

ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH INFORMACÍ

ROSTLINNÁ VÝROBA

Plant Production

ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD

9

VOLUME 41 (LXVIII)

PRAHA

ZÁŘÍ 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 trávnych porastov 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 (Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, Stuttgart, BRD)

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

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

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

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

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

Ir. Cees van Ouwkerk (Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren G, Nederland)

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

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

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

Prof. Dr. Heinrich W. Scherer (Agrikulturchemisches Institut der Rheinischen Friedrich Wilhelms-Universität, Bonn, BRD)

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

Doc. ing. Miron Suškevič, DrSc. (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 Zawiślak (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, e-mail: braun@uzpi.agrec.cz. Den doručení rukopisu do redakce je publikován jako datum přijetí k publikaci.

Informace o předplatném: Objednávky na předplatné jsou přijímány pouze na celý rok (leden–prosinec) a měly by být zasílány na adresu: Ústav zemědělských a potravinářských informací, vydavatelské oddělení, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Cena předplatného pro rok 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, e-mail: braun@uzpi.agrec.cz. The day the manuscript reaches the editor for the first time is given upon publication as the date of reception.

Subscription information: Subscription orders can be entered only by calendar year (January–December) and should be sent to: Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Subscription price for 1995 is 118 USD (Europe), 123 USD (overseas).

VZTAHY MEZI PRŮBĚHEM POČASÍ, VLHKOSTÍ A OREBNÍMI ODPORY

RELATION BETWEEN WEATHER COURSE, SOIL MOISTURE AND PLOUGH RESISTANCE

V. Škoda, L. Horák

Czech University of Agriculture, Praha, Czech Republic

ABSTRACT: Decisive variable factors affecting the ploughing and seed bed preparation for winter wheat following sugar beet and silage maize (in addition to soil texture and humus content in the soil) pertain the weather course with resulting soil moisture and soil density or soil compaction. During the years 1991 to 1993 the influence of the sum of precipitation and average air temperatures in August, September and October on the quality of ploughing for winter wheat was studied. As a decisive criterion for the ploughing and subsequent seed bed preparation for winter wheat was proved to be the soil moisture. The ploughing under conditions of critical soil moisture, namely below 10% of weight does not fulfil the function of the soil preparation for winter wheat. The plough resistance as well as fuel consumption increase. At the soil moisture of 9.3% of weight the plough resistance was 55.9 kPa and the fuel consumption 26.1 l.ha⁻¹. At the soil moisture of 12.2% of weight the plough resistance was 49.5 kPa and the fuel consumption 24.8 l.ha⁻¹. The soil moisture of 14% of weight caused the plough resistance of 46.9 kPa, the fuel consumption being 21.4 l.ha⁻¹. The values of the plough resistance were completed with the results of penetrometric measurements the indices of compacted soils in all years under study.

weather; soil moisture; plough resistance

ABSTRAKT: Mezi rozhodující proměnlivé faktory, které ovlivňují orbu a přípravu seťového lůžka pro ozimou pšenici následující po cukrovce a silážní kukuřici (kromě druhu půdy a obsahu humusu v půdě), patří průběh počasí s vlhkostí půdy a utužením až zhutněním půdy. Proto byl v letech 1991 až 1993 sledován vliv počasí, tj. úhrnu srážek a průměrných teplot vzduchu, v měsících srpnu, září až října na kvalitu podzimní seťové orby. Rozhodujícím kritériem pro podzimní seťovou orbu a předseťovou přípravu půdy se ukázala vlhkost půdy. Orba při kritické půdní vlhkosti, tj. pod 10 % hmotn., neplní prakticky svou funkci podzimní seťové orby. Orební odpory značně rostou a zvyšuje se spotřeba nafty. Při vlhkosti půdy 9,3 % hmotn. byl orební odpor půdy 55,9 kPa a spotřeba nafty 26,1 l.ha⁻¹. Při vlhkosti půdy 12,2 % hmotn. byl orební odpor půdy 49,5 kPa a spotřeba nafty 24,8 l.ha⁻¹. Při vlhkosti půdy 14 % hmotn. byl orební odpor 46,9 kPa a spotřeba nafty 21,4 l.ha⁻¹. Hodnoty orebních odporů byly doplněny měřením penetrometrického odporu, který ve všech třech letech vykazoval hodnoty zhutněných půd.

počasí; vlhkost půdy; orební odpory

ÚVOD

Zpracováním půdy a přípravou seťového lůžka pro ozimou pšenici se u nás zabývala řada autorů (Petr, 1981; Kvěch – cit. Petr a kol., 1983; Suškevič – cit. Petr a kol., 1983; Suškevič, Odložilík, 1986; Kollár, 1986; Košík, 1986; Šimon, 1986; Lacko-Bartošová, 1990; Suškevič, 1994 a další). Požadavek ozimé pšenice na zásobení vodou sledoval např. Šimon (1986) a termínu setí ozimé pšenice věnovali pozornost především Pelikán, Rozsypal (1993) a Fialová (1994).

Aktuálním problémem v posledních letech vzhledem k oteplování se ukazuje kvalitní provedení podzimní seťové orby pro ozimou pšenici, zejména po později sklizených předplodinách, tj. po kukuřici na siláž (případně

na zrno) a po včas sklizené cukrovce, kdy jsou půdy značně ulehle až zhutnělé. Většinou jde o půdy hlinité až jílovitohlinité, tj. střední až těžší, které v důsledku značné ulehlosti a nedostatku vody jsou přeschlé a velmi těžko zpracovatelné (Škoda, 1993, 1994).

Zvláště kritická situace nastává v suchých oblastech dešťového stínu Krušných hor, jižní Moravy, ale i v oblastech s dočasnými přísušky, zejména na konci léta a začátku podzimu. V uvedených oblastech je v důsledku hlavně nižších úhrnů srážek, vytvářejících menší zásobu půdní vody, a vyšších průměrných denních teplot vzduchu, a tím i vyšší evaporace v srpnu, září a říjnu, seťová orba a následná příprava seťového lůžka značně ztížena. Při orbě se tvoří velké hroudy, které jsou velmi soudržné, takže orební odpory značně narůstají, a tím stoupá i spotřeba nafty. Hrubá brázda, tj. nadměrně

hroudy, vyžadují okamžité zpracování, které je též velmi obtížné a energeticky náročné, což má za následek další zvýšenou spotřebu nafty, čímž stoupají výrobní náklady. Seťové lůžko přitom nebývá dobře připraveno. Klíčení a zejména vzházení ozimé pšenice je nestejnoměrné a porosty jsou značně nevyrovnané, což se projevuje negativně na výnosech ozimé pšenice.

MATERIÁL A METODA

Na Katedře obecné produkce rostlinné a agrometeorologie na ČZU v Praze byl sledován vliv počasí, tj. úhrny srážek a průměrné teploty vzduchu, v měsíci srpnu, září a říjnu v letech 1991 až 1993 na podzimní seťovou orbu a následnou předseťovou přípravu půdy pro ozimou pšenici. Předplodinami ozimé pšenice byly cukrovka a kukuřice na siláž.

Byly sledovány měřitelné ukazatele, a to především vlhkost půdy (% hmotn.), orební odpor a spotřeba nafty jako důležitý ekonomický ukazatel. Hodnoty orebních odporů byly doplněny měřením penetrometrického odporu pro zjištění stupně utužení půdy.

Pokus byl založen na pozemcích ZD Velké Přílepy, hospodářství Horoměřice, okres Praha-západ, v řepářském výrobním typu, subtypu řepařsko-pšeničném na hlinitých půdách s průměrným obsahem humusu 1,7 %. Cukrovka i silážní kukuřice byly zařazeny v osevním postupu s pravidelným organickým hnojením v dávce 40 t.ha⁻¹.

K měření orebních odporů byla používána souprava traktoru Z-8011+3 – radličný pluh PH1-434 se záběrem čepelí 350 mm a kotoučovým krojidlem. Prostřední radlice pluhu je kluzná a je zapojena na dynamometr, který je propojen na počítač s automatickým vyhodnocováním číselných údajů.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Meteorologické údaje byly převzaty ze stanice Praha-Ruzyně. Průběh počasí je uveden v tab. I. Srovnáme-li dlouhodobý normál průměrných denních teplot vzduchu v letech 1961 až 1990 s průměrnými měsíčními teplotami a měsíční úhrny srážek v období 1991 až 1993 (tab. II), lze konstatovat, že srpnové teploty byly o 2,9 °C, zářijové o 1,4 °C a říjnové o 0,3 °C vyšší, přičemž úhrny srážek v uvedeném srovnání byly v srpnu o 27,7 %, v září o 43,6 % a v říjnu o 3,5 % nižší. Tyto změny vyvolaly nižší vlhkost půdy (% hmotn.), zvýšil se orební odpor a následovala vyšší spotřeba nafty při orbě. Nejvíce se to projevilo v letech 1991 a 1992, kdy extrémně vysoké teploty vzduchu v srpnu, ale i v říjnu a naopak minimum srážek způsobily pokles půdní vlhkosti na 8,1 až 10,8 % hmotn. (tab. II). V důsledku toho byly při orbě nalámány neúměrně velké hroudy, které se běžným nářadím nedaly rozdrobit a nebylo možné včas připravit seťové lůžko.

Výsledky prokázaly, že v roce 1991, kdy bylo zaznamenáno během srpna až října jen 51,5 % úhrnu srážek dlouhodobého normálu a suma rozdílů průměrných denních teplot vzduchu za srpen až říjen byla o 5,7 °C vyšší než dlouhodobý normál, byla průměrná denní vlhkost půdy jen 9,3 % hmotn., průměrný orební odpor půdy byl 55,9 kPa, průměrná spotřeba nafty činila 26,1 l.ha⁻¹. Při orbě byly nalámány neúměrně velké a tvrdé hroudy, které se nedaly dostupným nářadím rozdrobit.

V roce 1992 byl úhrn srážek 76,3 % dlouhodobého normálu, suma rozdílů průměrných denních teplot vzduchu byla o 6,3 °C vyšší než dlouhodobý normál a průměrná vlhkost půdy byla již 12,3 % hmotn., průměrný orební odpor půdy vykazoval 49,9 kPa a průměrná spotřeba nafty činila 14,8 l.ha⁻¹. Vytvořené hroudy šlo s obtížemi rozdrobit.

