹³ sedimenty ¹⁵ inundované fluvizem ²⁶	34	R Vx	31,10 55,30	36,60 26,40	87,20 41,70	50,50 26,70	23,20 59,50	77,30 13,30	65,60 19,00	53,10 72,50	41,70 29,00	72,30 44,60	21,00 25,40	60,70 33,30

R – rozpustnost = (GM 2M HNO₃/GM celkový obsah).100 – solubility = (GM 2M HNO₃/GM total content).100

Vx – variační koeficient – variation coefficient (%)

For 1–4 see Tab. I, for 5–26 see Tab. II

VI. Rozpuštěnost potenciálně rizikových prvků (spojené soubory) – Solubility of potentially hazardous elements (combined sets)

Skupina	Substráty ² – půdy ³	n	Údaj ⁴	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Ni	Pb	V	Zn
1.	celkem bez geochemických extrémů ⁵	1035	R Vx	11,70 86,00	19,90 51,90	24,90 22,90	38,50 39,80	9,10 51,80	41,00 38,70	57,80 37,50	41,80 64,90	19,00 55,00	50,90 30,80	16,80 52,00	25,70 43,60
2.	písčité substráty ⁶	101	R Vx	10,80 74,30	25,40 53,20	77,90 33,50	37,10 32,70	9,30 60,40	47,70 48,40	58,60 28,80	48,90 59,80	24,00 31,30	49,30 36,40	14,70 70,50	32,50 47,10
3.	hlinité substráty ⁷	223	R Vx	9,80 62,30	26,40 42,30	88,30 15,50	43,00 34,50	9,10 48,80	45,30 26,70	56,50 34,40	47,20 58,90	24,20 37,10	50,70 31,50	14,20 43,00	28,80 47,30

R – rozpustnost = (GM 2M HNO₃/GM celkový obsah).100 – solubility = (GM 2M HNO₃/GM total content).100

Vx – variační koeficient – variation coefficient (%)

For 1–4 see Tab. I, for 5–7 see Tab. III

průměrné rozpustnosti dospět k přibližnému celkovému obsahu. Každý z potenciálně rizikových prvků má specifickou rozpustnost, kterou lze seřadit podle ubývajících průměrných hodnot nekontaminovaných půd (v procentech) do řady takto: Cd (85), Mn (58), Pb (51), Mo (42), Cu (41), Co (38), Zn (26), Be (20), Ni (19), V (17), As (12), Cr (9). U kontaminovaných půd je nezbytné s ohledem na možnost použití standardů přejít na hodnoty celkových obsahů.

LITERATURA

- DOSTÁL, P. – SZALAY, A. – HANÁK, K.: Monitoring půdních vlastností a těžkých kovů v ekologických podmínkách jižní Moravy. In: Sbor. Konf. Hygiena půd a jej monitorovanie II, Frýdek-Místek, 1990: 34–49.
- HAUPTMAN, I.: Předběžné výsledky průzkumu obsahu rizikových kovů v půdách České republiky. Praha, Bull. SKZÚZ, 1993 (2): 23–26.
- MAZANEC, O. – NERAD, J.: Průzkum obsahu rizikových prvků v půdách České republiky v letech 1990–1993. Praha, Bull. SKZÚZ, 1994: 62 s.
- PETŘÍKOVÁ, V. – USTJAK, V.: Dlouholeté trendy kontaminace půd a rostlin těžkými kovy ve vybraných lokalitách imisně zatížených oblastí ČR. In: Sbor. 2. mezin. Konf. Hodnocení vlivu hospodářské činnosti na životní prostředí, Praha, 1993: 163–170.
- PODLEŠÁKOVÁ, E. – NĚMEČEK, J. – HÁLOVÁ, G.: Požadované obsahy potenciálně rizikových prvků v půdách ČR (celkové obsahy). Rostl. Výr., 40, 1994 (12): 1095–1105.
- PODLEŠÁKOVÁ, E. – NĚMEČEK, J. – VÁCHA, R.: Kontaminace půd severočeského regionu rizikovými prvky. Rostl. Výr., 40, 1994 (2): 123–130.
- SMRČEK, L. – VRUBEL, J. – PAVELKA, J.: Obsah těžkých kovů v zemědělské půdě na území Ostravy. Úroda, 1993 (5): 197–198.
- STEIGER, K. – MACHELETT, B. – PODLESÁK, W.: Vergleich von Aufschluss und Extraktionsverfahren zum Ermittlung des Gehaltes von Kupfer, Zink, Cadmium, Blei und Nickel in Böden unterschiedlicher anthropogener Belastung. Bodenkultur, 36, 1985: 99–107.
- Eidgenössisches department des Inneren: Verordnung über Schadstoffgehalte des Bodens (VSBo), 1984.
- MZVŽ ČSR: Vyhlášení mezních hodnot obsahů cizorodých látek v zemědělské půdě. 1987. 3 s.
- MŽP ČR: Vyhláška MŽP, kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu. Sb. 13/1994, č. 4, s. 88.

Došlo 18. 5. 1994

Kontaktní adresa:

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

MANAGEMENT A ŠLECHTĚNÍ VÍCELETÝCH VOJTĚŠEK PRO DIVERZIFIKOVANÉ VYUŽITÍ

Ve dnech 5. až 8. 9. 1994 konala ve francouzském městě Lusignan v pořadí již 11. konference EUCARPIA – Medicago Group, tentokrát rozšířená o specialisty FAO. Více než 100 vědců a šlechtitelů z 25 zemí Evropy, Asie, severní Ameriky a Afriky diskutovalo během čtyř dnů jednání o současném, ale hlavně budoucím využití a významu druhů rodu *Medicago*.

Úvodní referát odstupujícího předsedy EUCARPIA – Medicago Group dr. Guy (INRA Lusignan) charakterizoval budoucnost vojtěšky v 21. století. Vedle klasického farmářského využití bude stále více narůstat důležitost vojtěšky jako krajinnotvorného prvku a bude se rozvíjet i celá řada průmyslových aplikací, při nichž vstupní surovinou bude vojtěška (výroba papíru, biopesticidů, proteinů). Tato diverzifikovaná užití má ovšem základ ve šlechtění, které musí dodat nové odrůdy vhodné pro tyto aplikace.

Vlastní odborné jednání konference rozdělili organizátoři do čtyř sekcí. Jednání každé sekce bylo uvedeno hlavním referátem a poté pokračovalo u posterů a všeobecnou diskusí.

Tématem první sekce bylo „Místo vojtěšky v systému hospodaření, technika a management při různém využití v různých podmínkách prostředí a v lišících se sociologických a ekonomických situacích“. Úvodní referát přednesl prof. Talamucci z Itálie. Zdůraznil mj. široké možnosti využití vojtěšky (zelené krmení, pastva, silážování, dehydratace, průmyslové využití) a přitom vysoký potenciál adaptability na různé podmínky. Mezi aspekty, které musí být valorizovány, patří využití pro pastvu a pro environmentální modelaci. Poster prezentovaly úlohu vojtěšky v různých zemích (Polsko, Rumunsko, Alžírsko, Francie, Turecko aj.). Zajímavé především výsledky publikovali autoři z Francie. Testovali atraktivnost vojtěšky pro divoce žijící ptáky a vyslovili domněnku, že by bylo možné použít speciálně vyšlechtěné odrůdy pro udržení přirozených populací těchto ptáků v ohrožených oblastech.

Druhá sekce pod titulem „Růstový rytmus, vlivy prostředí, variabilita a šlechtění pro různé využití“ byla uvedena příspěvkem kolektivu autorů pod vedením nového předsedy EUCARPIA – Medicago Group prof. Rottiliho z Itálie. Autoři preferují ve šlechtění vojtěšky systémový přístup, přičemž částmi tohoto systému jsou jak individuální rostliny, tak interakce mezi nimi. Struktura porostu je pak morfologickou expresí těchto interakcí. Prof. Rottili také charak-

terizoval ideotyp vojtěšky pro příští století: tolerance ke stresům, rezistence ke chorobám, unifikace růstu a obrůstání po sečích, vysoký obsah proteinů, využití pro pastvu i ornou půdu. Posterová sdělení řešila hlavně otázky rezistencí k různým abiotickým faktorům a toleranci k vyšším počtům sečí.

Třetí sekce tematicky sjednocená pod titulem „Kvalita a hodnota vojtěšky pro různé využití, variabilita a šlechtění“ zahrnovala příspěvky např. o obsahu saponinů a jejich vlivu na kvalitu píce, o vlivu počtu sečí na poměr vláknina / obsah proteinů v průběhu ontogeneze, o vlivu hnojení na stravitelnost a složení buněčné stěny apod.

Nejvíce příspěvků bylo prezentováno ve čtvrté sekci s hlavním tématem „Genetické zdroje, metodologie šlechtění a šlechtění pro různé využití“. Jednání v sekci uvedl prof. Chloupek z VŠZ Brno referátem o různých šlechtitelských přístupech aplikovatelných u vojtěšky. Posterová sdělení demonstrovala diverzitu problémů, kterými se současný výzkum a šlechtění zabývá. Byly publikovány příspěvky z oblasti studia explantátových kultur, fytopatologie a šlechtění na rezistenci i z oblasti tzv. klasického šlechtění, které do značné míry dnes využívá jako výchozích komponentů genotypy s určitými charakteristikami rezistence nebo ekotypy planých druhů jako donorů nové kvality. V této sekci byly prezentovány příspěvky českých autorů dr. Nedbálkové, ing. Babince a dr. Nedělníka.

Účastníci konference se seznámili také s několika výzkumnými a šlechtitelskými pracovišti. Vedle moderně vybaveného ústavu INRA Lusignan měli možnost navštívit i některé dehydratační stanice, ve kterých se zpracovává vojtěšková hmota.

Konference opět potvrdila, že vojtěška je velmi významnou plodinou a zaujímá ve výzkumu a šlechtění jedno z předních míst. O významu svědčí i seznam organizací, které se na pořádání konference podílely. Záštitu mj. převzaly Ministerstvo vědy a školství, Ministerstvo zahraničních věcí, Asociace šlechtitelů, dále šlechtitelské firmy a vědecké instituce.

Na závěrečném zasedání EUCARPIA – Medicago Group byl zvolen nový tříčlenný výbor, v němž byl koordinací činnosti v oblasti střední a východní Evropy pověřen prof. Chloupek. Potěšitelná je také skutečnost, že příští zasedání této odborné skupiny bude v roce 1996 v Brně za spoluprádelsství VŠZ Brno, VÚP Troubsko a ŠS Želešice.