I. Průběh počasí v letech 1991, 1992, 1993 (srpen, září, říjen) a dlouhodobý normál (1961 až 1990, Praha-Ruzyně) – Weather pattern in the years 1991, 1992, 1993 (August, September, October) and climatological normal (1961 to 1990, Praha-Ruzyně)

Úhrn srážek ¹	VIII.		IX.		X.		VIII.-X.	
	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
1961–1990	69,6	100	40,0	100	30,5	100	140,1	100
1991	52,0	74,7	15,6	39,0	4,5	14,8	72,1	51,5
1992	58,3	83,8	13,0	32,5	35,6	116,7	106,9	76,3
1993	40,8	58,6	39,1	97,8	48,2	158,0	128,1	91,4
Průměr úhrnů srážek ³ 1991–1993 (mm)	50,4	72,3	22,6	56,4	29,4	96,5	102,4	73,1
Rozdíly dlouhodobého normálu a průměru ⁴ 1991–1993 (mm)	-19,2	-27,7	-17,4	-43,6	-1,1	-3,5	-37,7	-26,9
Průměrná teplota vzduchu ²	°C	rozdíl ⁶	°C	rozdíl	°C	rozdíl	suma rozdílů ⁷	
1961–1990	17,3	–	13,8	–	8,7	–	–	
1991	19,3	+2,0	16,3	+2,5	9,9	+1,2	+5,7	
1992	22,5	+5,2	15,5	+1,7	8,1	-0,6	+6,3	
1993	18,7	+1,4	13,9	+0,1	9,0	+0,3	+1,8	
Průměr teplot vzduchu ⁵ 1991–1993 (°C)	20,2	+2,9	15,2	+1,4	9,0	+0,3		
Rozdíly dlouhodobého normálu a průměru ⁴ 1991–1993 (°C)	+2,9		+1,4		+0,3		průměr ⁸ 4,6	

¹sum of precipitation, ²average air temperature, ³mean of sum of precipitation, ⁴differences in climatological normal and average, ⁵average of air temperatures, ⁶difference, ⁷sum of differences, ⁸average

Rok ¹	Plodina ²	Druh půdy ⁵	Orební odpor naměřený ^{6,10} (kPa)	Orební odpor průměrný ¹¹ (kPa)	Hloubka orby ⁷ (cm)	Rychlost orby ⁸ (km/h)	Spotřeba nafty naměřená ⁹ (l/ha)	Spotřeba nafty normovaná ¹² (l/ha)
1991	kukuřice na siláž ³ (28. 10.)	JH	10,8	46,7 (11,6 %)	40	4,6	26,8	18 (8,8 l)
	cukrovka ⁴ I (4. 11.)	H	9,1	58,0 (14,5 %)	40	5,1	26,5	18 (8,5 l)
	cukrovka II (4. 11.)	H	8,1	63,0 (15,7 %)	40	5,0	25,0	18 (7 l)
1992	kukuřice na siláž (31. 10.)	H	13,2	43,7 (10,9 %)	40	5,1	24,4	18 (6,4 l)
	cukrovka (31. 10.)	H	12	56,2 (14,0 %)	40	5,0	25,2	18 (7,2 l)
1993	kukuřice na siláž (29. 10.)	H	14,1	41,8 (10,4 %)	40	5,1	20,4	18 (2,4 l)
	cukrovka (29. 10.)	H	14,0	52,1 (13,0 %)	40	4,8	22,5	18 (4,5 l)

JH – jílovitohlinitá – clay loam

H – hlinitá – loam

¹year, ²crop, ³silage maize, ⁴sugar beet, ⁵soil texture, ⁶plough resistance, ⁷ploughing depth, ⁸ploughing speed, ⁹diesel oil consumption, ¹⁰measured, ¹¹average, ¹²standardized

III. Závislost vlhkosti půdy (% hmotn.), orebních odporů půdy a spotřeby nafty na 1 ha seťové orby na úhrnu srážek a průměrných teplotách vzduchu v srpnu, září a říjnu – Dependence of soil moisture (% of weight), plough resistances and fuel consumption per 1 ha at ploughing on sum of precipitation and average air temperatures in August, September and October

Rok ¹	Úhrn srážek ² VIII.–X.		Úhrn rozdílů průměrných teplot vzduchu ³ VIII.–X. (°C)	Vlhkost půdy ⁴ (% hmotn.)	Orební odpor půdy ⁵ (kPa)	Spotřeba nafty ⁶
	mm	%				
1961–1990	140,1	100	*	**	**	**
1991	72,1	51,5	+5,7	9,3	55,9	26,1
1992	106,9	76,3	+6,3	12,3	49,9	24,8
1993	128,1	91,4	+1,8	14,0	46,9	21,4

* viz tab. I – see Tab. I

** viz tab. II – see Tab. II

¹year, ²sum of precipitation, ³sum of differences in average air temperatures, ⁴soil moisture, ⁵plough resistance of soil, ⁶diesel oil consumption

V roce 1993 byl zaznamenán úhrn srážek 91,4 % dlouhodobého normálu, suma rozdílů průměrných teplot vzduchu byla jen o 1,8 °C vyšší než dlouhodobý normál a průměrná vlhkost půdy již 14,8 % hmotn., průměrný orební odpor půdy byl 46,9 kPa a průměrná spotřeba nafty klesla na 24,1 l.ha⁻¹ (tab. II).

Z výsledků výzkumu z let 1991 až 1993 vyplývají tyto závěry (tab. III): Byla zjištěna přímá závislost mezi vlhkostí půdy a hodnotami orebních odporů. Vlhkost půdy je závislá především na srážkách, ale i na teplotách vzduchu. Byla zaznamenána přímá závislost mezi orebními odpory a spotřebou nafty při orbě. Rozhodujícím kritériem je půdní vlhkost. Orba při kritické půdní vlhkosti, tj. pod 10 % hmotn., neplní prakticky svou funkci podzimní seťové orby. Nalámané přeschlé hroudy nelze běžným nářadím rozdrobit, je třeba použít speciálních těžkých drtičů hrud (hrudofezy) a nelze tudíž připravit seťové lůžko. Spotřeba nafty značně stoupá, zvyšují se náklady bez ohledu na další následné operace neméně náročné na další spotřebu nafty, přičemž vystává značné riziko jak při klíčení osiva, tak zejména při nepravidelném vzházení a v nevyrovnaných porostech. Situaci lze do jisté míry řešit použitím strojů s aktivním pohonem, ať již s horizontální, nebo verti-

kální osou rotace, nebo přímým setím speciálními sečnými stroji do nepracované půdy, ale za předpokladu, že na pozemku nejsou výrazněji zastoupeny vytrvalé plevele a nevyskytují se hluboké koleje.

LITERATURA

- Atlas podnebí ČSSR. Praha, HMÚ 1958.
 FIALOVÁ, J.: Vlhkost půdy během vegetace ozimé pšenice v závislosti na způsobech zpracování a předplodin. Rostl. Výr., 40, 1994 (6): 491–497.
 KOLLÁR, B.: Vplyv základnej kultivácie pôdy, predplodín a hnojenia na formovanie porastu ozimnej pšenice Jubilejná. Rostl. Výr., 32, 1986 (11): 1147–1156.
 KOŠÍK, J.: Vplyv spôsobu základného obrábania pôdy k ozimnej pšenici na prevzdušnenosť pôdy. Rostl. Výr., 32, 1986 (11): 1123–1129.
 LACKO-BARTOŠOVÁ, M.: Zmeny fyzikálnych vlastností pôdy vplyvom obrábania pri pestovaní ozimnej pšenice. Rostl. Výr., 36, 1990 (2): 131–138.
 PELIKÁN, M. – ROZSYPAL, R.: Termín setí ve vztahu k jakosti a výnosu zrna ozimé pšenice. Rostl. Výr., 39, 1993 (8): 679–685.

PETR, J.: ObilnĀ a bĕlkovinnĀ program v 7. pĕtiletce. Inst. Vĕch. Vzdĕl. Praha, MZVĚ 1981. 102 s.

PETR, J. a kol.: Intenzivnĕ obilnĕstvĕ. Praha, SZN 1983: 82–83.

SUŠKEVIČ, M.: Dlouhodobĕ působenĕ minimalizace zpracovĕnĕ pĕdy k jarnĕmu jeĕmeni a ozimĕ pĕsenici na vĕnosy a vĕrobnost osevnĕho postupu. Rostl. Vĕr., 40, 1994 (9): 817–823.

SUŠKEVIČ, M. – ODLOŹILĪK, S.: Zmĕny fyzikĕlnĕch vlastnostĕ ěernozemnĕ pĕdy vyvolanĕ systĕmy zpracovĕnĕ pĕdy. Rostl. Vĕr., 32, 1986 (11): 1131–1140.

ŠIMON, J.: Vĕše a struktura vĕnosu ozimĕ pĕsenice a jarnĕ pĕsenice pĕi minimĕlnĕm zpracovĕnĕ lehkĕ pĕdy v zĕvlahovĕch podmĕnkĕch. Rostl. Vĕr., 32, 1986 (11): 1157–1167.

ŠKODA, V.: Orba – dĕležitĕ faktor pĕi pĕstovĕnĕ nĕkterĕch plodin. Mechaniz. Zemĕd., 1993 (5): 208–209.

ŠKODA, V.: Klĕma a zpracovĕnĕ pĕdy. [Zĕvĕreĕnĕ zprĕva.] Praha, KOPRA, VŠZ 1994 12 s.

Dořlo 18. 1. 1995

Kontaktnĕ adresa:

Prof. ing. Vĕtĕzslav Š k o d a, CSc., Ěeskĕ zemĕdĕlskĕ univerzita, 165 21 Praha 6-Suchdol, Ěeskĕ republika, tel.: 02/338 27 78, fax: 02/34 44 18

FRAKČNÍ SLOŽENÍ FOSFORU V EROZNÍCH SMYVECH VE VZTAHU K AGROCHEMICKÝM OPATŘENÍM V POVODÍ

COMPOSITION OF PHOSPHORUS FRACTIONS IN EROSION DENUDATIONS IN RELATION TO AGROCHEMICAL TREATMENTS IN A CATCHMENT AREA

L. Kolář, R. Ledvina

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

ABSTRACT: Erosive denudations contain no available phosphorus (P_a) and have lower levels of organic phosphorus (P_{org}). The soils from the sites tested have between 30 and 50% P_{org} from P_{tot} , while this proportion in the eroded particles is between 20 and 40%. Contents of $P_{R_2O_3}$ fraction are very high and surpass 50%. The composition of phosphorus fractions in the erosive denudations changes with improving soil tending, such as liming, organic fertilization and other treatments. Proportion of P_{Ca} fraction increases, while those of P_{org} fraction and especially $P_{R_2O_3}$ fraction decrease. In spite of fluctuating levels in the individual plots in a catchment area the analysis of the erosive denudations provides the comprehensive view over the soil tending in the whole catchment area.

erosion; denudations; phosphorus fractionation; level of soil tending

ABSTRAKT: Erozní smyvy neobsahují žádný přístupný fosfor (P_p). Mají kupodivu také méně organického fosforu (P_{org}). V půdách těchto lokalit je 30 až 50 % P_{org} z P_{celk} , v erodovaných částicích 20 až 40 %. Mají však extrémně vysoký obsah frakce $P_{R_2O_3}$, vždy přes 50 %. S rostoucí úrovní péče o půdu vápněním, organickým hnojením a dalšími opatřeními roste obsah frakce P_{Ca} a klesá obsah P_{org} a hlavně frakce $P_{R_2O_3}$ v erozních smyvech. I při kolísání hodnot na jednotlivých pozemcích v povodí poskytne analýza erozních smyvů přehledný obraz o úrovni péče o půdu v celém povodí v globálním pohledu.

eroze; smyvy; frakcionace fosforu; úroveň péče o půdu

ÚVOD

Frakční složení minerálního a organického fosforu v půdě se mění v závislosti na vápnění, organickém hnojení, mineralizaci a na podmínkách pro humifikaci (Kolář, 1984). Bylo zjištěno, že tyto změny jsou mnohem markantnější v půdních částicích o vysokém stupni disperzity (Kolář, Ledvina, 1994). V přirozeném půdním prostředí jsou tyto částice v rovnováze s půdním roztokem, a proto sorpční a desorpční procesy mohou výsledky hodnocení značně zkreslovat. Protože při vodní erozi v přebytku vody převládají desorpční pochody, jsou erodované půdní částice v půdních smyvech velmi dobrým materiálem k posuzování frakčního složení fosforu.