RNDr. Jan Nedělník

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

PŘÍMÁ A NÁSLEDNÁ ÚČINNOST VYBRANÝCH OPATŘENÍ NA OBSAH Cd A Zn V BIOMASE ŠPENÁTU

DIRECT AND SUBSEQUENT EFFICIENCY OF SELECTED MEASURES ON THE Cd AND Zn CONTENT IN THE BIOMASS OF SPINACH

P. Tlustoš, J. Vostal, J. Száková, J. Balík

Czech Agricultural University, Praha, Czech Republic

ABSTRACT: In the model vegetation experiment on medium contaminated soil with Cd (luvisol, locality Přestanov) the efficiency and the time of action of selected eliminators of input of hazardous elements into the spinach biomass was investigated, the experiment was run contaminated soil ($0.50 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$) and on this soil enriched by 0.3 and 3.0 mg Cd per pot in the form of CdSO_4 . To limit the input of Cd and Zn into plants, liming, application of straw and addition of sorbent were tested. The whole experiment was carried out in four cultivation cycles, in spring and autumn. The yield results obtained confirmed unambiguous dependence on the time of cultivation. An addition of eliminators improved the soil and thus also yield has been increased. Cd content in spinach biomass rose with the increase in concentration of this element in soil. Zn content was not dependent on this change. The highest decrease in Cd and Zn concentrations in spinach leaves occurred in limed treatments, on average to 20% in Cd and to 25% in Zn compared with the control treatment. A little lower efficiency was found after adding the sorbent. Incorporation of straw reduced the input of Cd to 60% and Zn to 75% of values taken in the control treatment. During four cultivation cycles the efficiency of liming dropped above all in the third and fourth cycles and after application of straw this started to fall yet from the second cycle. In the case of Zn the decrease in efficiency in different cycles after application of sorbent and straw was more significant. The reduction in efficiency of measures accomplished was manifested shrewdly in relation to the collection elements under study. An addition of sorbent lost its justification in the third cultivation cycle, while the application of straw yet in the second one. The total withdrawal of both hazardous elements by plants was comparatively low in the control treatment and ranged within 7.2 and 11.3% in Cd and within 4.0 and 5.0% in Zn of the amount comprised in soil and released 2M HNO_3 . An uptake of both elements rose with the increase in concentration of Cd in soil. Liming reduced the withdrawal of both elements several times, sorbent acted better at lower concentration of Cd in soil and addition of straw did not behave like long-time eliminator of the input of both elements into plant tissues.

cadmium; zinc; liming; sorbent; straw; uptake by spinach

ABSTRAKT: V modelovém vegetačním experimentu byla sledována účinnost a doba působení vybraných eliminátorů vstupu rizikových prvků do nadzemní hmoty špenátu, a to při třech úrovních kontaminace Cd. K omezení vstupu Cd a Zn do rostlin bylo ověřováno vápnění, aplikace slámy a přidávek sorbentu. Celý experiment proběhl ve čtyřech pěstebních cyklech. Získané výsledky prokázaly růst obsahu Cd v biomase špenátu s růstem koncentrace tohoto prvku v půdě. K největšímu poklesu koncentrace Cd i Zn v listech špenátu došlo po vápnění, v průměru na 20 % u Cd a na 25 % u Zn ve srovnání s kontrolní variantou. Jen o málo nižší účinnost byla zjištěna po přidávku sorbentu a nejmenší po zapravení slámy. Během čtyř pěstebních cyklů se účinnost po vápnění téměř nezměnila, po přidávku sorbentu poklesla především ve třetím a čtvrtém cyklu a po aplikaci slámy klesala již od druhého cyklu. V případě Zn byl pokles účinnosti v jednotlivých cyklech po aplikaci sorbentu a slámy ještě výraznější.

kadmium; zinek; vápnění; sorbent; sláma; příjem špenátem

ÚVOD

Cestou vedoucí ke zmírnění kontaminace biomasy rostlin pěstovaných na půdách s vyšší hladinou mobilních rizikových prvků je jejich trvalé či přechodné zabudování do vazeb rostlinám nepřístupných. Při provádění takových opatření je třeba zvážit míru účinnosti,

dobu působení a technologickou i ekonomickou náročnost. Nejvíce propracován je vliv změny pH na rozpustnost rizikových prvků, především Cd. Alloway (1990) zpracoval výsledky sledování řady autorů a kromě jediné práce zjistil významný růst adsorpce Cd s rostoucí pH půd. Bingham et al. (1980) uvádějí, že po vyvápnění písčité půdy se zvýšilo pH ze 4,0 na

7,0, čímž poklesla koncentrace Cd v listech řepy devětkrát. Také L u n e (1985) potvrdil pokles příjmu Cd pěstovanými rostlinami při vyšších hodnotách půdního pH. Naopak při poklesu pH ze 7,0 na 4,5 se zvýšila koncentrace Cd, Zn i Pb ve výměnné formě a současně i příjem těchto prvků rostlinami. Další možností, jak omezit přístupnost rizikových prvků rostlinám, je zvýšit jejich sorpci v půdě vazbou na minerální nebo organický podíl. H a g h i r i (1974) zaznamenal, že zvýšení sorpční půdní kapacity negativně korelovalo s koncentrací Cd v nadzemní hmotě ovsu. Ke stejným závěrům dospěli i M i l l e r et al. (1976) při pěstování sóje. H a s s e l b a c h (1990) zjistil, že vyšší obsah organické hmoty a jílových částic v půdě omezil akumulaci těžkých kovů v kořenech mrkve, ale neprojevil se při pěstování jílku ani jarní pšenice.

Cílem předložené práce bylo porovnat míru omezení vstupu Cd a Zn do nadzemní hmoty špenátu jako rostliny hromadící vysoké koncentrace rizikových prvků, a to po aplikaci vybraných eliminátorů do půdního profilu při současném sledování délky účinnosti jednotlivých opatření.

MATERIÁL A METODA

Sledování účinnosti proběhlo v nádobových vegetačních pokusech (5 kg půdy) na středně kontaminované zemině (hnědozem, lokalita Přestanov), jejíž charakteristika je uvedena v tab. I. Výchozí obsah Cd, obsažený v použité zemině, byl charakterizován jako první hladina kontaminace Cd. Hladiny druhé a třetí byly stanoveny na základě maximálních ročních spadů prachu a koncentrace Cd v něm jako pětiletá a 50letá dávka a činily 0,3 a 3 mg Cd na nádobu, aplikovaného v roztoku ve formě CdSO_4 při zakládání pokusu. K omezení vstupu Cd a Zn do rostlin bylo použito vápnění, přidavek slámy a aplikace bentonitu. Jednotlivé eliminátory byly aplikovány v dávkách odpovídajících polní aplikaci. Dávka CaO obsahujícího 0,03 mg Cd a 45,3 mg Zn.kg^{-1} byla stanovena podle výměnného pH a činila 14,7 g na nádobu, pšeničná sláma s obsahem 0,09 mg Cd a 22,5 mg Zn.kg^{-1} byla zhomogenizována a aplikována v dávce 21 g na nádobu. Ke zvýšení sorpční kapacity o 10 % byl použit bentonit obsahující 0,06 mg Cd a 35,6 mg Zn.kg^{-1} v množství 150 g na nádobu.

Odvážené množství zeminy bylo zhomogenizováno s přidavkem kademnaté soli, obohaceno použitým eliminátorem a základními živinami v dávce 0,75 g N ve formě dusičnanu amonného, 0,44 g P a 1,1 g K v K_2HPO_4 na nádobu a opět promícháno. Takto připravená zemina byla oseta špenátem odrůdy Monores. Nádobu byly zavlažovány deionizovanou vodou. Vlhkost zeminy byla udržována na 60 % MVK po celou dobu trvání experimentu. Špenát byl sklizen v období náskady květních růžic oddělením nadzemní hmoty v kořenovém krčku. Biomasa špenátu byla zvážena, usušena a zhomogenizována. Zemina byla po provedení pokusu usušena na vzduchu a použita k dalšímu pěstebnímu cyklu. Pokusná plodina byla pěstována čtyřikrát za sebou s výsevy v září (16. 9. 1991 a 26. 9. 1992) a v dubnu (13. 4. 1992 a 6. 4. 1993) s tím, že Cd a použité eliminátory byly aplikovány pouze před založením prvního pokusu. Hnojení N, P a K bylo aplikováno pravidelně před jednotlivými pěstebními cykly. Každá varianta byla založena v pěti opakováních. V důsledku ztrát zeminy způsobených manipulací a odběry půdních vzorků klesl počet opakování ve čtvrtém pokusu na tři.

Zhomogenizovaný rostlinný materiál byl rozložen suchou cestou (M a d e r et al., 1989) a analyzován na obsah Cd a Zn metodou atomové absorpční spektrometrie (AAS) přístrojem Varian SpectraAA-40 ve Stopped laboratorii katedry fyziologie hospodářských zvířat AF VŠZ v Praze. Pro kontrolu kvality analytických dat byl použit certifikovaný referenční materiál RM 12-02-03 Lucerne, který obsahuje $0,136 \pm 0,003$ mg Cd.kg^{-1} a $33,2 \pm 0,5$ mg Zn.kg^{-1} . Analýzou tohoto materiálu bylo nalezeno $0,119 \pm 0,071$ mg Cd.kg^{-1} a $32,7 \pm 0,3$ mg Zn.kg^{-1} .

Zjištěné výsledky byly statisticky vyhodnoceny v programu STATGRAPHICS v. 4.0. Hodnoty rozptylu (F) a minimální průkazné difference na hladině významnosti 95 % ($D_{\min}$) jsou shrnuty v tab. V.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Výnos špenátu byl v jednotlivých pokusech jednoznačně ovlivněn dobou pěstování. Z obou jarních výsevů byl výnos na všech pokusných variantách jednoznačně vyšší v porovnání s podzimním pěstováním, a to především z důvodu nedostatku světla v tomto období

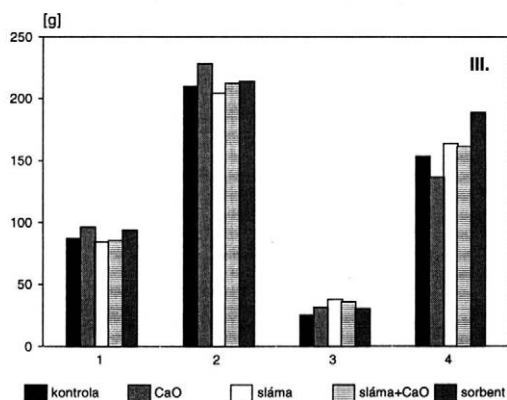
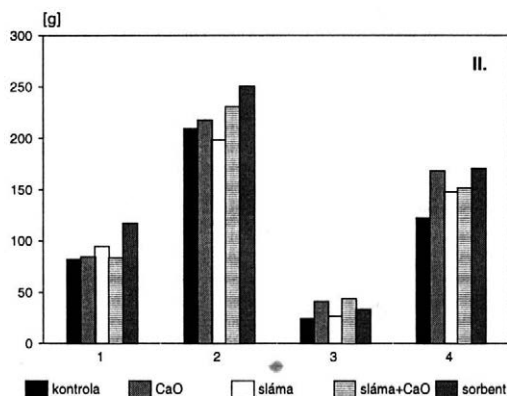
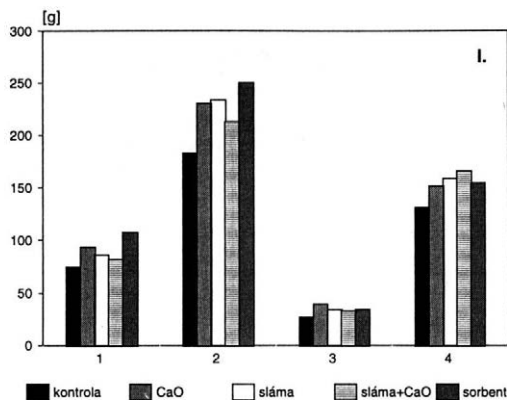
I. Základní charakteristiky použité zeminy z lokality Přestanov – Basic characteristics of earth taken from the Přestanov locality