Frakční složení půdního fosforu bylo předmětem výzkumu u nás hlavně v 70. letech (Damaška, Vopálka, 1972, 1979, 1980), v cizině byl tento problém aktuální o několik let dříve (Ginzburg, 1965; Cooke, 1966; Bache, Williams, 1971). Frakční složení bylo studováno v souvislosti s hnojením fosforem a se sledováním fosfátového režimu půdy (Haman, 1970, 1971, 1974, 1976a, b, 1978; Vopálka, Da-

maška, 1971, 1972, 1981; Pirk, 1976; Vopálka, Hudcová, 1978, 1981; Pirk et al., 1981).

Poměr rostlinných živin v erodovaném materiálu k živinám v původní půdě je nazýván poměrem obohacení ER (enrichment ratio). Pro sledované živiny jej uvádí tab. I.

MATERIÁL A METODA

Měření bylo provedeno na malých tocích, které patří do říční soustavy horní Vltavy (A) a Malše (B):

A1 – pravý přítok potoka Lužný (Vitěšovice-Chvalšiny)

A2 – Olešnice u osady Sedm Chalup

B1 – levý přítok Dobečovského potoka před osadou Dobečov (Kaplice)

B2 – pravý přítok říčky Černá u osady Dluhoště (Beňešov nad Černou)

B3 – horní tok Zdíkovského potoka u osady Vrcov

Odběrová místa svým turbulentním prouděním zajišťovala, aby suspendované částice byly náležitě zvěny

Autor ¹	Živina ²	Min.	Průměr ⁴	Max.
Hudson (1959)	N	1,35	1,90–2,30	4,20
	P	1,15	2,20–2,60	5,50
Barrows (1963)	N	1,05	2,7	5,00
	P _p ³	–	3,4	–
Massey (1952)	P _p	1,90	2,2	3,30

¹reference, ²nutrient, ³P_a, ⁴average

II. Průměrná koncentrace suspendovaných částic na odběrových lokalitách (mg/l) a testování významnosti rozdílů mezi měsíčními a ročními průměry při $P < 0,05$ – Mean concentration of suspended particles in the sites tested (mg/l) and testing of significance of differences among monthly and yearly averages at $P < 0,05$

Lokalita ¹	$\bar{x}$	s_x	R	$L_{1,2}$	Významnost rozdílů $\bar{x}$					
					3	5	7	8	9	11
A1	64	13,3	36–171	$\bar{x} \pm 22,9$	–	+	+	–	–	–
A2	91	24,0	43–287	$\bar{x} \pm 41,5$	–	–	+	–	+	–
B1	29	23,1	5–240	$\bar{x} \pm 39,9$	+	+	–	+	+	–
B2	58	18,8	27–218	$\bar{x} \pm 32,5$	–	+	–	+	+	–
B3	183	30,0	55–360	$\bar{x} \pm 51,8$	–	+	–	–	+	+

Vysvětlivky k tab. II, III, V – Explanations to Tabs II, III, V:

$\bar{x}$ = aritmetický průměr – arithmetical mean

s_x = směrodatná odchylka – standard deviation

R = rozpětí – range

$L_{1,2}$ = 95% interval spolehlivosti průměru – 95% confidence interval of the mean

¹site, ²significance of differences

a mohl tak být odebrán reprezentativní vzorek. K odběru vzorků vody bylo použito benzínové čerpadlo Sigmeta a 50l nádoby. Odběry probíhaly pravidelně dvakrát za měsíc po pěti intervalech (březen, květen, červenec, srpen, září, listopad) a v třítletém opakování. Průtok byl počítán z průřezové plochy toku a rychlosti.

Analýza odebraných vzorků byla orientovaná na stanovení nerozpuštěných látek ve vodě a na jejich bližší charakteristiku:

- rozdělení zrnitosti konstrukcí zrnitostních křivek na základě sedimentační metody (hustoměrná metoda podle Cassagrande);
- stanovení dusíku v erodovaných půdních částicích a jeho frakcionace – hydrolyzovatelný 6M HCl a nehydrolyzovatelný (Vaněk, 1977);
- stanovení fosforu v částicích a jeho frakcionace: P_p podle Egnera, fosforečnany a jejich frakcionace podle publikované metody (Chang, Jackson, 1957) a P_{org};
- stanovení oxidovatelného uhlíku (C_{ox}) v suspendovaných částicích podle Tjulina;
- stanovení poměru C_{ox} k oxidovatelnému uhlíku humusových kyselin C_{ox-H};
- poměr huminových kyselin HK a fulvokyselin FK (součet volné i vázané) v organickém podílu suspendovaných půdních částic – HK : FK (Pospíšil, 1980);
- obsah sesquioxidů R₂O₃ (Fe + Al) v suspendovaných částicích.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Výsledky byly zpracovány matematicko-statistickými metodami (Felix, Bláha, 1962) a jsou uvedeny v tab. II až VI. Průměrné množství uanášených suspendovaných půdních částic v jednotlivých tocích říční soustavy horní Vltavy i Malše je různé a poměrně značně kolísá v průběhu roku, jak je zřejmé z významnosti rozdílů průměrů měsíčních hodnot a ročních průměrů. Naproti tomu kolísání poměru obohacení ER pro dusík i fosfor je i při uvedené skutečnosti podivuhodně malé, jak rovněž vyplývá z testování významnosti rozdílů mezi měsíčními a ročními průměry.

Hodnoty ER pro fosfor odpovídají literárním údajům, v našich pokusech jsou mírně nižší (Janeček, 1978). Hodnoty ER pro dusík jsme však naměřili ve všech případech kromě pravého přítoku potoka Lužný (A1) vyšší, než udává literatura.

Z tab. IV je zřejmé, že obsah organických látek v suspendovaných částicích uanášených tokem neovlivňuje poměr obohacení ER pro dusík i fosfor ani při 95% hladině statistické významnosti. Avšak vysoká závislost u obou živin, hlavně však dusíku, se ukáže v okamžiku, kdy vezmeme v úvahu oxidovatelný uhlík huminových kyselin. Vysoká hodnota koeficientu korelace prozrazuje, že dusík v erodovaných půdních částicích je součástí huminových látek, je to tedy dusík organický. Avšak i pro fosfor platí vysoká korelace s množstvím huminových kyselin v organickém materiálu částic.

III. Průměrná hodnota poměru obohacení ER pro celkový N a P na odběrových lokalitách v letech 1979 až 1981 a testování rozdílů mezi měsíčními a ročními průměry při $P < 0,05$ – Mean values of enrichment ratio ER for total N and P in the sites tested in the years 1979 to 1981 and testing of differences among monthly and yearly averages at $P < 0,05$

Lokalita ¹	Živina ²	$\bar{x}$	s_x	R	$L_{1,2}$	Významnost rozdílů ³ $\bar{x}$					
						3	5	7	8	9	11
A1	N	3,9	0,148	3,5–5,5	$\bar{x} \pm 0,25$	–	–	–	–	–	–
	P	1,4	0,069	1,1–1,8	$\bar{x} \pm 0,12$	–	–	–	–	–	–
A2	N	4,8	0,089	4,3–5,2	$\bar{x} \pm 0,15$	–	–	–	–	–	–
	P	1,2	0,039	1,0–1,4	$\bar{x} \pm 0,07$	–	–	–	–	–	–
B1	N	5,1	0,069	4,8–5,5	$\bar{x} \pm 0,12$	–	–	–	+	–	–
	P	1,6	0,118	1,1–2,3	$\bar{x} \pm 0,20$	–	–	–	+	–	–
B2	N	6,2	0,148	4,9–6,4	$\bar{x} \pm 0,25$	–	–	–	–	+	–
	P	1,7	0,079	1,4–2,2	$\bar{x} \pm 0,14$	–	–	–	–	–	–
B3	N	4,6	0,138	4,3–5,7	$\bar{x} \pm 0,24$	–	–	–	–	–	–
	P	1,6	0,118	1,3–2,5	$\bar{x} \pm 0,20$	–	–	–	–	–	–

¹site, ²nutrient, ³significance of differences

IV. Koeficienty korelace r_{xy} závislosti poměru obohacení ER na hodnotách C_{ox} , C_{ox-H} , HK : FK : R_2O_3 suspendovaných částic lokalit říční soustavy Vltavy (A1, A2), testování jejich významnosti při $P < 0,05$ a rovnice regresních přímek závislosti ER na uvedených hodnotách pro celkový N a P ($n = 82$) – Coefficients of correlation r_{xy} of the relationships among enrichment ratio ER and values of C_{ox} , C_{ox-H} , HA : FA and R_2O_3 of suspended particles of the sites in the Vltava river catchment area (A1, A2), testing of their significances at $P < 0,05$ and linear regression equations for relationship among ER and the above criteria for total N and P ($n = 82$)

	Živina ¹	r_{xy}	Významnost ² r_{xy}	Rovnice regresní přímky ³
C_{ox} (%)	N	0,158	–	–
	P	0,201	–	–
C_{ox-H}	N	0,537	+	$y = 4,35 + 2,437 (x - 0,2147)$
C_{ox}	P	0,315	+	$y = 1,30 + 0,654 (x - 0,2147)$
HK ⁴	N	0,682	+	$y = 4,35 + 2,012 (x - 1,015)$
FK ⁵	P	0,359	+	$y = 1,30 + 0,485 (x - 1,015)$
R_2O_3 (%)	N	0,114	–	–
	P	0,715	+	$y = 1,30 + 0,077 (x - 14,36)$

počet stupňů volnosti – number of degrees of freedom: $S = n - 2 = 80$

$r_{xy, \text{krit}} - r_{xy, \text{crit}} = 0,217$

¹nutrient, ²significance, ³equation of linear regression, ⁴HA, ⁵FA

V. Frakcionace P v suspendovaných částicích – Fractionation of P in suspended particles

Lokalita ¹	P_{org} (ppm)		P_p ² (ppm)		P_{Ca} (ppm)		$P_{R_2O_3}$ (ppm)		P_{celk} ³
	$\bar{x}$	s_x	$\bar{x}$	s_x	$\bar{x}$	s_x	$\bar{x}$	s_x	$\bar{x}$
A1	210	4,48	–	–	236	6,8	910	21,7	1 356
A2	149	7,12	3	0,48	247	7,4	752	18,4	1 151
B1	178	7,84	6	0,56	251	5,9	503	12,5	938
B2	182	6,96	5	0,32	284	7,0	786	17,7	1 257
B3	325	12,64	–	–	107	11,6	940	26,3	1 372

¹site, ² P_a , ³ P_{tot}

VI. Výměnná kyselost, potřeba vápnění a procento frakce $P_{R_2O_3}$ v půdách pokusných lokalit – Exchange acidity, liming requirement and percentage of $P_{R_2O_3}$ fraction in the soils from the sites tested

	pH _{KCl}	$P_{R_2O_3}/P_{celk}$ ¹ ·100	CaO/ha
A1	5,50	67,10	55,2
A2	5,50	65,33	50,7
B1	5,82	53,62	34,2
B2	5,65	62,52	50,1
B3	5,14	68,51	64,5

¹ P_{tot}

Velmi silný vliv oxidů železa a hliníku (R_2O_3) v částicích na poměr obohacení ER pro fosfor celkem nepřekvapuje. Potvrzuje jen fakt, že v těchto podmínkách je fosfor ve formě převážně anorganické, na rozdíl od mínění některých autorů (např. Sommers, Harries, 1970), že v sedimentech je až polovina fosforu v organické formě. Je to způsobeno velmi nízkým pH a nedostatečným vápněním půd šumavské oblasti, umožňujícím nevratnou vazbu fosforu na železo a hliník. Tyto úvahy zcela potvrdila frakcionace fosforu podle publikované metody (Chang, Jackson, 1957) ve spojených vzorcích sedimentu.

Nejvýznamnějším výsledkem práce jsou analytické hodnoty uvedené v tab. V. Z porovnání s výsledky AZP půd v povodí těchto vodotečí a s výživářskými záznamy jednotlivých držitelů půdy v povodí vyplývá, že nejkyselejší půdy, nejmenší spotřebu vápenatých hmot a nejnižší dávky organických hnojiv (a také nejnižší výnosy zemědělských plodin) mají pozemky v povodí B3 a A1. V erozních smyvcích těchto povodí je 67 až 68 % $P_{R_2O_3}$ z P_{celk} . Naproti tomu relativně nejlepší péče o půdu byla zřejmá u držitelů půdy v povodí B1, kde obsah součtu železitě a hlinitě frakce půdních fosfátů v erozních smyvcích činil 53,6 % z P_{celk} . I to je ovšem mnoho, na dobře udržované HPa v oblasti Šumavy a Novohradských hor by $P_{R_2O_3}$ neměl přesáhnout 30 % P_{celk} .

Ukázalo se, že právě obsah frakce $P_{R_2O_3}$ je nepřímo úměrný hodnotě výměnného pH a přímo úměrný puřovitosti půdy území, vyjádřené např. v analýzách AZP jako potřeba vápnění – ovšem pouze z potenciometrické titrační křivky, tedy podle staré Goy-Rossovy metody, nikoli podle dnešní metodiky, vycházející z hodnoty hydrolytické kyselosti půdy.

LITERATURA

- BACHE, B. S. – WILLIAMS, E. G.: A phosphate sorption index for soils. *J. Soil Sci.*, 22, 1971 (3): 289–301.
- COOKE, J. J.: A kinetic approach to the description of soil phosphate status. *J. Soil Sci.*, 17, 1966 (1): 56–64.
- DAMAŠKA, J. – VOPLAKAL, K.: Změny frakčního složení fosforu při aplikaci superfosfátu u půd na pleistocenních substrátech. *Rostl. Výr.*, 18, 1972 (5): 497–502.
- DAMAŠKA, J. – VOPLAKAL, K.: Obsah, sorpce a přeměny fosforu v půdách ČSR. *Agrochémia*, 19, 1979 (7): 199–203.
- DAMAŠKA, J. – VOPLAKAL, K.: Vliv vysokých dávek průmyslových hnojiv na skupinové složení půdních fosfátů. *Rostl. Výr.*, 26, 1980 (8): 839–846.
- FELIX, M. – BLÁHA, K.: Matematicko-statistické metody v chemickém průmyslu. Praha, SNTL 1962.
- GINZBURG, K. E.: Opreděleníje obščego soderžaniya mineralnyh i organičeskich fosfatov počvy. *Agrochimija*, 1965 (5): 122–131.

- HAMAN, F.: Studium změn půdních fosfátů po aplikaci fosforečnanů vápenatých ve vztahu k rostlině. I. *Rostl. Výr.*, 16, 1970 (5): 535–550.
- HAMAN, F.: [Kandidátská dizertace.] Brno, 1971. – Vys. Šk. zeměd.
- HAMAN, F.: Studium změn půdních fosfátů po aplikaci fosforečnanů vápenatých ve vztahu k rostlině. II. *Rostl. Výr.*, 20, 1974 (6): 567–598.
- HAMAN, F.: Vliv hnojení fosforečnanem vápenatým na změny půdních fosfátů. III. *Rostl. Výr.*, 22, 1976a (2): 141–150.
- HAMAN, F.: Studium změn půdních fosfátů po aplikaci fosforečnanů vápenatých ve vztahu k rostlině. Přijatelnost fosforu rostlinami z různých forem půdních fosfátů. *Rostl. Výr.*, 22, 1976b (12): 1279–1288.
- HAMAN, F.: [Habitační práce.] Brno, 1978. – Vys. Šk. zeměd.
- CHANG, S. C. – JACKSON, M. L.: Fractionation of soil phosphorus. *Soil Sci.*, 84, 1957 (2).
- JANEČEK, M.: Vliv eroze půdy na znečištění povrchových vod. *Stud. Inform. ÚVTIZ, Půdoznal.*, 1978 (4).
- KOLÁŘ, L.: Ztráty dusíku a fosforu erozními smyvy v povodí horní Vltavy a Malše. In: *Sbor. Vys. Šk. zeměd. Provoz.-ekon. Fak., Řada A*, 1984 (2).
- KOLÁŘ, L. – LEDVINA, R.: Přednáška o hospodaření v oblasti vodní nádrže Římov. České Budějovice, ČSAV 1994.
- PIRKL, J.: Vliv organického hnojení na rozložení fosforu do frakcí podle Changa a Jacksona. *Agrochémia*, 16, 1976 (3): 70–72.
- PIRKL, J. – VOPLAKAL, K. – MACHÁČEK, V. – JEDLIČKA, J.: Studium fosfátového režimu ve vybraných půdních typech pomocí faktorů intenzity, kapacity a kinetiky. *Rostl. Výr.*, 27, 1981 (12): 1233–1241.
- POSPÍŠIL, F.: Obsah a složení humusu v půdách v českých zemích. Praha, Academia 1980.
- SOMMERS, L. E. – HARRIES, R. F.: Determination of total organic phosphorus in lake sediments. *Limnol. Oceanogr.*, 15, 1970: 301–304.
- VANĚK, V.: Analytické metody v agrochemii. In: *Sbor. Semin. Sklenné Teplice*, 5–6. 12. 1977.
- VOPLAKAL, K. – DAMAŠKA, J.: Frakční složení fosforu ve vybraných představitelích půd ČSSR. *Rostl. Výr.*, 17, 1971 (7): 713–722.
- VOPLAKAL, K. – DAMAŠKA, J.: Phosphorsorption in Hauptbodenotypen der ČSR. *Věd. Práce Výzk. Úst. rostl. Výr. Praha-Ruzyně*, 16, 1972: 187–195.
- VOPLAKAL, K. – DAMAŠKA, J.: Ukazatelé fosforečného režimu půd v závislosti na intenzitě hnojení. *Rostl. Výr.*, 27, 1981 (5): 503–509.
- VOPLAKAL, K. – HUDCOVÁ, O.: Vliv vysokých dávek průmyslových hnojiv na profilové změny ve složení a zastoupení půdního fosforu a draslíku. [Závěrečná zpráva.] Praha-Ruzyně, VÚRV 1978.
- VOPLAKAL, K. – HUDCOVÁ, O.: Účinek minerálního a organického hnojení a vápnění na procesy přeměn fosforu v půdách. *Rostl. Výr.*, 27, 1981 (6): 575–582.

Došlo 18. 1. 1995

Kontaktní adresa:

Prof. ing. Ladislav Kolář, DrSc., Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, Studentská 13, 370 05 České Budějovice, Česká republika, tel.: 038/402 41, fax: 038/403 01

VPLYV PREDPLODÍN NA FYZIKÁLNE VLASTNOSTI PÔDY A VÝSKYT DÁŽĎOVIEK (*LUMBRICIDAE*)

THE EFFECT OF FORECROPS ON PHYSICAL SOIL PROPERTIES AND OCCURRENCE OF EARTHWORMS (*LUMBRICIDAE*)

D. Kotorová, A. Hisemová

Regional Research Institute of Agroecology, Michalovce, Slovak Republic

ABSTRACT: The changes in physical and biological properties of alluvial soil (NP) and alluvial gleyic soil (NPG) caused by the forecrop over the years 1989 to 1991 in the stationary field trials are mentioned in the contribution. The studied crop rotations were arranged in the following way: I. grain – sunflower – winter wheat – pea – winter wheat, II. sugar beet – spring barley – red clover – red clover – winter wheat. The manure in the dose of $40 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ and liming in the dose of $6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ were applied to the first crop in the whole crop rotation. The following crops in the rotation were fertilized with mineral fertilizers balanced to the selected crop levels in respect to the soil analyses. The soil samples were taken from the soil profile of 300 mm from the treatment cultivated with the traditional technology in natural conditions. As the basic physical properties, soil bulk density (H_0) in $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ and total soil porosity (P) in percentage were determined. As biological properties, biomass, abundance as well as species structure of earthworms were examined. The results obtained were compared with the direct forecrop which were: red clover in the second year of utilization, pea and sunflower. Based upon the results we obtained with winter wheat in both soil types, it could be said that the positive effect of the examined forecrops upon physical properties (decreasing of bulk density, increasing of total porosity). The most positive effect upon the physical properties was observed when red clover was used as a forecrop. The positive changes were registered in the numbers and biomass of earthworms at winter wheat followed red clover in both soil types. The obtained results exceeded those which were found out at winter wheat followed sunflower as well as pea. The species structure did not change substantially.

physical properties; biological properties; alluvial gleyic soil; red clover; crop rotation

ABSTRAKT: Pre kvantitu produkcie poľných plodín má značný význam kvalita pôdneho prostredia, ktorá je značne ovplyvňovaná pestovanou plodinou i celým osevným sledom. Z fyzikálnych vlastností objemová hmotnosť a pórovitosť a z biologických vlastností abundancia, biomasa a druhová štruktúra dážďoviek boli v uvedenej súvislosti riešené na reprezentatívnych pôdnych typoch Východoslovenskej nížiny (na nivnej pôde a nivnej pôde glejovej) v systéme osevných sledov: I. kukurica na zrno – slnečnica ročná – ozimná pšenica – hrach siaty – ozimná pšenica, II. cukrová repa – jarný jačmeň – ďatelina lúčna – ďatelina lúčna – ozimná pšenica. Všeobecne v menej priaznivých ekologických podmienkach (NPG) stúpa význam predplodín v osevných postupoch. Nezastupiteľný je význam ďateliny lúčnej ako predplodiny, ktorý vyplýva z jej prirodzenej veľmi dobrej predplodinovej hodnoty a dobrých agromelioračných vlastností. V priebehu viacročných pokusov boli zistené pozitívne zmeny vybraných fyzikálnych vlastností v osevnom slede s ďatelinou lúčnou ako predplodinou. Bolo zaznamenané zníženie objemovej hmotnosti a zvýšenie pórovitosti na oboch pôdnych typoch. Dosiahnuté výsledky taktiež poukazujú na priaznivý vplyv ďateliny lúčnej na celkovú abundanciu a biomasu dážďoviek.

fyzikálne vlastnosti; biologické vlastnosti; nivná pôda glejová; ďatelina lúčna; osevný sled

ÚVOD

V súvislosti so zohľadnením ekologických a ekonomických požiadaviek sa zvýšil význam spracovania pôdy. V súčasnosti platí: udržať pôdnu úrodnosť, zabezpečiť vysokú úrodu i jej hygienickú kvalitu, znížiť celkové náklady a zároveň zohľadniť ochranu pôdy.