Půdní typ ¹	HM	pH (KCl)	5,1	Cd (HNO_3) [mg.kg^{-1}]	0,50
Půdní druh ²	ph	C (ox) [%]	2,3	Zn (HNO_3) [mg.kg^{-1}]	54,2
T [mval.100 g ⁻¹]	23,0	P [mg.kg^{-1}]	35	Pb (HNO_3) [mg.kg^{-1}]	38,0
V [%]	55,7	K [mg.kg^{-1}]	193	Cu (HNO_3) [mg.kg^{-1}]	12,4

Obsah P a K stanoven ve výluhu Mehlich II – P and K contents determined in the leach Mehlich II

Obsah těžkých kovů stanoven ve výluhu 2M HNO_3 v poměru 1:10 (w/v) – Content of heavy metals determined in the leach 2M HNO_3 in ratio 1:10 (w/v)

¹great soil group, ²texture



I. Výnos čerstvé nadzemní hmoty špenátu (g na nádobu) při třech hladinách Cd v půdě – The yield of fresh above-ground spinach mass (g per pot) at three Cd levels in soil

Vysvětlivky k obr. 1–5 – Explanations to Figs 1–5:
kontrola – control osa x: pokus – x axis: experiment
sláma – straw I–III – hladiny Cd – Cd levels

(obr. 1). Přídavek Cd nezpůsobil vizuální ani výnosové změny pěstovaného špenátu (tab. II), jak uvádějí Bingham, Page (1975 – cit. Adriano, 1990), prav-

děpodobně proto, že námi aplikovaná dávka Cd byla nižší. Přídavek všech eliminačních opatření ovlivnil pozitivně nárůst biomasy v jednotlivých pokusech především zlepšením fyzikálních vlastností půdy a půdního pH ve vyvážněné variantě než dodáním živin těmito materiály. Celkově nejvyšších výnosů v průměru všech pokusů bylo dosaženo po aplikaci sorbentu.

II. Průměrný výnos čerstvé hmoty špenátu (g na nádobu) a obsah sušiny (%) za sledované období – Average yield of fresh mass of spinach (g per pot) and dry matter content (%) for the monitored period

Eliminátor ¹	Výnos ⁶				Sušina ⁸
	úroveň kontaminace Cd ⁷			$\bar{x}$	
	I.	II.	III.		
Kontrola ²	103,7	109,5	118,8	110,7	9,00
Vápnění ³	128,7	127,9	123,0	126,5	9,16
Sláma ⁴	128,0	117,0	122,4	122,5	8,64
Vápnění + sláma	123,2	127,5	123,6	124,8	9,18
Sorbent ⁵	136,5	143,0	131,6	137,0	8,92

¹eliminator, ²control, ³liming, ⁴straw, ⁵sorbent, ⁶yield, ⁷level of Cd contamination, ⁸dry matter

Při sledování koncentrace Cd v biomase špenátu je zřejmé, že s nárůstem jeho koncentrace v půdě rostl statisticky významně i jeho obsah v pletivech rostlin (tab. III a V) ve všech následně provedených pokusech. Naše závěry odpovídaly výsledkům při pěstování řepy (Page, Chang, 1978) i při pěstování kukuřice na zeleno (Staňa, Trávník, 1990). Koncentrace Zn v pletivech špenátu nezávisela na množství Cd v půdě (tab. IV) patrně proto, že rozdíly mezi jednotlivými hladinami obohacení Cd nebyly vysoké.

Po aplikaci jednotlivých opatření došlo k poklesu koncentrace Cd v listech špenátu při všech hladinách kontaminace Cd (tab. III). Míra omezení vstupu Cd do rostlin závisela na typu eliminátoru. Jednoznačně nejvyššího efektu bylo dosaženo na vyvážněné variantě. Zvýšení pH/KCl z 5,2 na 7,4 znamenalo snížení koncentrace Cd v půdním roztoku a současně čtyřnásobný pokles koncentrace Cd ve špenátu v průměru všech hladin, což odpovídá výsledkům, které uveřejnili Bingham et al. (1980) i Alloway (1990). Jen o málo nižšího efektu bylo dosaženo po aplikaci sorbentu, který rovněž jako vápnění působil obdobně při všech hladinách Cd. Z tohoto chování vyplývá, že 10% nárůst sorpční kapacity byl dostatečný i pro vysokou hladinu přístupného Cd. Nejméně účinný se ukázal přídavek slámy, i když i v této variantě klesl obsah Cd v biomase na polovinu. Kombinace přídavku slámy se současným vápněním nevedla k dodatečně vyššímu omezení příjmu Cd v porovnání s vyvážněnou variantou. Při sledování doby působení aplikovaných eliminátorů lze jednoznačně prokázat dlouhodobou účinnost pouze v případě vápnění (obr. 2). Účinnost sorbentu klesala rovnoměrně v druhém a třetím pokusu, ve čtvrtém pokusu došlo k prudkému poklesu působení a jeho účin-

III. Koncentrace Cd v biomase špenátu podle jednotlivých pokusů (mg.kg⁻¹ sušiny) – Cd concentration in spinach biomass according to individual trials (mg.kg⁻¹ of dry matter)

Po- kus ¹	Eliminátor ²	Úroveň kontaminace Cd ³			$\bar{x}$
		I.	II.	III.	
1	kontrola ²	5,09	6,13	21,27	10,83
	vápnění ³	1,15	1,70	4,06	2,31
	sláma ⁴	2,87	3,26	12,96	6,36
	vápnění + sláma	1,32	2,36	4,40	2,69
	sorbent ⁵	1,49	1,60	5,67	2,92
2	kontrola	5,31	6,87	14,11	8,77
	vápnění	1,34	2,77	4,03	2,71
	sláma	4,88	5,67	13,77	8,11
	vápnění + sláma	1,50	1,61	4,22	2,44
	sorbent	2,80	3,31	6,10	4,07
3	kontrola	8,59	13,27	34,90	18,92
	vápnění	1,47	2,33	6,18	3,33
	sláma	8,34	11,03	38,53	19,30
	vápnění + sláma	2,47	2,28	5,18	3,31
	sorbent	5,30	5,50	22,18	10,99
4	kontrola	4,11	5,77	11,43	7,10
	vápnění	1,14	1,46	2,91	1,84
	sláma	4,33	5,20	8,37	5,97
	vápnění + sláma	1,14	1,13	3,14	1,81
	sorbent	5,30	5,50	22,18	10,99

For 1–5, 7 see Tab. II, ⁶trial

V. Statistické hodnocení experimentu na hladině významnosti 95 % – Statistical evaluation of experiment on the level of significance 95%

Po- kus ¹	Výnos ²		Koncentrace ³ Cd		Koncentrace Zn	
	F	D _{min}	F	D _{min}	F	D _{min}
1	6,33	23,04	112,59	2,58	27,81	103,78
2	1,48	–	50,52	2,38	63,29	68,84
3	0,94	–	339,01	3,23	48,11	154,82
4	6,21	35,03	91,58	1,58	55,57	42,85

¹trial, ²yield, ³concentration

nost byla nulová. Nejrychlejší pokles působení byl zjištěn po aplikaci slámy, kde již při druhém pěstebním cyklu byla účinnost vazby Cd minimální.

Růst hladiny přístupného Cd neovlivnil koncentraci Zn v rostlinách špenátu (tab. IV). Získané výsledky naopak ukazují, že změna Cd v rozmezí 0,5 až 1,0 mg.kg⁻¹ je příliš malá na změnu příjmu Zn rostlinami. Použité eliminátory měly v průměru o 10 % nižší vliv na změnu koncentrace Zn v biomase špenátu než v případě Cd. Pokles účinnosti se projevil již ve druhém pěstebním cyklu (obr. 3) a především u slámy již nebylo možné další pozitivní působení prokázat. Pouze po vyvápění byla zjištěna průkazně nižší koncentrace Cd v rostlinách špenátu ve všech pěstebních cyklech.

Z důvodu potlačení závislosti výnosu na koncentraci byl vypočten a porovnán odběr sledovaných prvků nadzemní hmotou špenátu. Vzhledem k výrazným výnos-

IV. Koncentrace Zn v biomase špenátu podle jednotlivých pokusů (mg.kg⁻¹ sušiny) – Zn concentration in spinach biomass according to individual trials (mg.kg⁻¹ of dry matter)

Po- kus ¹	Eliminátor ²	Úroveň kontaminace Cd ³			$\bar{x}$
		I.	II.	III.	
1	kontrola ²	353	386	359	366
	vápnění ³	96	101	98	98
	sláma ⁴	268	282	259	270
	vápnění + sláma	97	233	99	143
	sorbent ⁵	161	132	155	149
2	kontrola	340	335	363	346
	vápnění	97	96	108	100
	sláma	324	312	335	324
	vápnění + sláma	122	100	102	108
	sorbent	264	211	194	223
3	kontrola	526	538	656	573
	vápnění	168	228	242	213
	sláma	585	525	969	693
	vápnění + sláma	219	198	306	241
	sorbent	499	349	487	445
4	kontrola	218	227	226	224
	vápnění	82	85	85	84
	sláma	211	225	209	215
	vápnění + sláma	94	77	97	89
	sorbent	190	136	156	161

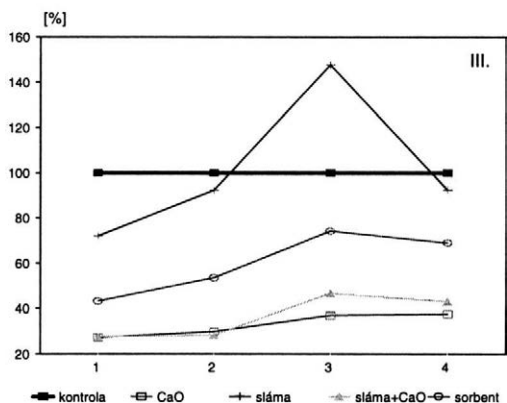
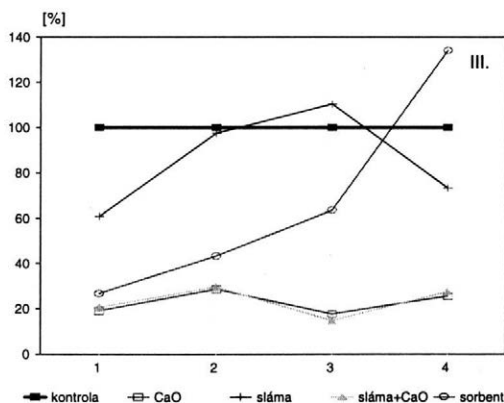
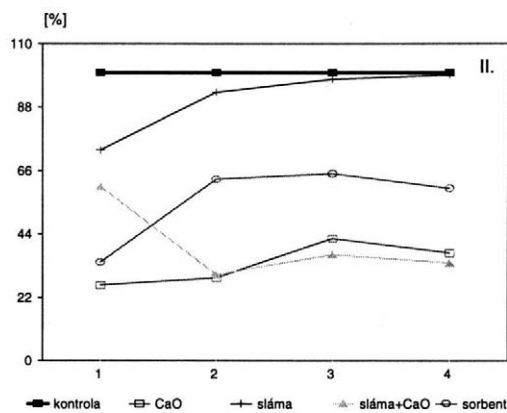
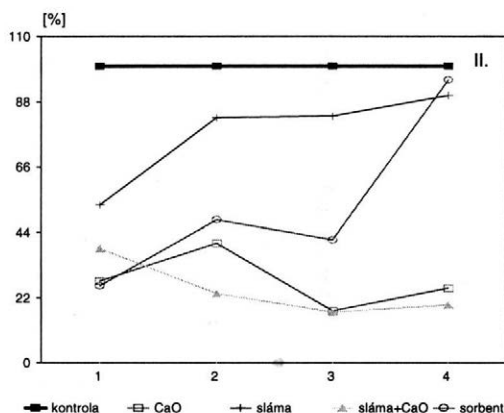
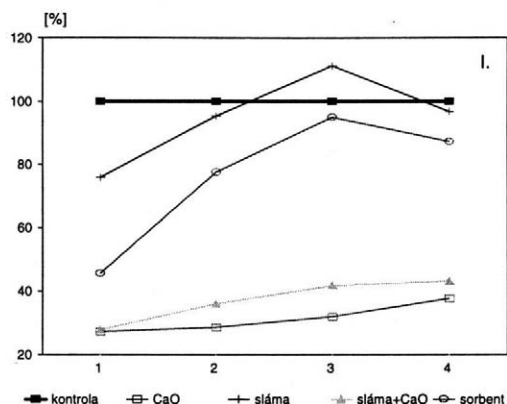
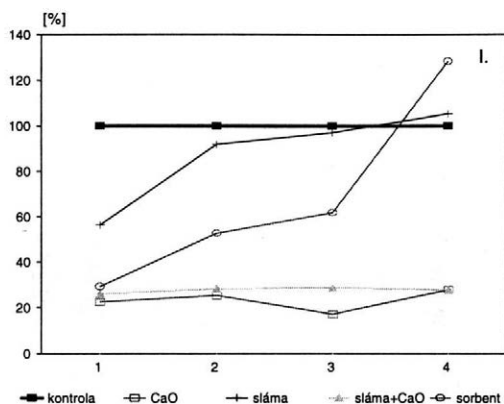
For 1–5, 7 see Tab. II, ⁶trial