Úrodnosť pôdy závisí od jej fyzikálnych, chemických a biologických vlastností, klímy, pestovaných plodín a pod. S úrodnosťou pôdy a jej bioenergetickým potenciálom súvisí dodržiavanie osevných postupov s racionálnym striedaním plodín.

Význam predplodín a osevných postupov výraznejšie stúpa v menej priaznivých agroekologických podmienkach pôd Východoslovenskej nížiny, kde je vysoké zastúpenie ťažkých pôd. V tejto súvislosti majú viacročné krmoviny nezastupiteľné miesto v osevných postupoch, predovšetkým pre ich vlastnú produkčnú a veľmi dobrú predplodinovú hodnotu pre následné plodiny. Nie zanedbateľné sú agromelioračné vlastnosti krmovín, podmieňujúce priaznivú fyzikálnu, biologickú a biochemickú zmenu a v dôsledku toho aj zlepšenú pôdnu úrodnosť obhospodarováných pôd (Gejguš, Rínič, 1992).

Cieľom tejto práce bolo sledovanie zmien základných fyzikálnych a biologických vlastností vybraných pôdných typov vo vzťahu k predplodínovej hodnote ťaželinu ľúčnej v porovnaní s inými predplodínami.

MATERIÁL A METÓDA

Sledovania boli robené v rokoch 1989 až 1991 na experimentálnych pracoviskách OVÚA v Michalovciach. Poľné stacionárne pokusy boli založené v Milhostove na nivnej pôde glejovej a vo Vysokej nad Uhom na nivnej pôde.

Nivné pôdy glejové (NPG) patria medzi pôdy ťažké, fľovitohľinité, s obsahom fľovitých častíc nad 50 %, sú slabopriepustné v celom profile. Ornica je hrudkovitej štruktúry s vysokou pútačou schopnosťou. V hĺbke pod 800 mm sa väčšinou vyskytuje žltosivý až tmavosivý íl.

Nivné pôdy (NP) patria medzi pôdy stredne ťažké, hľinité, s priemerným obsahom ílu nad 30 %, sú to pôdy hlboké, dobre priepustné v celom profile. Ornica je svetlohnedej farby, hrudkovitej až drobnohrudkovitej štruktúry. Pôdotvorným substrátom týchto pôd sú stredné až ľahšie aluviálne naplaveniny rieky Uh.

Pestované plodiny boli na oboch pôdných typoch zaradené do týchto osevných sledov:

- I. kukurica na zrno – slnečnica ročná – ozimná pšenica – hrach siaty – ozimná pšenica;
- II. cukrová repa – jarný jačmeň – ťaželina ľúčna – ťaželina ľúčna – ozimná pšenica.

Pod východiskové plodiny osevných sledov bol aplikovaný mašťaľný hnoj v dávke 40 t.ha⁻¹ a vápenatá hmota (CaO) v dávke 6 t.ha⁻¹. Plodiny zaradené v osevných sledoch boli hnojené priemyselnými hnojivami na zvolené hladiny úrod.

Pre potreby zistenia zmien základných fyzikálnych vlastností vo vzťahu k predplodinám boli odoberané pôdne vzorky z variantu s bežnou pestovateľskou technológiou v prirodzených podmienkach. Vzorky boli odoberané ako neporušené do Kopeckého fyzikálnych valčekov z hĺbky 0 až 300 mm. Zo základných fyzikálnych vlastností bola sledovaná objemová hmotnosť (Ho, kg.m⁻³) a celková pórovitosť (P, %). Objemová

hmotnosť bola určovaná gravimetricky, špecifická hmotnosť pyknometricky a celková pórovitosť výpočtom.

Odbery dážďoviek boli robené dvakrát za vegetačné obdobie. Boli vykopané pôdne sondy o rozmeroch 500 x 500 x 300 mm v štyroch opakovaníach. Jedince boli vyberané ručne, neskôr premývané, v živom stave zvážené a pre ďalšiu identifikáciu fixované v 4% formalíne. Pri analýze spoločenstiev dážďoviek bola okrem celkovej hmotnosti dážďoviek vyhodnotená aj ich abundancia a druhová štruktúra.

Výsledky získané z pozemku, kde bola pestovaná ozimná pšenica, boli porovnávané k jednotlivým predplodinám a sú graficky zobrazené na obr. 1 až 4 a v tab. I. Štatistické zhodnotenie získaných výsledkov bolo robené analýzou variancie.

VÝSLEDKY

Zaraďovanie viacročných krmovín do osevných postupov, ako to vyplýva z obr. 1 a 2, má svoje opodstatnenie. Na oboch pôdných typoch bol zistený pozitívny vplyv ťaželiny ľúčnej ako predplodiny na zmeny hodnôt objemovej hmotnosti a celkovej pórovitosti u ozimnej pšenice, ktorá bola následnou plodinou.

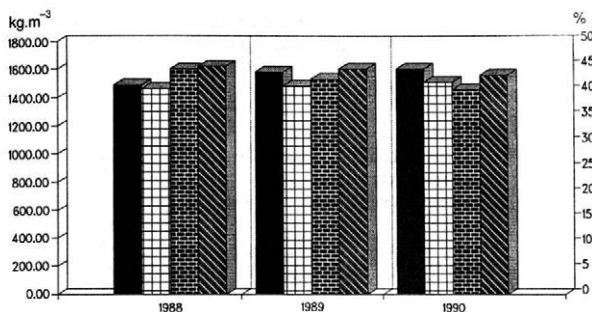
Pozitívna zmena v hodnotách vybraných fyzikálnych vlastností bola tiež zistená u ozimnej pšenice pestovanej na nivnej pôde i nivnej pôde glejovej po slnečnici i hrachu (obr. 1 a 2). Údaje o počte a hmotnosti dážďoviek sú uvedené na obr. 3 až 4. Na obidvoch sledovaných pôdných typoch bol zaznamenaný pozitívny vplyv ťaželiny ľúčnej ako predplodiny pre ozimnú pšenicu na početnosť dážďoviek, kde namerané hodnoty prevyšovali hodnoty získané po ďalších dvoch predplodinách, hrachu a slnečnici.

Za dominujúci ukazovateľ poklesu biologickej aktivity pôdy z hľadiska zložiek pôdneho edafónu je potrebné považovať predovšetkým redukciu biomasy. Aj pri tomto ukazovateli je možné konštatovať pozitívne ovplyvnenie hmotnosti dážďoviek v ozimnej pšenici po ťaželine ľúčnej v porovnaní s ďalšími sledovanými predplodínami. Najnižšie hodnoty boli zistené po predplodine hrachu, s výnimkou roku 1991.

I. Druhová skladba dážďoviek (*Lumbricidae*) v ozimnej pšenici na nivnej pôde (NP) a nivnej pôde glejovej (NPG) – Species structure of earthworms (*Lumbricidae*) in winter wheat on alluvial soil (NP) and alluvial gleyic soil (NPG)

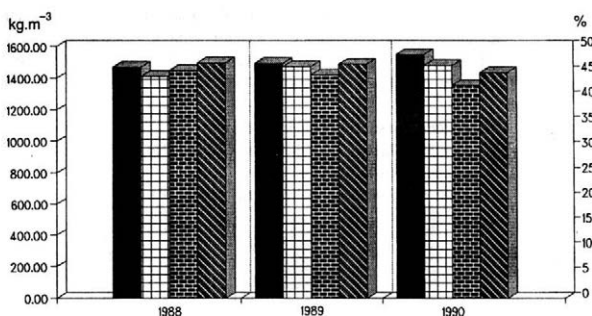
Druh ¹	Predplodina ²					
	ťaželina ³		slnečnica ⁴		hrach ⁵	
	NP	NPG	NP	NPG	NP	NPG
<i>Allolobophora rosea</i> (Sav.)	+	+	+	+	+	+
<i>Allolobophora caliginosa</i> (Sav.)	+	+	+	+	+	+
<i>Allolobophora leoni</i> (Mich.)	+	+	+	+	+	+
<i>Allolobophora antipai</i> f. <i>typica</i> (Mich.)	+	+	+	+	+	+
<i>Allolobophora antipai</i> (Čern.) v. <i>tuberculata</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Octolasion lacteum</i> (Orley)	+	+	+	+	+	+
<i>Fitzingeria platyura</i> (Fitz.)	+	+	+	+	+	+

¹species, ²forecrop, ³clover, ⁴sunflower, ⁵pea



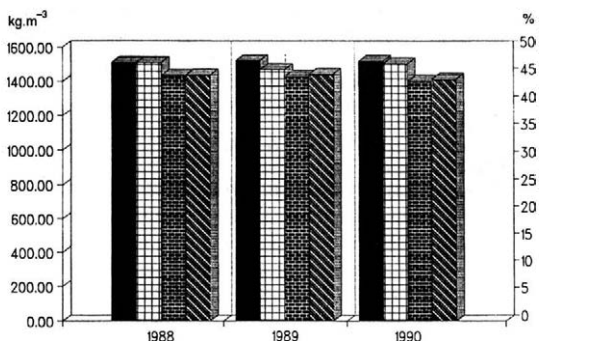
1a. Zmeny objemovej hmotnosti (Ho) a pórovitosti (P) u ozimnej pšenice po rôznych predplodinách na nivnej pôde – Changes in bulk density (Ho) and porosity (P) in winter wheat after various forecrops on alluvial soil

■ ďatelina – clover (Ho)
 □ pšenica / ďatelina – wheat / clover (Ho)
 ▨ ďatelina – clover (P)
 ▤ pšenica / ďatelina – wheat / clover (P)



1b. Zmeny objemovej hmotnosti (Ho) a pórovitosti (P) u ozimnej pšenice po rôznych predplodinách na nivnej pôde – Changes in bulk density (Ho) and porosity (P) in winter wheat after various forecrops on alluvial soil

■ slnečnica – sunflower (Ho)
 □ pšenica / slnečnica – wheat / sunflower (Ho)
 ▨ slnečnica – sunflower (P)
 ▤ pšenica / slnečnica – wheat / sunflower (P)



1c. Zmeny objemovej hmotnosti (Ho) a pórovitosti (P) u ozimnej pšenice po rôznych predplodinách na nivnej pôde – Changes in bulk density (Ho) and porosity (P) in winter wheat after various forecrops on alluvial soil

■ hrach – pea (Ho)
 □ pšenica / hrach – wheat / pea (Ho)
 ▨ hrach – pea (P)
 ▤ pšenica / hrach – wheat / pea (P)

Pri porovnaní vplyvu sledovaných predplodín na štruktúru druhov neboli zaznamenané významné rozdiely. V ozimnej pšenici po hrachu a po slnečnici bolo zistených o jeden až dva druhy dažďoviek menej v porovnaní s ozimnou pšeniceou po ďateline lúčnej (tab. I).

DISKUSIA

Predplodínová hodnota ďateliny lúčnej je všeobecne vysoká, čo sa prejavilo aj v pozitívnych zmenách vybraných fyzikálnych vlastností u následnej plodiny, v našom prípade u ozimnej pšenice. Zníženie objemovej hmotnosti a zvýšenie celkovej pórovitosti u pšenice v porovnaní s ďatelinou v druhom úžitkovom roku má podobný priebeh na nivnej pôde aj na nivnej pôde glejovej.

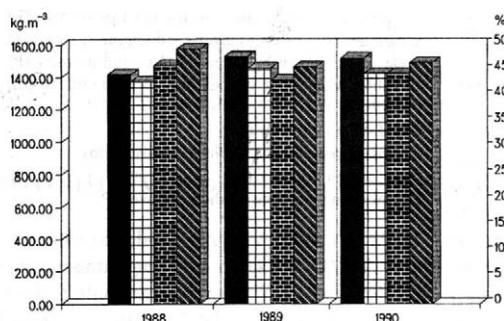
Na fľovitohľinitnej pôde (NPG) sú však tieto zmeny výraznejšie, čo korešponduje so zisteniami niektorých autorov (Škoda et al., 1990). V súlade s tým, čo uvád-

zajú Šantrůček, Svobodová (1989), sa dá predpokladať, že pozitívna zmena vo fyzikálnych vlastnostiach pôdy u ozimnej pšenice pestovanej po ďateline v druhom úžitkovom roku bola spôsobená tak melioračným účinkom koreňového systému predplodiny, ako aj spracovaním pôdy pred sejbou ozimnej pšenice.

Vplyv koreňového systému slnečnice ročnej a zapracovanie jej pozberových zvyškov do pôdy sa na nivnej pôde glejovej výrazne prejavil v znížení hodnôt objemovej hmotnosti a zvýšení celkovej pórovitosti u následne pestovanej ozimnej pšenice.

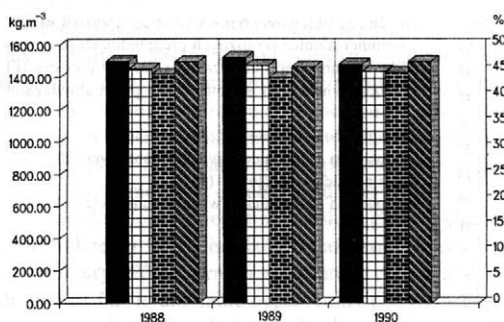
V súvislosti so vzájomným pôsobením fyzikálnych, chemických a biologických vlastností pôdneho prostredia to znamená, že pri sledovaní zmien vybraných fyzikálnych vlastností nie je zanedbateľný ani podiel činnosti pôdných organizmov na celkovej pórovitosti sledovaných pôdných typov.

Doteraz boli snahy o charakterizovanie pôdy sústredené hlavne na jej chemické a fyzikálne vlastnosti.



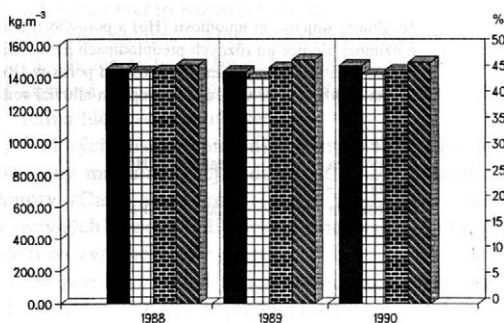
2a. Zmeny objemovej hmotnosti (Ho) a pórovitosti (P) u ozimnej pšenice po rôznych predplodinách na nivnej pôde glejovej – Changes in bulk density (Ho) and porosity (P) in winter wheat after various forecrops on alluvial gleyic soil

■ ďatelina – clover (Ho)
 □ pšenica / ďatelina – wheat / clover (Ho)
 ■ ďatelina – clover (P)
 □ pšenica / ďatelina – wheat / clover (P)



2b. Zmeny objemovej hmotnosti (Ho) a pórovitosti (P) u ozimnej pšenice po rôznych predplodinách na nivnej pôde glejovej – Changes in bulk density (Ho) and porosity (P) in winter wheat after various forecrops on alluvial gleyic soil

■ slnečnica – sunflower (Ho)
 □ pšenica / slnečnica – wheat / sunflower (Ho)
 ■ slnečnica – sunflower (P)
 □ pšenica / slnečnica – wheat / sunflower (P)



2c. Zmeny objemovej hmotnosti (Ho) a pórovitosti (P) u ozimnej pšenice po rôznych predplodinách na nivnej pôde glejovej – Changes in bulk density (Ho) and porosity (P) in winter wheat after various forecrops on alluvial gleyic soil

■ hrach – pea (Ho)
 □ pšenica / hrach – wheat / pea (Ho)
 ■ hrach – pea (P)
 □ pšenica / hrach – wheat / pea (P)

Avšak biologická aktivita pôdy ako jej významný parameter a súčasne ukazovateľ procesov prebiehajúcich v pôde vystupuje čoraz viac do popredia. Biologické vlastnosti pôdy sú významné pre svoj vzťah k pôdnym chemickým a fyzikálnym vlastnostiam, zdravotnému stavu rastlín a kvalite potravín.

Velmi dôležitou zložkou pôdnej fauny poľnohospodárskych pôd sú práve dážďovky (*Lumbricidae*), ktoré sa významným podielom zúčastňujú na humifikácii pôd. Dážďovky sa živia hlavne organickými látkami a ich existencia a aktivita závisí od množstva a kvality organických zvyškov v pôde.

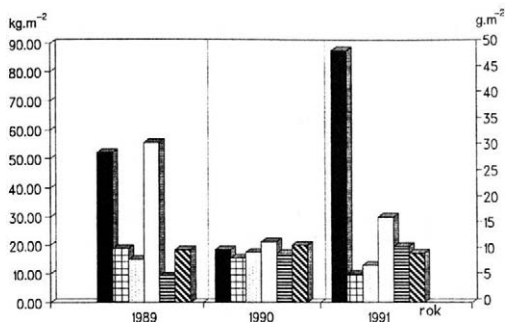
Na obhospodarovateľných pôdach môžeme ich množstvo, zloženie a činnosť regulovať organickými hnojivami a vhodnými osevnými postupmi, v ktorých majú svoje významné miesto viacročné krmoviny. Za hlavný zdroj organickej hmoty v pôde označuje Kudrna (1978) viacročné krmoviny. Zvýšený obsah organických látok v pôde ovplyvňuje tiež dážďovky, ktoré sú potravinovo závislé od organickej hmoty rastlinného

pôvodu (Pižl, 1986 – cit. Římovský, Svěráková, 1993). Ich dostatok v pôde bol zrejme hlavnou príčinou väčšieho počtu a vyššej hmotnosti jedincov práve na ploche po ďateline lúčnej.

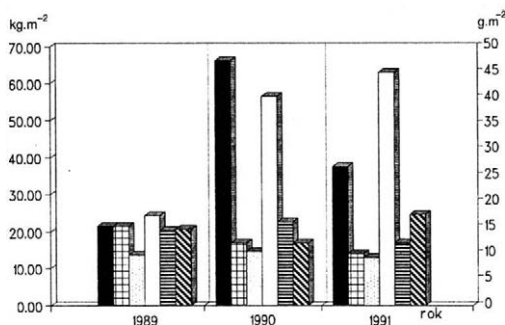
Realizáciou opatrení, ktoré v sebe zahrňovali zariadenie ďateliny lúčnej do pokusného osevného sledu a kombináciu hnojenia hnojivou ošpaných so zaorávkou slamy v ďalších dvoch nasledujúcich rokoch, nielenže sa zastavilo v podmienkach hnojovania ďalšie zhoršovanie pôdneho prostredia, ale zlepšil sa aj fyzikálny stav pôdy a boli vytvorené priaznivejšie podmienky pre život dážďoviek v ornici (Římovský, 1989 – cit. Římovský, Svěráková, 1993).

ZÁVER

Vzťah pôdných fyzikálnych a biologických vlastností k predplodinej hodnote ďateliny lúčnej možno vyjadriť takto:



3. Vplyv predplodiny u ozimnej pšenice na počet (A) a hmotnosť (g) dážďoviek na nivnej pôde – The effect of forecrop in winter wheat on the number (A) and weight (g) of earthworms on alluvial soil



4. Vplyv predplodiny u ozimnej pšenice na počet (A) a hmotnosť (g) dážďoviek na nivnej pôde glejovej – The effect of forecrop in winter wheat on the number (A) and weight (g) of earthworms on alluvial gleysic soil

- na nivnej pôde boli zistené štatisticky preukazné pozitívne zmeny hodnôt objemovej hmotnosti a celkovej pórovitosti u ozimnej pšenice pestovanej po ďateline lúčnej a hrachu siatom;
- na nivnej pôde glejovej bola štatisticky preukazná pozitívna zmena vybraných fyzikálnych vlastností pôdy, zistená u ozimnej pšenice pestovanej po slnečnici ročnej, v porovnaní s predplodinou ďatelinou lúčnou a hrachom siatym;
- zvýšené hodnoty abundancie i biomasy dážďoviek v ozimnej pšenici pestovanej po ďateline lúčnej na nivnej pôde i nivnej pôde glejovej boli štatisticky preukazné v porovnaní s hodnotami zistenými u predplodín slnečnice ročnej a hrachu siateho;
- získané výsledky zvyrazňujú význam pravidelného a dostatočného prívodu organickej hmoty do pôdy, ktorý poskytujú práve viacročné krmoviny;
- trvalý trávny pokryv pôdy, melioračný účinok koreňového systému ďateliny lúčnej a dostatok organických zvyškov v pôde prispieva k rozvoju a aktivite pôdných organizmov a pozitívne vplyva na vývoj základných fyzikálnych vlastností vybraných pôdných typov.

LITERATÚRA

- GEJGUŠ, J. – RINÍK, E.: Viacročné krmoviny – nezastupiteľný článok osevných postupov. Úroda – Pôda a Úroda, 1992 (6): 263–264.
- KUDRNA, K.: Systémové pojetí regulace bioenergetického potenciálu půdy střídáním plodin. Úroda – Pôda a Úroda, 1978 (12): 564–566.
- ŘÍMOVSKÝ, K. – SVĚŘÁKOVÁ, J.: Ochrana půdy v podmínkách hnojení kejdou. In: Sbor. Prací odb. Semin. Půdoochranné technologie v pěstování rostlin, Brno, 1993: 31–34.
- ŠANTRŮČEK, J. – SVOBODOVÁ, M.: Vliv zhuštění půdy a agrotechnických zásahů na vývin a produkční schopnost vojtěšky a její působení na kyprost orničního profilu. [Výzkumná zpráva.] Praha, VŠZ 1989. 48 s.
- ŠKODA, V. – ZITTA, M. – NOVÝ, L.: Vývoj ulehlosti a zhuštění půd u některých polních plodin v osevním postupu. [Výzkumná zpráva.] Praha, VŠZ 1990. 58 s.