VI. Celkový odběr prvků špenátem (μg na nádobu) za celé pokusné období (součet pokusů 1 až 4) – The total uptake of elements by spinach (μg per pot) for the whole experimental period (sum of trials 1 to 4)

	Eliminátor ¹	Úroveň kontaminace Cd ³			$\bar{x}$
		I.	II.	III.	
Cd	kontrola ²	181,82	248,93	623,30	351,35
	vápnění ³	56,14	92,45	166,95	105,18
	sláma ⁴	180,71	187,31	543,80	303,94
	vápnění + sláma	54,07	72,01	188,08	104,72
	sorbent ⁵	137,19	149,94	552,05	279,73
Zn	kontrola	11 493	12 326	13 017	12 279
	vápnění	4 376	4 522	4 667	4 522
	sláma	12 065	10 557	12 940	11 854
	vápnění + sláma	4 383	5 611	5 357	5 117
	sorbent	10 074	7 963	8 696	8 911

For 1–5, 7 see Tab. II

vým a koncentračním rozdíly při podzimním a jarním pěstování špenátu dává odběr Cd (obr. 4) jasnější představu o jeho odnosu listy špenátu. Z obr. 4 je patrný růst odběru Cd s nárůstem jeho koncentrace v půdě na kontrolní variantě i po aplikaci eliminátorů. Pokles účinnosti provedených opatření se ve vztahu k odběru projevil ještě razantněji a přidávek slámy ztratil svoji opodstatněnost již ve druhém a přidávek

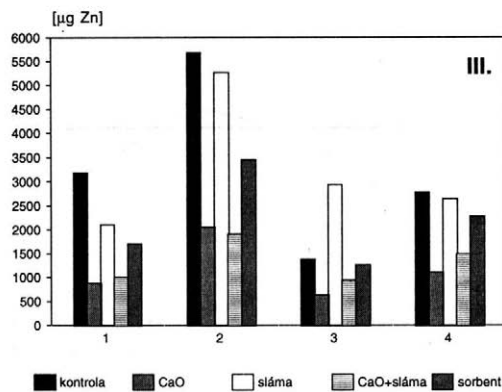
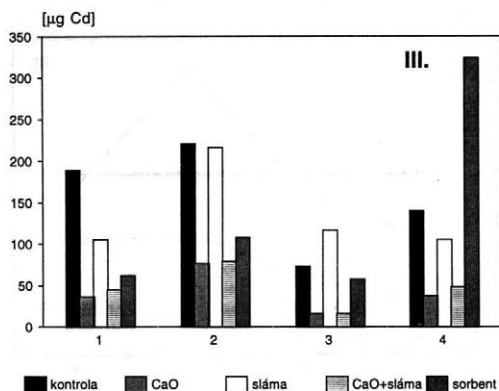
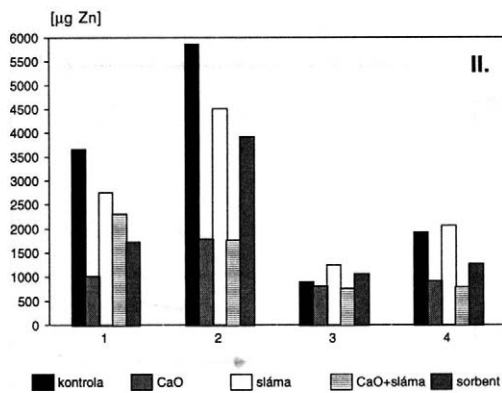
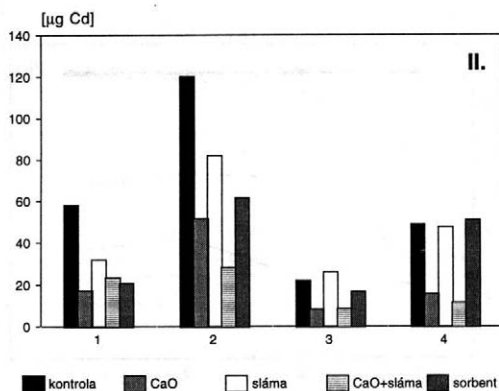
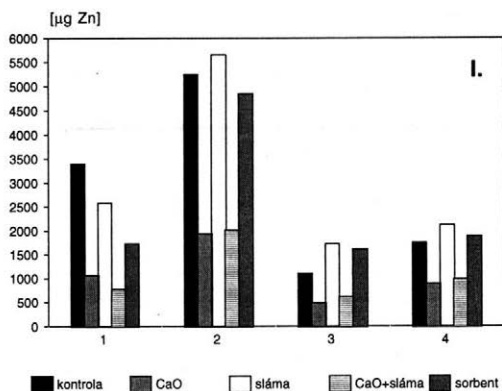
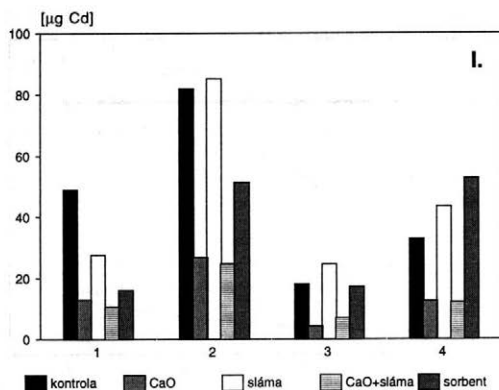


2. Relativní obsah Cd (%) při různých eliminačních opatřeních v jednotlivých pěstebních cyklech – Relative Cd content (%) at various eliminating measures in individual cultivation cycles

3. Relativní obsah Zn (%) při různých eliminačních opatřeních v jednotlivých pěstebních cyklech – Relative Zn content (%) at various eliminating measures in individual cultivation cycles

sorbentu ve třetím pěstebním cyklu. Pouze přidávek vápna znamenal průkazný pokles ve všech pokusech. Velice obdobná závislost byla zjištěna i při sledování odběru Zn rostlinami špenátu (obr. 5) včetně chování jednotlivých eliminátorů. Celkový odběr Cd a Zn po

uplynutí čtyř cyklů experimentu je shrnut v tab. VI. Na kontrolní variantě odebral špenát od 7,2 do 11,3 % Cd z množství obsaženého v půdě. Odběr rostl se zvýšeným obsahem Cd v půdě. Použité eliminátory snížily odběr Cd. Nejlépe se projevilo vápnění, jehož účinnost



4. Odběr Cd nadzemní hmotou špenátu (µg na nádobu) v jednotlivých pěstebních cyklech – Cd withdrawal by above-ground spinach mass (µg per pot) in individual cultivation cycles

5. Odběr Zn nadzemní hmotou špenátu (µg na nádobu) v jednotlivých pěstebních cyklech – Zn withdrawal by above-ground spinach mass (µg per pot) in individual cultivation cycles

korelovala s obsahem Cd v půdě. Sorbent působil lépe při nižších koncentracích Cd v půdě, sláma se nechávala jako dlouhodobě působící omezovač vstupu Cd do rostlin. Celkové množství odebraného Zn špenátem mírně rostlo s koncentrací Cd v půdě a pohybovalo se

v intervalu od 4 do 5 %. Také v případě Zn došlo k několikanásobnému snížení jeho příjmu pouze po vápnění, růst sorpční kapacity vedl k 25% poklesu příjmu a přidavek slámy se v celkovém odběru Zn téměř neprojevil.

LITERATURA

- ALLOWAY, B. J.: Heavy metals in soils. New York, J. Wiley a Sons 1990. 331 s.
- ADRIANO, D. C.: Trace elements in the terrestrial environment, New York, Springer-Verlag 1990. 430 s.
- BINGHAM, F. T. – PAGE, A. L. – STRONG, J. E.: Yield and Cd content of rice grain in relation to addition rates of cadmium, copper, nickel and zinc with sewage sludge and liming. *Soil Sci.*, 130, 1980: 32–38.
- HAGHIRI, F.: Plant uptake of cadmium as influenced by cation exchange capacity, organic matter, zinc and soil temperature. *J. Envir. Qual.*, 3, 1974: 180–183.
- HASSELBACH, G.: Auswirkungen von Langzeitbelastungen mit Siedlungsabfällen auf den Schwermetalltransfer Boden-Pflanze. III. Bodenspezifische Einflüsse auf die Aufnahme und den Entzug von Schwermetallen. *Verb. Dtsch. Landwirtschaft. Unters. Forsch.-Anst., Reihe Kongr.-Ber.*, 30, 1990: 281–286.
- LUNE, P.: Relation between the Cd content of soil and that of edible parts of crops. *Rapport, Inst. Bodemvruchtbaarheid*, 1985 (13–85): 45 s.
- MADER, P. – KUČERA, J. – CIBULKA, J. – MIHOLOVÁ, D.: Ověření způsobu mineralizace jater pro stanovení kadmia a olova diferenční pulsní anodickou rozpouštěcí voltametrickou mezilaborním experimentem. *Chem. Listy*, 83, 1989: 765–773.
- MILLER, J. E. – HASSETT, J. J. – KOPPE, D. E.: Uptake of cadmium by soybeans as influenced by soil cation exchange capacity, pH, and available phosphorus. *J. Envir. Qual.*, 5, 1976: 157–160.
- PAGE, A. L. – CHANG, A. C.: Acceptable sludge disposal techniques. *Info Transfer Inc.*, Rockville, MD, 1978: 239 s.
- STAŇA, J. – TRÁVNÍK, K.: Vliv stupňovaných dávek těžkých kovů v půdě na kontaminaci kukuřice na zeleno. In: *Sbor. ČSVTS, Fyziologické aspekty výživy rostlin, Líšno u Benešova*, 1990: 185–187.