Došlo 1. 2. 1995

Kontaktná adresa:

RNDr. Dana Kotorová, Oblastný výskumný ústav agroekológie, Špitálska 1273, 071 01 Michalovce, Slovenská republika, tel. 0946/250 65, fax: 0946/244 29

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 STANOVIŠŤ A RŮZNÉHO DLOUHODOBÉHO HNOJENÍ NA AGROCHEMICKÉ VLASTNOSTI PŮDY A OBSAH NĚKTERÝCH RIZIKOVÝCH PRVKŮ V PŮDĚ

THE EFFECT OF SITES AND DIFFERENT LONG-TERM FERTILIZATION ON AGROCHEMICAL SOIL PROPERTIES AND THE CONTENT OF SOME HAZARDOUS ELEMENTS IN SOIL

J. Skala¹, F. Vrkoč¹, M. Suškevič²

¹ *Research Institute of Crop Production, Praha-Ruzyně, Czech Republic*

² *Research Institute of Animal Nutrition, Department of Basic Cultural Practices, Hrušovany u Brna, Czech Republic*

ABSTRACT: Long-term fertilization affects significantly agrochemical properties and production capacity of soils (Kříž-Čan, Skala, 1983a, b; Vrkoč et al., 1990 and others). Generally speaking, the growth of inputs used in the system of management on soil induces a necessity to study and evaluate their potential negative impact on soil medium and subsequently on the quality of production. In 1991 in IOSDV trials (coordination of Prof. E. V. Boguslawski, Giessen, FRG) on three sites in the Czech Republic (Tab. I) the combination of factors was carried out from selected treatments – organic fertilization (O) and manuring, fertilization by industrial fertilizers O , N_2PK and N_4PK (Tab. II) – sampling of topsoil (two three-year crop rotations: root crop – winter wheat – winter barley). P and K doses were applied each year and amounted to 35 and 85 kg $K \cdot ha^{-1} \cdot year^{-1}$. Liming was used only on the site at Lukavec u Pacova, always applied to a root crop, uniformly the whole plot. The effect of studied factors on agrochemical soil properties and contents of hazardous elements (2M HNO_3 extract) was evaluated by variance analysis (Tabs IV and VI). Comparison with initial situation of soil supply with nutrients (before stand establishment) shows that the intensity of P and K fertilization applied resulted in more evident increase only in available P in Praha-Ruzyně (Tab. III). Significant increase in available P and K on manured treatments was recorded on all sites – on average by 29% in P and by 40% in K (Figs 1 and 2). Decline of pH/KCl with gradated intensity of fertilizing by industrial fertilizers was more marked on the site with cambisol at Lukavec u Pacova (5.28 against 5.63) and on luvisol in Praha-Ruzyně (5.71 against 6.33); (Tab. III). On the contrary, manuring was manifested by increased pH/KCl – on average of sites by 0.3 (Fig. 3). Differences in humus content (drop after root crop, higher values on fertilized treatments) were not statistically significant (Tab. IV, Fig. 4). Significant differences were discovered only among sites (Tab. VI) by evaluating the contents of hazardous elements (2M HNO_3 extract). Average values mostly correspond with average values recorded for districts where experiment sites are located, after the survey conducted by Penk (1989), and are deeply below the maximum admissible values for the CR (Decree of the Ministry of Environment No. 13/1994 to Act No. 334/1992). Significant interactions show a marked decline in Cd content on cambisol (Lukavec u Pacova) after liming (Fig. 5) and significantly lower values of Pb, Cd, Ni and Cu after sugar beet in luvisol (Praha-Ruzyně). On degraded chernozem the differences in values due to factors used were generally lowest. The above changes in pH/KCl which have a marked influence on mobilization of acceptable forms of hazardous elements in soil are considered to be a weighty finding (Sauerbeck, Luebben, 1991 and others). It can be presupposed that they can result (on some sites and when liming is absent) in raised contamination of plant production also on soils anthropogenically less contaminated, e.g. Cd – regions considered as the so-called pure ones with respect to immission load found out by Petříková (1990).

site; fertilization; soil; pH; nutrient content; hazardous elements

ABSTRAKT: Po šestiletém diferencovaném hnojení v polních pokusech na třech ekologicky odlišných stanovištích (Praha-Ruzyně – hnědozem, Ivanovice na Hané – černozem, Lukavec u Pacova – hnědá půda) byly vyhodnoceny soubory stanovení pH/KCl, P, K, Mg, N_{celk} , humusu a obsahů (2M HNO_3) Cd, Pb, Cr, Ni, Co, Zn, Cu v ornici. Hnojení hnojem v osevním postupu (okopanina – ozimá pšenice – ozimý ječmen) zvýšilo obsah přístupného P (v průměru stanoviště o 29 %), K (o 40 %) a pH půdy (o 0,3). Se stupňovaným hnojením průmyslovými hnojivy až do dávky 173 kg N + 35 kg P + 83 kg $K \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ se významně snižovalo pH půdy (rozdílně podle stanovišť až o 0,6). U dalších stanovení, včetně obsahu rizikových prvků, byly zjištěny významné difference jen mezi stanovišti. Z hodnocení interakcí vyplynul významný pokles uvolnitelného Cd na hnědé půdě po vápnění.

stanoviště; hnojení; půda; pH; obsah živin; rizikové prvky

Dlouhodobé hnojení významně ovlivňuje agrochemické vlastnosti půd a produkční schopnost stanovišť (Křišťan, Skala 1983a, b; Skala, Křišťan, 1989; Vrkoč et al., 1990 a další).

Nárůst vstupů uplatňovaných v systému hospodaření na půdě postupně vyvolal nutnost studia a hodnocení i jejich možného negativního vlivu na půdní prostředí a následně na kvalitu produkce (např. Sauerbeck, Lübbers, 1991). Mezi důležitou oblast této problematiky patří sledování kontaminace půdy prvky s různým stupněm biotoxicity.

Hnojiva, zejména průmyslově vyráběná, jsou považována (vedle zvětrávání hornin, atmosférických spadů a odpadních surovin) za významný zdroj rizikových prvků v půdě (Beneš, Benešová, 1993). Způsob hospodaření na půdě včetně používání hnojiv může také nepřímo působit na přijatelnost rizikových prvků pro rostliny (Beneš, 1993 a další).

V předložené práci jsme navázali na uvedená zjištění a pokusili se vyhodnotit vliv šestileté rozdílné aplikace hnojiv na třech ekologicky odlišných stanovištích na některé tradiční ukazatele půdní úrodnosti a současně na uvedené možné účinky.

MATERIÁL A METODA

V roce 1991 byl v pokusech (IOSDV – koordinace prof. E. V. Boguslawski, Giessen, SRN) na třech stanovištích v ČR proveden z vybraných variant jedno-

rázový odběr vzorků ornice (po dvou třiletých rotacích, tj. po šestiletém uplatňování různého hnojení). Základní charakteristika stanovišť pokusů je uvedena v tab. I.

Osevní postup:

1. **okopanina** (v Praze-Ruzyni a v Ivanovicích na Hané cukrovka, v Lukavci u Pacova brambory)
2. **ozimá pšenice**
3. ozimý ječmen

Stupně zařazených faktorů:

– organické hnojení:

1. 0

2. **hnůj (k okopanině v dávce 30 t.ha⁻¹)**

3. zaorávka slámy po obilninách + zelené hnojení
- hnojení průmyslovými hnojivy (tab. II)

Dávky fosforu a draslíku byly aplikovány každoročně ve výši 35 kg P.ha⁻¹ (superfosfát) a 83 kg K.ha⁻¹ (draselná sůl). Vápněno bylo jen na stanovišti v Lukavci u Pacova, vždy k okopanině – jednotně celý hon v dávce 2 t mletého vápence.ha⁻¹. Popis metody založení pokusů uvádějí Vrkoč et al. (1990).

Variety vytvořené ze stupňů, které jsou v textu a v tab. II zvýrazněny, byly využity v této práci. Vzorky (celkem 36) byly analyzovány na obsah základních živin, pH (KCl) a obsah rizikových prvků. Analýzy byly provedeny standardními metodami: fosfor, draslík, hořčík podle Mehlicha, rizikové prvky v jednotném výluhu 2M kyseliny dusičné.

Výsledky byly zhodnoceny analýzou rozptylu při troj- a čtyřnásobném třídění. V tabulkách statistického hodnocení rozdílu úrovní v rámci jednoho faktoru, kde jsou umístěny symboly x pod sebou, není mezi hodno-

I. Některé základní charakteristiky stanovišť polních pokusů – Some basic characteristics of sites of field trials

Stanoviště ¹	Praha-Ruzyně	Ivanovice na Hané	Lukavec u Pacova
Výrobní typ ²	řepařsko-pšeničný ³	řepařsko-pšeničný	bramborářský ⁴
Nadmořská výška ⁵ (m)	350	225	620
Půdní genetický typ ⁶	hnědozem ⁷	černozem ⁸	hnědá půda ⁹
Druh půdy ¹⁰	jílovitohlinitá ¹¹	hlinitá na spraši ¹²	písčitohlinitá ¹³
Hloubka ornice ¹⁴ (cm)	25–30	40–50	15–20
Suma ročních srážek ¹⁵ (mm)	517	556	686
Průměrná roční teplota ¹⁶ (°C)	7,7	8,4	6,8

¹site, ²production type, ³sugar beet-wheat, ⁴potato, ⁵altitude, ⁶soil genetic type, ⁷luvisol, ⁸chernozem, ⁹cambisol, ¹⁰soil texture, ¹¹clay loam, ¹²loam on loess, ¹³sandy loam, ¹⁴topsoil depth, ¹⁵sum of annual precipitation, ¹⁶mean annual temperature

II. Varianty hnojení průmyslovými hnojivy – Treatments of fertilizing by industrial fertilizers

Schéma hnojení ¹	Dávky N k zařazeným plodinám ² (kg N.ha ⁻¹)			Průměr osevního postupu ⁶ (kg.ha ⁻¹ .rok ⁻¹) ⁷
	okopanina ³	ozimá pšenice ⁴	ozimý ječmen ⁵	
1. 0	0	0	0	0
2. 0PK	0	0	0	0
3. N ₁ PK	50	40	40	43,3
4. N ₂ PK	100	80	80	86,7
5. N ₃ PK	150	120	120	130
6. N ₄ PK	200	160	160	173,3

¹diagram, ²N doses to included crops, ³root crop, ⁴winter wheat, ⁵winter barley, ⁶average of crop rotation, ⁷(kg.ha⁻¹.year⁻¹)

tami průkazný rozdíl a naopak v případech, kde se zmíněné symboly pod sebou nepřekrývají, jsou rozdíly mezi hodnotami statisticky významné.

VÝSLEDKY

Agrochemické vlastnosti půdy

Srovnání s výchozím stavem zásobenosti půd na jednotlivých stanovištích je uvedeno v tab. III. S ohledem na různé metody stanovení fosforu, draslíku a hořčíku (v roce 1984 P podle Egnera, K a Mg podle

Schachtschabela, v roce 1991 P, K a Mg podle Mehlich) bylo jako sjednocující kritérium použito zařazení zjištěných hodnot do kategorií zásobenosti (Neuberg, 1990). Z hodnocení vyplývá, že použitá intenzita hnojení PK měla za následek výraznější posun v zásobenosti půdy jen přístupným fosforem na stanovišti v Praze-Ruzyni.

Variabilitu hodnoceného souboru hodnot (odběr v roce 1991) ovlivnilo stanoviště a z uplatněných opatření především hnojení hnojem v osevním postupu (tab. IV).