Došlo 22. 4. 1994

Kontaktní adresa:

Ing. Pavel Tlustý, CSc., Česká zemědělská univerzita, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika, tel.: 02/338 27 31, fax: 02/34 44 18

Upozornění pro autory vědeckých časopisů

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

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

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

Redakce časopisu

VLIV BŘEHOVÝCH POROSTŮ NA SAMOČISTICÍ PROCES MALÝCH TOKŮ V ZEMĚDĚLSKÉ KRAJINĚ

EFFECTS OF THE BANK PROTECTION STANDS ON SELF-PURIFYING PROCESS OF SMALL WATER COURSES

J. Fídl, F. Křovák

Czech Agricultural University, Praha, Czech Republic

ABSTRACT: Self-purifying capacity of water courses is an intensive process of degradation of organic and other substances and proceeds also in agricultural streams. The process itself takes place directly in chemical process and through the water edaphon and during photosynthetic processes of plants. The common factors of these processes are oxygen content and water temperature. There are presented fundamental theoretical relations for re-aeration and deoxygenation of water and the relation derived for determination of water temperature in dependence on solar radiation, water table shading and water evaporation. Shading is expressed by shading reduction coefficient r_0 . In lowland region of the Poděbrady district on two water courses light conditions in free, open space and in shading by various tree, shrub species and herbaceous vegetation, created by natural succession, were investigated. Measurements have been started in 1992 and continued in 1993 by measuring in six dates during growing season and at the same daytime. Recorded values (in luxes) in shading and without shading were compared for individual species of trees, shrubs and herbs and their share r_0 given in percentage is in Tab. I as a limit minimum. The white willow (*Salix alba*) exhibits the value $r_0 = 4.6\%$, the bloody dogwood (*Cornus sanguinea*) 2.3% and the common reed-grass (*Phragmites communis* Trin.) 2.3%. The chart was plotted into lateral profiles out of which two are presented in Figs 1 and 2. The possibility of decline in its temperature and thence a reduction in intensity of self-purifying process at excessive shading of water table of agricultural stream follows from the given relation for the change in temperature of the flowing water. This effect is to be considered in revitalizations of streams. The results presented here will be gradually supplemented with another field measurements.

streams; self-purifying capacity; streamside vegetation; shading; function of streambank stands

ABSTRAKT: Samočisticí schopnost toků je intenzivní proces odbourávání organických i jiných látek a probíhá i na zemědělských tocích. Jsou uvedeny základní teoretické vztahy pro reaceraci a deoxygenaci vody a je odvozen vztah pro určení změny teploty vody v závislosti na zastínění hladiny. Na dvou vodotečích v nížinné oblasti byly zkoumány podmínky zastínění různými druhy vegetace vytvořené přirozenou sukcesí. Byly určeny koeficienty zastínění r_0 , uvedené v tab. I. Z uvedených vztahů plyne možnost sníženého efektu samočištění při nadměrném zastínění toků břehovými porosty.

samočisticí schopnost toků; břehová vegetace; zastínění; funkce břehových porostů

ÚVOD

Břehové porosty mají řadu funkcí. Za nejdůležitější se považuje zachování ekologické stability zemědělské krajiny, prostoru hnízdění ptactva a malých obratlovců, úkrytu zvěře, tj. funkce biokoridorů. Důležitá je i estetická funkce a jejich funkce technická při ochraně břehů před účinky proudící vody. Pro vlastní koryto a protékající vodu mají také zastínovací funkci, která může napomoci potlačení růstu plevelných křovin a bylin, vyvolávajících zarůstání a zanášení koryta. Zastínění však může ovlivnit samočisticí schopnost protékající vody.

Při zkoumání problematiky břehových porostů nebyla dosud podrobněji šetřena otázka jejich vlivu na

kvalitu vody v zemědělských vodotečích. Lze ji rozdělit do vlivů přímých a nepřímých. Do prvních patří vliv na fotochemické a biochemické procesy v protékající vodě. Do druhých pak vliv rozvoje fyto- a zoofauny v břehových porostech včetně predátorů, omezujících rozšiřování škůdců. Tím se výrazně šetří potřeba chemického ošetření zemědělských porostů v okolí vodotečí a jejich splachu do toků.

Problematickou břehových porostů v dosavadním pojetí se u nás zabývala řada odborníků (Válek, 1955, 1977; Novák, 1963; Zelený, Jařábáč, 1966; Riedl, 1975; Zelený, 1975; Škopek, 1977; Novák et al., 1986; Marhoun, Zbořilová, 1991; Novák et al., 1992, 1993 a další).

Přímými vlivy na samočisticí schopnost toku z hlediska fotochemických procesů se zabývali např. Piter (1990) a Tuček et al. (1988).

Samočisticí proces je velmi účinný a přirozený proces při likvidaci organického znečištění vody v tocích. Je souborem fyzikálních, chemických a hlavně biologických pochodů. Podmínkou je dostatek kyslíku. Přírodní vody jej získávají jednak reaceí z atmosféry, jednak fotosyntetickou asimilací vodních organismů. Pro samočisticí procesy se počítá zpravidla jen s prvou alternativou, tj. rozpouštěním atmosférického kyslíku ve vodě. Deficit kyslíku, tj. množství kyslíku chybějící do rovnovážné koncentrace při dané teplotě, lze vyjádřit vztahem:

$$D_t = D_0 \cdot 10^{-k_r \cdot t} \quad (1)$$

kde D_0 je počáteční deficit v mg.l^{-1} v čase $t = 0$, D_t je deficit po uplynutí doby t (dny) a k_r je rychlostní konstanta (koeficient reace) v d^{-1} . Hodnoty k_r se mění s průtokem, hloubkou a tvarem koryta, pohybují se od 0,05 d^{-1} pro stojaté vody do 0,8 d^{-1} pro bystřiny a mělké říčky. Rychlost difuze roste se stoupající teplotou a má tendenci vyrovnat zmenšující se rozpustnost kyslíku. Pro vystižení vlivu teploty na velikost koeficientu reace lze použít vztah:

$$k_r(T) = k_r(20) S^{T-20} \quad (2)$$

kde T je teplota ve $^{\circ}\text{C}$, $k_r(T)$ je koeficient reace při této teplotě, $k_r(20)$ je koeficient reace při 20 $^{\circ}\text{C}$ a S je konstanta s hodnotou podle různých autorů v rozmezí 1,1000 až 1,0159.

Druhým procesem ovlivňujícím kyslíkovou bilanci je spotřeba kyslíku aerobními biochemickými rozklady (deoxygenace). Její průběh se děje podle křivky biologické spotřeby kyslíku (BSK):

$$L_z = L \cdot 10^{-k_d \cdot t} \quad (3)$$

kde L_z je zbývající BSK po čase t v mg.l^{-1} , L je celková BSK v mg.l^{-1} a k_d je koeficient deoxygenace v d^{-1} . Vzájemný vztah mezi reací a deoxygenací zformulovali Streeter, Phelps (cit. Piter, 1990) do tvaru:

$$D_t = \frac{k_d L}{k_r - k} (10^{-k_d \cdot t} - 10^{-k_r \cdot t}) + D_0 10^{-k_r \cdot t} \quad (4)$$

kde L je celková BSK v mg.l^{-1} , D_0 a D_t je deficit kyslíku v mg.l^{-1} na počátku a v čase t (dny), k_d a k_r jsou koeficienty deoxygenace a reace v d^{-1} . Grafické zobrazení tohoto vztahu je tzv. křivka kyslíkového průběhu.

Při aplikaci je obtížný odhad vstupních koeficientů, navíc se zjistilo, že biologické deoxygenační pochody probíhají při samočištění rychleji než v laboratoři.

Biologické procesy (Janeček et al., 1991) jsou bezpochyby, stejně jako předchozí vztahy, ovlivňovány teplotou vody, která závisí, zvláště u malých toků, na zastínění jejich hladiny. Při hodnocení jeho vlivu lze vycházet z bilance energie (Malek, Bingham, 1993):

$$\lambda E + H = R_n - G - S - P - A_d \quad (5)$$

kde λE je výdej energie na výpar, H je výdej energie na vyzařování do okolního prostředí, R_n je čistá dopadající energie na vypařující povrch, G je výdej energie do vody, S je energie v objemu hmot v prostoru vypařování, P je energie na biochemické procesy rostlin (fotosyntéza), A_d je ztrátová energie horizontálního proudění vzduchu (v oázním efektu). Pro další úvahu lze jako veličiny druhého řádu zanedbat veličiny H , S , P a A_d . Pro výdej energie do vody, tedy ohřev vody, lze uvažovat (Malek et al., 1992; Malek, 1993; Malek, Bingham, 1993):

$$G = c_v d_v \frac{(T_2 - T_1)}{\Delta t} = R_n - \lambda E \quad \text{MJ m}^{-2} \text{den}^{-1} \quad (6)$$

kde c_v je tepelná kapacita vody ($\text{MJ.m}^{-3} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$), d_v je předpokládaná hloubka vody (m), Δt je délka periody, T_1 a T_2 jsou teploty na začátku a konci periody. Odtud:

$$T_1 - T_2 = \Delta T = \frac{(R_n - \lambda E) \cdot \Delta t}{c_v d_v} \quad (7)$$

Protože hodnoty R_n a E jsou zpravidla udávány pro den jako nejkratší jednotku, je i Δt ve dnech. Při možnosti vyjádření R_n a λE v kratších intervalech lze volit minuty nebo hodiny. Uvedený vztah platí pro nezastíněnou hladinu. Při zastínění je dopadající čistě záření R_n nutné redukovat podřadnou hodnotou relativního osvětlení, nazvaného koeficientem zastínění r_0 :

$$\Delta T = \frac{(R_n r_0 - \lambda E) \cdot \Delta t \cdot k_r}{c_v d_v} \quad (8)$$

$$\text{kde } r_0 = \frac{R_n(z)}{R_n} = \frac{\tau O_z}{\tau O} = \frac{O_z}{O} \quad (9)$$

kde $R_n(z)$ a O_z jsou hodnoty radiace a také osvětlení v zastínění, O je osvětlení ve volném prostoru a τ je převodní koeficient na hodnoty ve W.m^{-2} ($\tau = 1/0,0122 \text{ W.m}^{-2}$).

Nepřímé vlivy studovala řada autorů, kteří posuzovali břehovou vegetaci z pohledu ekologického a ekonomického hodnocení její kladné funkce. Obdobně byl posuzován vztah břehových porostů k poškozování výnosů na okolních zemědělsky využívaných plochách.

Cílem studie šetření je problematika zastínění vodotečí zemědělského významu a jeho vliv na skladbu břehových porostů a čistotu vody, v druhé fázi pak zpřesnění kvantifikace obou vlivů.

Studiu zastínění, zvláště v břehových porostech, se věnovalo jen málo autorů. Z pohledu tzv. světelného nároku hlavních stromů a keřů publikovali např. Mc Kennan (1988), Kuuluvainen, Pukkala (1989), Brown, Gillepsie (1990), Piper (1990), Schütz (1991), Wilkinson et al. (1991), Baker (1992), Yates, Mc Kenan (1993) a další. Hodnoty zjištěné různými autory v různých podmínkách, často velmi odlišných od podmínek střední Evropy, nemohou být přímo použity. Úkolem našeho sledování je získat v rámci našich možností požadované podklady a jejich zhodnocení do použitelných doporučení.

Jednotlivé druhy bylin a dřevin mají různé světelné nároky. Na nich je závislá druhová skladba břehových porostů a následně zastínění hladiny vody. Při měření intenzity světla byl použit přístroj Metra s odděleným selenovým čidlem. Byla měřena světelnost v lx, a to jak pro světlo přímé, tak difuzní. Pro velký rozsah světelnosti nezastíněných a zastíněných míst byla použita soustava filtrů. Základním zkoumaným prvkem byl podíl světelné energie (relativní osvětlení), který vyjadřuje i podíl dopadající relativní energie a současně redukční koeficient r_0 , na obvod příčných profilů koryta a hladiny. Měření probíhala vždy na volném prostranství (100 %), v břehové čáře, uprostřed svahu a v patě koryta po obou stranách koryta. Současně byla měřena intenzita pronikajícího světla k obálkám korun křovinového patra ve vhodných bodech i mimo profil.

Měření bylo realizováno v úsecích toku s trvalým průtokem (Sánská strouha) a s občasným průtokem (odvodňovací kanál) v prostoru tzv. Poděbradských blat, v katastru obce Křečkov. Břehová vegetace vznikla v obou případech přirozenou sukcesí.

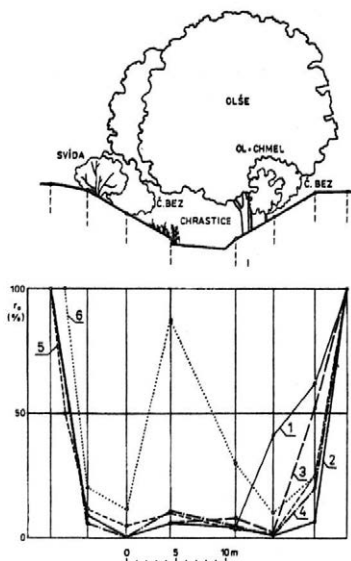
Termíny měření byly voleny tak, aby zahrnuly celou dobu vegetace v měsíčních intervalech a aby měření s maximálním přiblížením probíhala ve stejné denní době a ve stejném pořadí měřených profilů. Na obou lokalitách byl volen profil bez stínícího porostu pro možnost porovnání. Naměřené hodnoty byly přepočítá-

ny na procentní hodnoty koeficientů r_0 z hodnot mimo porost jako hodnot 100%.

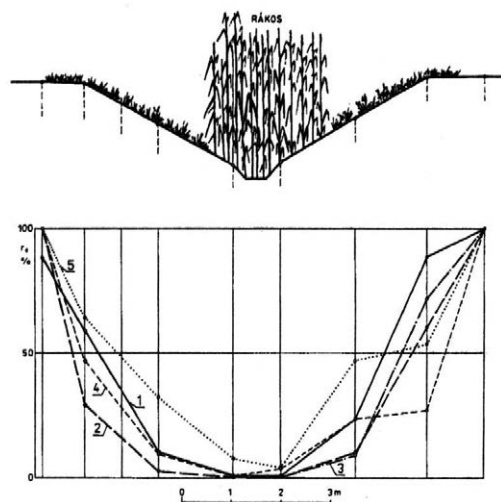
VÝSLEDKY A DISKUSE

Měření bylo započato v roce 1992 při mapování druhové skladby sledovaných úseků vodotečí. V roce 1993 bylo měřeno v termínech: 6. 5., 1. 6., 21. 7., 19. 8., 22. 9. a 14. 10. Hodnoty naměřených světelností na obvodu koryta byly po přepočtu na procentní hodnoty vyneseny graficky do příčných profilů koryta (obr. 1 a 2), ve kterých bylo měřeno. Nad nimi byly vykresleny profily s druhovou skladbou porostů a jejich prostorového rozložení. Obecně lze uvést, že v průběhu roku se měnila intenzita pronikajícího světla s vývojem olistění, tj. z počátečních vyšších hodnot prvního měření hodnoty v průběhu léta klesají a opět s podzimním žloutnutím listů a začínajícím opadem hodnoty stoupají.

Uvedená měření byla vždy pro sledovaný druh vegetace zpracována statisticky (tab. I) s tím, že byly pro jednotlivé druhy porostu vypočteny průměrné hodnoty a jejich směrodatné a průměrné odchylky, přičemž jde o limitní hodnoty, resp. o hodnoty maximálního zastínění. Na okrajích zastínění a mezi stínícími prvky jsou hodnoty vyšší. Při rozboru rovnice (8) je zřejmé, že při plném zastínění a při poklesu hodnoty R_n může hodnota v závorce čitatele zlomku být záporná, přičemž energie pro výpar λE může být odebrána z vodní masy protékající vody, což se ostatně děje i po západu slunce. Z úvahy je zřejmé, že nadměrné zastínění toku sni-



1. Hodnoty zastínění r_0 na vzorovém příčném profilu Sánské strouhy měřené v roce 1993 v termínech: 6. 5. (čára 1), 1. 7. (čára 2), 21. 7. (čára 3), 19. 8. (čára 4), 22. 9. (čára 5) a 14. 10. (čára 6) – Values of shading r_0 on the model transversal profile of Sánská strouha recorded in 1993 on the dates: May 5 (line 1), July 1 (line 2), July 21 (line 3), August 19 (line 4), September 22 (line 5), and October 14 (line 6)



2. Hodnoty zastínění r_0 na vzorovém příčném profilu kanálu Křečkov měřené v roce 1993 v termínech: 1. 7. (čára 1), 21. 7. (čára 2), 19. 8. (čára 3), 22. 9. (čára 4) a 14. 10. (čára 5) – Values of shading r_0 on the model transversal profile of the Křečkov channel recorded in 1993 on the dates: July 1 (line 1), July 21 (line 2), August 19 (line 3), September 22 (line 4), and October 14 (line 5)

Druh ¹	Počet údajů ¹⁰ n	Průměr ¹¹ r_0	Odchylka ¹²	
			průměrná ¹³ σ_n	směrodatná ¹⁴ σ_{n-1}
Hloh obecný ² <i>Crataegus oxyacantha</i> L.	7	9,7	8,8	9,5
Bez černý ³ <i>Sambucus nigra</i> L.	4	8,4	6,6	7,7
Růže šípová ⁴ <i>Rosa canina</i> L.	3	3,2	1,8	2,2
Svída krvavá ⁵ <i>Cornus sanguinea</i> L.	6	2,3	1,9	2,0
Vrba bílá ⁶ <i>Salix alba</i>	12	4,6	4,2	4,4
Trnka obecná ⁷ <i>Prunus pinosa</i>	3	9,5	9,2	11,3
Krušina olšová ⁸ <i>Rhamnus frangula</i> L. Mill	1	11,3	–	–
Rákos obecný ⁹ <i>Phragmites communis</i> Trin.	8	2,3	1,9	2,0

¹species, ²hawthorn, ³European elder, ⁴dog rose, ⁵bloody dogwood, ⁶white willow, ⁷blackthorn, ⁸alder buckthorn, ⁹common reed-grass, ¹⁰number of data, ¹¹mean, ¹²deviation, ¹³average, ¹⁴standard

žuje teplotu vody a snižuje i intenzitu samočisticí schopnosti zemědělských toků, které mohou být zastíněny po ploše celé hladiny a po dlouhé úseky.

ZÁVĚR

Samočisticí schopnost toků je intenzivní proces odbourávání organických i jiných látek obsažených v protékající vodě. Prohlíhá i na zemědělských tocích. Je závislá na teplotě a obsahu kyslíku v protékající vodě. Práce uvádí základní teoretické vztahy pro reaeraci a deoxydaci vody a pro vliv sluneční radiace na teplotu vody, která je závislá i na intenzitě zastínění vodní hladiny, vyjádřeném redukčním koeficientem zastínění r_0 .

Na dvou vodotečích v nížinné oblasti bylo měřeno zastínění v lx, vytvářené přirozeným břehovým porostem a porovnáváno osvětlením ve volném prostoru. Jejich podíl r_0 je vykreslen ve vybraných příčných profilech v procentuálním vyjádření a limitní minima jsou uvedena v tab. I. Z rozboru vztahu pro změnu teploty vody plyne, že při vysokém zastínění hladiny toku se teplota vody snižuje a snižuje se i samočisticí schopnost vody. Při revitalizaci zemědělských toků je třeba tuto okolnost respektovat.

Uvedené hodnoty budou postupně doplňovány dalším terénním měřením.

LITERATURA

- BAKER, W. L.: Macro and micro-scale influences on riparian vegetation in western Colorado. *Ann. Assoc. Amer. Geograph.*, 79, 1992 (1): 65–78.
- BROWN, D. B. – GILLESPIE, T. J.: Estimating radiation recieved by a person under different species of shade trees. *J. Arboricult.*, 16, 1990 (6).
- JANEČEK, M. – VENŠOVÁ, M. – MACUROVÁ, M.: Microbial activity of bottom sediments in a stabilization pond. *Acta Hydrochem. Hydrobiol.*, 19, 1991 (6): 625–637.
- KUULUVAINEN, T. – PUKKALA, T.: Simulation of within-tree and between-tree shading of direct radiation in forest canopy: effect of crown shape and sun elevation. *Ecol. Modell.*, 49, 1989: 89–100.
- MALEK, E.: Rapid changes of the surface soil heat flux and its effects on the estimation of evapotranspiration. *J. Hydrol.*, 142, 1993: 89–97.
- MALEK, E. – BINGHAM, G. E.: Comparison of the Bowen ratio-energy balance and water balance methods for the measurement of evapotranspiration. *J. Hydrol.*, 146, 1993: 209–220.
- MALEK, E. – BINGHAM, G. E. – MC CURDY, G. D. – HANGS, R. J.: Determination of evapotranspiration from an alfalfa crop irrigated with saline waste water from an electrical power plant. *Irrig. Sci.*, 13, 1992: 73–80.
- MARHOUN, K. – ZBOŘILOVÁ, H.: Zásady revitalizace vodních toků. I. Úpravy vodních toků ekobiologickými metodami a zásadní otázky revitalizací. Brno, Aquatis 1991.
- MC KENNAN, G. T.: Light attenuation by trees. *Semin. Microclimate and environmental performance of buildings*, Manchester, Polytechn. 1988.
- NOVÁK, L.: Vliv vegetačního zpevnění břehů na průtočnost příčného profilu toku. *Vod. Hospod.*, 1963: 431.
- NOVÁK, L. et al.: Vegetace v úpravách vodních toků a nádrží. Praha, SNTL 1986.
- NOVÁK, L. – FIDLER, J. – KŘOVÁK, F.: Ekologická stabilizace melioračních zařízení v zemědělské krajině. [Výzkumná zpráva.] Praha, VŠZ 1992.
- NOVÁK, L. – FIDLER, J. – KŘOVÁK, F.: Ekologická stabilizace melioračních zařízení v zemědělské krajině. [Předběžná zpráva.] Praha, VŠZ 1993.
- PIPER, R. D.: Overstory-understory relations in pinyonjuniper woodlands in New Mexico. *J. Range Mgmt.*, 43, 1990 (5): 413–415.
- PITER, P.: Hydrochemie. Praha, SNTL 1990: 263–271.
- RIEDL, O.: Břehové porosty – stabilizace břehů biologickou cestou. [Výzkumná zpráva.] Brno, VŠZ 1975.
- SCHÜTZ, J. P.: Lässt sich die Eiche in der Kleinlochstellung erziehen. Ein Beitrag zur Mischung von Lichtbau marten. *Jtag. Treis-Karden, Mosel, Dtsch. Ver. Forstl. Forsch.-Anst., Sek. Ertrags.* 1991: 73–86.
- ŠKOPEK, V.: Vliv zastínění břehovými porosty na snížení intenzity zarůstání a zanášení koryt vodních toků a melioračních kanálů. [Výzkumná zpráva.] Praha-Zbraslav, VÚM 1977.

TUČEK, F. – CHUDOBA, J. – VANÍČEK, Z.: Základní procesy a výpočty v technologii vody. Praha, SNTL 1988: 33–51.
VÁLEK, Z.: Výzkum využitelnosti dřevin k zpevnování břehů toků. Vod. Hospod., 1955: 239.
VÁLEK, Z.: Lesní dřeviny jako vodohospodářský a protierozní činitel. Praha, SZN 1977.
WILKINSON, D. M. – YATES, D. – MC KENNAN, G. T.: Light attenuation characteristics of seven common British trees. Arboricult. J., 15, 1991: 37–44.

YATES, B. – MC KENNAN, G. T.: Solar architecture and light attenuation by trees: conflict or compromise. Manchester, Polytechn. 1993.

ZELENÝ, V.: Vliv stromových břehových porostů na průtok vody korytem. [Výzkumná zpráva.] Praha-Zbraslav, VÚM 1975.

ZELENÝ, V. – JAŘABÁČ, M.: Vliv vrbového porostu na průtok vody korytem. Lesn. Čas., 12, 1966 (10).

Došlo 29. 3. 1994

Kontaktní adresa:

Prof. ing. Jiří Fídl er, DrSc., Česká zemědělská univerzita, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika,
tel.: 02/338 21 26, fax: 02/32 58 63

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

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

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

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

POUŽITÍ PROGRAMU QUAL2E PŘI MODELOVÁNÍ ŠÍŘENÍ ZNEČIŠTĚNÍ V TOKU POD BODOVÝM ZDROJEM

THE USE OF PROGRAM QUAL2E FOR MODELLING THE EXPANSION OF POLLUTION BELOW THE POINT SOURCE

M. Starý, P. Doležal, R. Milerski, M. Siroginová

Faculty of Civil Engineering, University of Technology, Brno, Czech Republic

ABSTRACT: The problems of expansion of pollution of the stream are ones of the most topical, solving nowadays, and they have a direct relation to the environment. The contribution gives brief results of experimental research on the experimental locality which includes the stream Bystřička on the Bohemian-Moravian Highlands below the outlet of municipal sewage treatment plant (ČOV) at Bystřice nad Pernštejnem (3). The scheme of the locality is in Fig. 1. The research has been aimed at self-purifying process, that is from the cycle, nitrogen and phosphorus during a year. Samples were taken from sampling profiles 1 to 7 in the morning at week intervals during two years. Samples were subject to chemical analyses and included the above-mentioned cycles. In addition, water flows and temperatures of water and atmosphere were recorded. Precipitation was measured in the centre of gravity of the river basin. Continuous monitoring of the stream was concentrated on achieving sufficient amount of materials for description of self-purifying process on the basis of measured data and for calibration and testing the program QUAL2E designed for modelling the expansion of pollution in the stream. Regarding random collection of data and comparatively considerable variation of effluents from the sewage treatment plant during a day, methods of mathematical statistics were used for data processing. The data were processed for different climatic quarters of the year. Patterns of pollution along the stream plotted in Figs 3, 4, 5, 7, 8, 9 confirm logical reasons of this approach. Some conclusions valid for monitored locality can be made from comparison of processed results of measured and simulated data using the program QUAL2E. The effect of seasonal character in view of hydrological conditions in the river basin (precipitation, temperatures, evaporation and flow rates in the stream associated with it) is significant and affects significantly an intensity and reach of self-purifying effect in the stream. Decisive processes of degradation of pollution take place in the section 1 to 2 km below the outlet from the sewage treatment plant. The total range of pollution with respect to the return to the starting value of concentrations in the stream above the outlet does not exceed 6 km in any section. In simulation of expansion of pollution through the program QUAL2E, the seasonal effect, except flow rates, is considered by temperature dependence of coefficients. From the point of view of the range of pollution the summer period seems to be the most favourable which becomes a decisive factor in assessing the extent of pollution. Simulated courses of concentrations of pollution by the program QUAL2E we consider as satisfactory. Certain testing is required for the oxygen cycle (now being in progress). Regarding easy use of the program, the submission of implicit values of coefficients presented in the previous text suffices in most cases.

stream pollution; expansion of self-purifying effect; modelling; hydrological factors

ABSTRAKT: Problematika šíření znečištění v toku patří k neaktuálnějším, které se v současné době řeší a které mají přímý vztah k životnímu prostředí. V příspěvku jsou stručně popsány výsledky experimentálního výzkumu na pokusné lokalitě, kterou tvoří tok Bystřička na Českomoravské vysočině pod výústí městské ČOV v Bystřici nad Pernštejnem. Na sérii obrázků je zachycen vliv sezonality hydrologických činitelů v průběhu roku na samočisticí efekt toku v procesu eutrofizace. Současně je pro srovnání uveden simulovaný průběh vybraných ukazatelů znečištění po délce toku za použití programu QUAL2E a jsou uvedeny některé zkušenosti s použitím tohoto programu.

znečištění toku; šíření; samočisticí efekt; modelování; hydrologické činitele

ÚVOD

Cílem řešeného výzkumu bylo zjištění samočisticí schopnosti toku v průběhu roku v ukazatelích kyslíkového režimu a obsahu dusíku a fosforu. Průběh tohoto procesu byl sledován na pokusné lokalitě toku Bys-

třička pod výústí z ČOV v Bystřici nad Pernštejnem. Schéma lokality je znázorněno na obr. 1. Délka toku mezi prvním a posledním odběrným profilem činí přibližně 8,2 km. V odběrných profilech č. 1 až 7 byly v dopoledních hodinách odebrány vzorky vody s frekvencí přibližně jednoho týdne po dobu dvou let. Ve



1. Schéma pokusné lokality – Scheme of experimental locality

vzorcích byly stanoveny ukazatele kyslíkového režimu (obsah rozpuštěného kyslíku a BSK₅), jednotlivé formy dusíku (dusičnany, dusitany, amoniakální a organický dusík) a fosforu (fosforečnany a organický fosfor). Měřeny byly průtoky, teplota vzduchu a vody v době odběru jejích vzorků a srážky v těžišti povodí. Průběžné monitorování toku bylo zaměřeno na získání dostatečných podkladů pro popis samočisticího procesu na základě měřených dat a současně pro získání podkladů pro kalibraci a testování programu QUAL2E určeného pro modelování šíření znečištění v toku. Vzhledem k náhodnému sběru dat byly pro zpracování dat použity metody matematické statistiky. Data byla zpracována za jednotlivá klimatická čtvrtletí. Graficky zpracované průběhy znečištění po délce toku potvrzují svoji logikou oprávněnost tohoto přístupu.

MATERIÁL A METODA

Program QUAL2E

Problematika simulace šíření znečištění v toku představuje řešení sdruženého počátečního a okrajového problému. Použití programové dílo QUAL2E pochází z USA (Brown et al., 1987) a jeho historie sahá až do 60. let. V současné podobě byl ukončen v roce 1987. Umožňuje simulovat šíření vybraných složek znečištění v toku, resp. v říční síti implicitní diferenční metodou. Úlohu řeší jako jednorozměrnou. Tok je rozdělen na úseky, které se dále dělí na výpočtové elementy stejné délky pro celý tok (říční síť). Pro každý element platí rovnice vycházející ze zákona zachování hmotnosti. Hmotnost znečišťující látky v elementu narůstá, resp. ubývá v důsledku transportu, disperze, vnějších zdrojů a propadů (např. výustí z ČOV a odběry), vnitřních zdrojů a propadů (vztah mezi znečišťujícími látkami, biologické transformace apod.), a to v závislosti na teplotě, intenzitě a délce slunečního svitu. Program umožňuje řešit cyklus kyslíku, dusíku, fosforu, teplotní režim, řasy reprezentované chlorofylem A a konzervativní znečišťující látky. Rovněž je možné

zadat jednu libovolnou nekonzervativní znečišťující látku. Průběh jejího odbourávání je popisován kinetickou rovnicí prvního řádu, přičemž rychlost odbourávání této látky je úměrná zbývajícím koncentracím této látky.

Program je určen pro simulaci šíření znečištění v toku při ustáleném proudění. Za tohoto zjednodušujícího předpokladu umožňuje modelovat ustálený i neustálený stav šíření znečištění v toku.

USTÁLENÝ STAV ŠÍŘENÍ ZNEČIŠTĚNÍ V TOKU

Při tomto stavu již došlo k doznění všech přechodových jevů týkajících se kvality vody v toku a tok po změně okrajových podmínek přešel do nového ustáleného stavu. Při nezměněných okrajových podmínkách (přítoky, resp. odběry z hlediska množství i kvality vody) je již proces odbourávání znečištění v toku v důsledku samočisticího ustálen a v jednotlivých profilech toku nedojde s narůstajícím časem k žádné kvalitativní změně. Koncentrace znečišťující látky je tedy pouze funkcí prostoru.

Při použití tohoto způsobu výpočtu najde program svoje využití při posuzování dlouhodobého vlivu bodového zdroje znečištění na tok, jehož znalost je nutná zejména při projektování nových čistíren odpadních vod, resp. při posouzení souběžného vlivu více zdrojů znečištění na tok, resp. říční síť. Tento způsob řešení byl využit při řešení výzkumu.

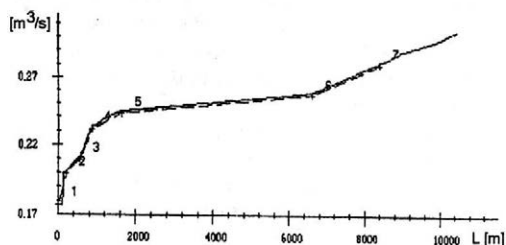
NEUSTÁLENÝ STAV ŠÍŘENÍ ZNEČIŠTĚNÍ V TOKU

Program neumožňuje měnit okrajové podmínky reprezentující vydatnost zdrojů znečištění a jejich kvalitu v čase. Nestacionarita je reprezentována pouze časovou změnou klimatických údajů, které ovlivňují dynamiku vnitřních změn koncentrace znečišťující látky a teplotní režim toku. Lze tedy řešit přechodové průběhy ukazatelů znečištění v toku z hodnot zadaných počáteční podmínkou řešení až na ustálený stav těchto ukazatelů odpovídající zadaným okrajovým podmínkám. V průběhu těchto přechodových jevů je tedy koncentrace znečišťující látky funkcí času a prostoru. Tento způsob řešení nebyl využit.

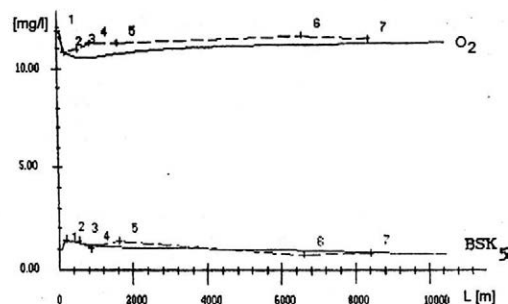
Srovnání měřených a simulovaných průběhů znečištění v toku

Při použití programu QUAL2E je třeba zadat počáteční a okrajové podmínky řešení a určit hodnoty koeficientů vyskytujících se v rovnicích popisujících šíření znečištění jednotlivých ukazatelů znečištění, především pak vnitřní změny těchto ukazatelů.

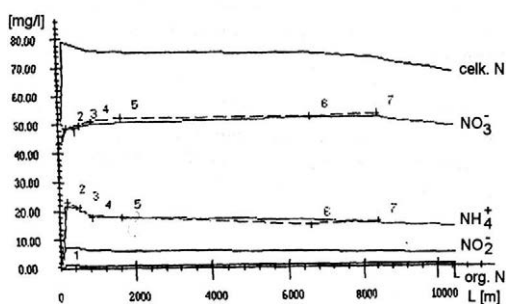
Počáteční a okrajové podmínky byly zadány z hodnot získaných zpracováním měřených dat. Hodnoty konstant byly převzaty buď z implicitních hodnot, zadávaných editorem programu, nebo byly určeny sub-



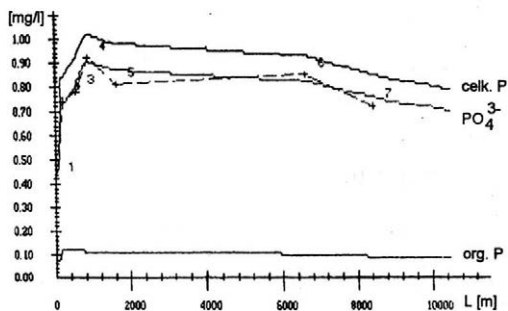
2. Jaro (průtok) – Spring (flow rate)



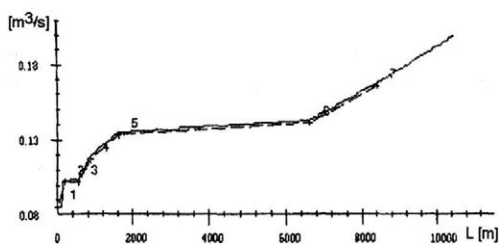
3. Jaro (cyklus kyslíku) – Spring (oxygen cycle)



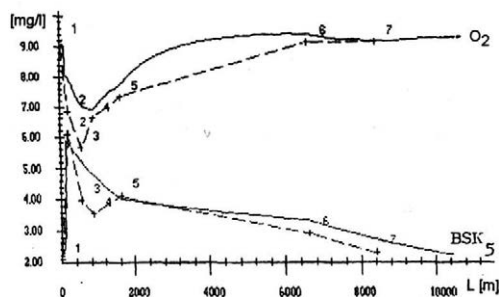
4. Jaro (cyklus dusíku) – Spring (nitrogen cycle)



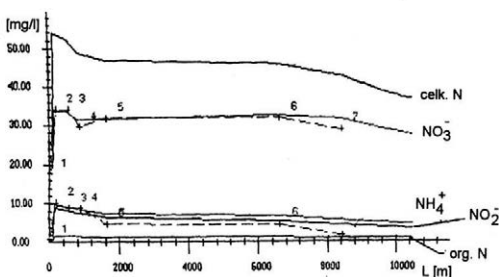
5. Jaro (cyklus fosforu) – Spring (phosphorus cycle)



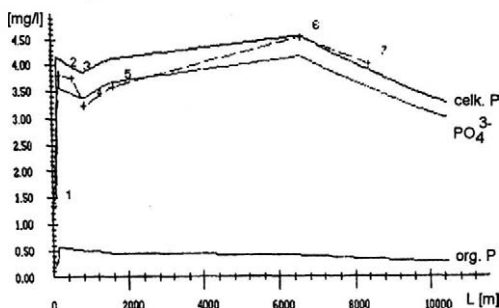
6. Léto (průtok) – Summer (flow rate)



7. Léto (cyklus kyslíku) – Summer (oxygen cycle)



8. Léto (cyklus dusíku) – Summer (nitrogen cycle)



9. Léto (cyklus fosforu) – Summer (phosphorus cycle)

jektivní kalibrací modelu (porovnání měřených průběhů ukazatelů znečištění po délce toku s průběhy simulovanými). V rámci numerické analýzy problému byl testován vliv citlivosti modelu na hodnoty těchto konstant, které byly neměnné, resp. se měnily po délce toku i v průběhu roku.

Obr. 2 až 9 (Starý, 1992/1993) zachycují jednak vliv sezonality hydrologických činitelů na průběhy průměrných hodnot vybraných ukazatelů znečištění po délce toku za klimatické jaro (od 1. 3. do 31. 5.) a léto (od 1. 6. do 31. 8.) a dále poskytují možnost srovnání měřených a simulovaných průběhů. Na obr. 2 až 9 je znázorněna varianta, u níž se hodnoty koeficientů mění po délce toku a jsou konstantní v průběhu celého roku. Plné čáry značí simulované průběhy, čárkované měřené průběhy. Srážkový úhrn na jaře činil 123,4 mm a v létě 107,3 mm. Pro omezený rozsah článku nejsou uvedeny výsledky za podzimní a zimní období. Podrobný popis těchto výsledků uvádějí Starý et al. (1993).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Ze srovnání zpracovaných výsledků měřených a simulovaných dat za použití programu QUAL2E je možné vyslovit některé závěry platné pro monitorovanou lokalitu.

Vliv sezonnosti z hlediska hydrologických poměrů v povodí (srážky, teploty, výpar a s tím související průtoky v toku) je významný a podstatným způsobem ovlivňuje intenzitu a dosah samočistícího efektu v toku. Rozhodující procesy odbourávání znečištění se odehrávají v úseku cca 1 až 2 km pod výstí z ČOV, a to v průběhu celého roku. Celkový dosah znečištění vzhledem k návratu na výchozí hodnoty koncentrací v toku nad výstí nepřesahuje v žádném období roku 6 km. Při simulaci šíření znečištění programem QUAL2E je sezonní vliv kromě průtoků respektován teplotní závislostí koeficientů.

Z hlediska dosahu znečištění je nejnepríznivější letní období, kdy byly zaznamenány nejnižší průtoky v průběhu celého roku, a rovněž tak koncentrace rozpuštěného kyslíku. Toto období se tak stává rozhodujícím pro posouzení dosahu znečištění.

Simulované průběhy koncentrací znečištění pomocí programu QUAL2E považujeme za velmi uspokojivé. Určité otestování vyžaduje ještě cyklus kyslíku (v současnosti se řeší). Za velmi uspokojivou vzhledem k snadnému použití programu je možné považovat rovněž skutečnost, že ve většině případů je postačující zadávání implicitních hodnot koeficientů uvedených v předchozím textu.

Testovaný ustálený stav šíření znečištění v toku považujeme z hlediska rozvoje širšího okolí toku pro potřeby koncepční a posuzovací činnosti za rozhodující. Jeho výhody jsou následující. Na okalibrovaném úseku toku je možné předpovídat průběhy a dosah znečištění za různých vodních stavů a různých výtoků z ČOV. Na rozdíl od měření, kdy jsme omezeni pouze konečným počtem měrných profilů, kterých je v běžné praxi zpravidla malý počet, a detailní zmapování průběhů znečištění je často problematické, umožňuje získat po délce spojitý průběh koncentrací ukazatelů znečištění, a tudíž i zpřesnění jeho dosahu. Na tuto skutečnost přímo navazuje možnost odhadu průběhů koncentrací znečištění v toku, resp. v říční síti v případě, kdy na toku existuje více zdrojů znečištění, eventuálně bude počet zdrojů rozšířen.

LITERATURA

- BROWN, L. C. – THOMAS, O. – BARNWELL: The entrained stream water quality models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS. Athens, Georgie, Environ. Res. Lab. Off. Res. Dev. 1987.
- STARÝ, M. – DOLEŽAL, P. – MILERSKI, R.: Vliv působení bodových zdrojů znečištění na čistotu malých vodních toků bystřinného typu (užití programu QUAL2E). [Výzkumná zpráva.] Praha, VÚMOP, Brno, VUT FAST ÚVHK, 1993. 150 s.
- STARÝ, M.: Uživatelské rozhraní a grafický výstup pro ovládání programu QUAL2E, uživatelský software. 1992/1993.

Došlo 18. 5. 1994

Kontaktní adresa:

Doc. ing. Miloš Starý, CSc., Vysoké učení technické, Stavební fakulta, Ústav vodního hospodářství krajiny, Žitkova 17, 662 37 Brno, tel.: 05/72 61 770, fax: 02/72 61 728

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.

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 10 stran psaných na stroji včetně tabulek, obrázků a grafů. V práci je nutné použít 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). Tabulky, grafy a fotografie se dodávají zvlášť, nepodlepují se. Na všechny přílohy musí být odkazy v textu.

Název práce (titul) nemá přesáhnout 85 úhozů. Je nutné vyvarovat se v něm obecných názvů. Jsou vyloučeny podtitulky článků.

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

Rozšířený souhrn (Abstract) je uveřejňován v angličtině, měly by v něm být v rozsahu cca 2 strojopisných stran komentovány výsledky práce a uvedeny odkazy na tabulky a obrázky, popř. na nejdůležitější literární citace. Je nutné 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. Doporučuje se co nejnižší počet citovaných autorů.

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

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

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

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

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

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.

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.

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 ten 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). 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. It is necessary to avoid in the title the usage of common expressions. 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 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. It is recommended to cite the lowest possible number of authors.

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.

OBSAH – CONTENTS

Kulík D.: Vplyv vybraných pestovateľských faktorov na úrodu jarného jačmeňa – The effect of some intensification factors on the spring barley yield	1
Gromová Z., Dančák I.: Úroda tritikale v závislosti od spôsobu sejby a hnojenia – The triticale yield in dependence on the sowing method and fertilization.....	5
Mazúr M.: Vplyv hĺbky sejby a kalibrácie osiva na úrody kukurice – Effect of sowing depth and seed calibration on the maize yield	11
Petříková V., Ustjak S., Roth J.: Těžké kovy v půdách a zemědělských plodinách v pěti různě imisně zatížených lokalitách ČR – Heavy metals contamination of agricultural crops and soils in five regions of the Czech Republic with different immission pollution load.....	17
Němeček J., Podlešáková E., Pastuzsková M.: Pozadové obsahy potenciálně rizikových prvků v půdách ČR (obsahy v extraktu 2M HNO ₃) – Background contents of the potentially hazardous elements in soils of the Czech Republic (contents in the 2M HNO ₃ extract)	25
Tlustoš P., Vostal J., Száková J., Balík J.: Přímá a následná účinnost vybraných opatření na obsah Cd a Zn v biomase špenátu – Direct and subsequent efficiency of selected measures on the Cd and Zn content in the biomass of spinach.....	31
Fídl J., Křovák F.: Vliv břehových porostů na samočisticí proces malých toků v zemědělské krajině – Effects of the bank protection stands on self-purifying process of small water courses ...	39
Starý M., Doležal P., Milerski R., Siroginová M.: Použití programu QUAL2E při modelování šíření znečištění v toku pod bodovým zdrojem – The use of program QUAL2E for modelling the expansion of pollution below the point source	45
Z VĚDECKÉHO ŽIVOTA – FROM THE SPHERE OF SCIENCE	
Pavelek M.: II. Evropská konference skupiny pro výzkum a šlechtění lnu při FAO FLAX NETWORK.....	24
Nedělník J.: Management a šlechtění víceletých vojtěšek pro diverzifikované využití.....	30