Průkazné zvýšení přístupného fosforu a draslíku na variantách hnojených hnojem bylo zaznamenáno na

III. Srovnání některých hodnot agrochemických vlastností půdy s výchozím stavem (před založením pokusů, v ornici) – Comparison of some values of agrochemical soil properties with initial situation (before stand establishment, in topsoil)

Stanoviště ¹	Hnojení průmyslovými hnojivy ²		pH/KCl	P		K		Mg		Humus ⁴ (%)
				mg.kg ⁻¹	zásobenost ⁵	mg.kg ⁻¹	zásobenost ⁵	mg.kg ⁻¹	zásobenost ⁵	
Praha-Ruzyně	před založením pokusů ³	1984 ^a	–	41,0	S ₁	127,0	M	100,0	S	2,28
	0	1991 ^b	6,33	103,7	D	97,8	M	128,8	S	2,28
	N ₂ PK	1991 ^b	5,87	123,0	V ₁	124,0	M	131,5	S	2,34
	N ₄ PK	1991 ^b	5,71	117,0	V ₁	125,0	M	138,0	S	2,08
Ivanovice na Hané	před založením pokusů ³	1984 ^a	6,90	200,0	V ₃	320,0	D ₂	103,0	D	2,76
	0	1991 ^b	6,84	241,0	V ₃	433,0	V	144,0	D	2,38
	N ₂ PK	1991 ^b	6,92	234,5	V ₃	377,3	V	128,5	D	2,53
	N ₄ PK	1991 ^b	6,81	219,0	V ₃	402,3	V	148,8	D	2,83
Lukavec u Pacova	před založením pokusů ³	1984 ^a	5,50	53,2	S ₂	201,6	D ₁	50,6	S	2,07
	0	1991 ^b	5,63	89,0	S ₂	211,0	D ₁	73,0	S	1,67
	N ₂ PK	1991 ^b	5,41	100,3	S ₂	245,8	D ₁	67,3	S	1,86
	N ₄ PK	1991 ^b	5,28	106,5	S ₂	205,8	D ₁	67,0	S	1,96

* kategorie zásobenosti – category of supply (Neuberg, 1990)

^aP – Egner; K, Mg – Schachtschabel; ^bP, K, Mg – Mehlich

¹site, ²fertilizing by industrial fertilizers, ³before stand establishment, ⁴humus, ⁵supply

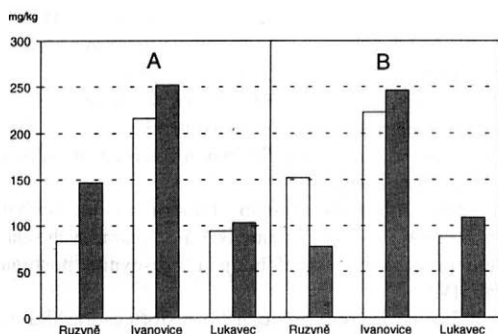
IV. Analýza rozptylu hodnot agrochemických vlastností půdy v roce 1991 – Variance analysis of values of agrochemical soil properties in the year 1991

Zdroj variability ¹	Statistická významnost ⁷					
	pH	P	K	Mg	N _{celk} ⁸	Humus ⁹
Stanoviště ² (St)	xx	xx	xx	xx	x	xx
Plodina ³ (Pl)			x	xx		
Hnojení průmyslovými hnojivy ⁴ (PH)	x					
Hnojení organické ⁵ (OH)	x	xx	xx			
Interakce ⁶ St x Pl	x	xx	xx			x
St x PH						
St x OH	x		x			
Pl x PH						
Pl x OH						
PH x OH						

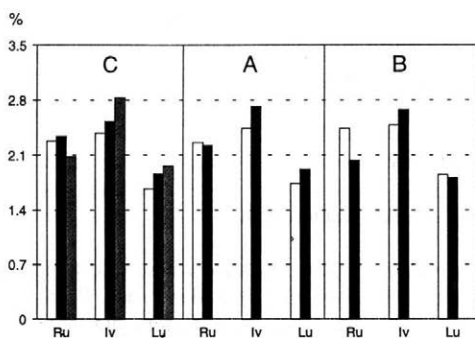
xx statisticky významné při¹⁰ P = 0,01

x statisticky významné při P = 0,05

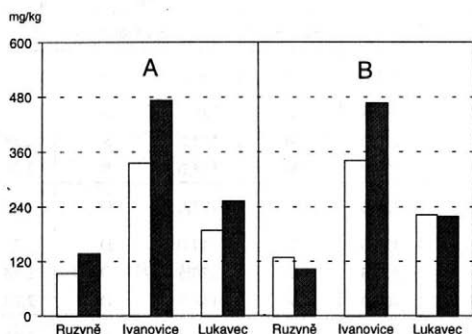
¹source of variability, ²site, ³crop, ⁴fertilizing by industrial fertilizers, ⁵organic fertilization, ⁶interaction, ⁷statistical significance, ⁸N_{tot}, ⁹humus, ¹⁰statistically significant at



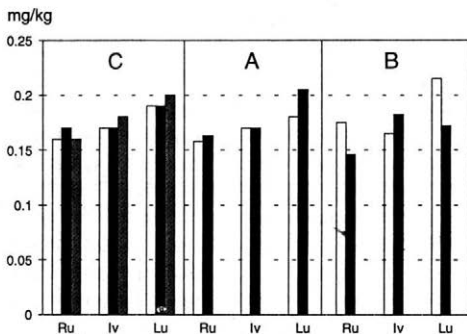
1. Obsah P v ornici podle stanovišť, organického hnojení a honu v osevním postupu (pokusy IOSDV, 1991) – P content in topsoil according to the sites, manuring and plot in crop rotation (IOSDV trials, 1991)



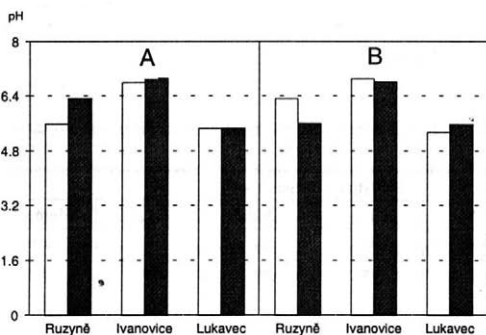
4. Obsah humusu v ornici podle stanovišť, hnojení a honu v osevním postupu (pokusy IOSDV, 1991) – Humus content in topsoil according to the sites, manuring and plot in crop rotation (IOSDV trials, 1991)



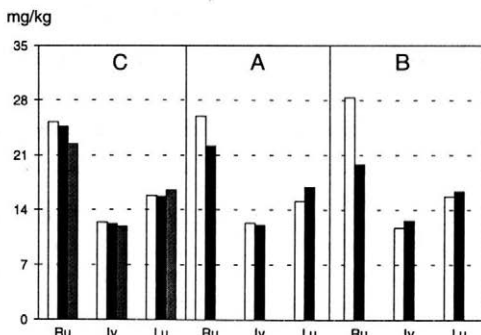
2. Obsah K v ornici podle stanovišť, organického hnojení a honu v osevním postupu (pokusy IOSDV, 1991) – K content in topsoil according to the sites, manuring and plot in crop rotation (IOSDV trials, 1991)



5. Obsah Cd v ornici podle stanovišť, hnojení a honu v osevním postupu (pokusy IOSDV, 1991) – Cd content in topsoil according to the sites, manuring and plot in crop rotation (IOSDV trials, 1991)



3. pH/KCl ornice podle stanovišť, organického hnojení a honu v osevním postupu (pokusy IOSDV, 1991) – pH/KCl of topsoil according to the sites, manuring and plot in crop rotation (IOSDV trial, 1991)



6. Obsah Pb v ornici podle stanovišť, hnojení a honu v osevním postupu (pokusy IOSDV, 1991) – Pb content in topsoil according to the sites, manuring and plot in crop rotation (IOSDV trials, 1991)

Pro obr. 1 až 3 – For Figs 1 to 3:

A – vliv hnojení hnojem – influence of manuring

B – vliv honu – plodiny – influence of plot – crop

□ – 0/0/0 ozimé pšenici – 0/0/after winter wheat

■ – hnůj/po okopanině – manure/after root crop

Pro obr. 4 až 6 – For Figs 4 to 6:

C – vliv hnojení průmyslovými hnojivy – influence of fertilizing

A – vliv hnojení hnojem – influence of manuring

B – vliv honu – plodiny – influence of plot – crop

□ – 0/0/0 ozimé pšenici – 0/0/after winter wheat

■ – N₂PK/hnůj/po okopanině – N₂PK/manure/after root crop

▨ – N₄PK – N₄PK

všech hodnocených stanovištích (obr. 1 a 2). Na stanovišti v Lukavci u Pacova (hnědá půda) byl zjištěn významný nárůst také na honu po bramborách (na jaře vápněno) oproti honu po ozimé pšenici.

Pokles pH/KCl se stupňovanou intenzitou hnojení průmyslovými hnojivy byl nejvýraznější na stanovišti v Lukavci u Pacova (5,28 oproti 5,63) a v Praze-Ruzyni (5,71 oproti 6,33), jak uvádí tab. III. Průkazné snížení pH/KCl v Praze-Ruzyni po cukrovce souviselo s hnojením dusíkem v síranu amonném před setím

($N_2 = 50$, $N_4 = 100$ kg N.ha⁻¹), naproti tomu na stanovišti v Lukavci u Pacova byl tento efekt eliminován vápněním (obr. 3). Hnojení hnojem se projevilo zvýšením pH/KCl v průměru stanovišť o 0,3 (obr. 3).

Pokles obsahu humusu po okopanině a naopak zvýšené hodnoty na hnojených variantách lze zatím hodnotit s ohledem na celkovou variabilitu souboru jen jako tendence (tab. IV, obr. 4). Průkazný vliv byl zjištěn jen v interakci stanoviště x hon, zejména v poklesu obsahu humusu po cukrovce v Praze-Ruzyni.

V. Průměrné hodnoty agrochemických vlastností půdy podle stanovišť (St), plodin (Pl), hnojení průmyslovými hnojivy (PH) a organického hnojení (OH); statistická významnost rozdílů při $P = 0,05$ – Average values of agrochemical soil properties according to sites (St), crops (Pl), fertilizing by industrial fertilizers (PH) and manuring (OH); statistical significance of differences at $P = 0.05$

Faktor ¹	Stupeň ²	pH	P (mg.kg ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)	Mg (mg.kg ⁻¹)	N _{celk} ⁷ (%)	Humus ⁸ (%)
St	Praha-Ruzyně	5,95 x	114 x	115 x	132 x	0,199 x x	2,24 x
	Ivanovice na Hané	6,86 x	231 x	404 x	140 x	0,228 x	2,58 x
	Lukavec u Pacova	5,44 x	98 x	220 x	69 x	0,189 x	1,83 x
Pl	hon ³ 1 (po ozimé pšenici ⁴)	6,18 x	152 x	230 x	102 x	0,210 x	2,26 x
	hon 2 (po okopanině ⁵)	5,99 x	144 x	263 x	126 x	0,200 x	2,17 x
PH	0	6,27 x	144 x	247 x	115 x	0,193 x	2,11 x
	N ₂ PK (86,6 kg N.ha ⁻¹)	6,05 xx	152 x	248 x	109 x	0,20 x	2,24 x
	N ₄ PK (173,3 kg N.ha ⁻¹)	5,90 x	147 x	244 x	117 x	0,217 x	2,29 x
OH	0	5,94 x	129 x	205 x	111 x	0,203 x	2,15 x
	hnůj ⁶ (10 t.ha ⁻¹)	6,23 x	167 x	287 x	117 x	0,208 x	2,29 x

¹factor, ²degree, ³plot, ⁴after winter wheat, ⁵after root crop, ⁶manure, ⁷N_{tot}, ⁸humus

VI. Analýza rozptylu obsahu rizikových prvků (2M HNO₃) v půdě v roce 1991 – Variance analysis of hazardous elements content (2M HNO₃) in soil in the year 1993

Zdroj variability ¹	Statistická významnost ⁷						
	Cd	Pb	Cr	Ni	Co	Zn	Cu
Stanoviště ² (St)	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
Plodina ³ (Pl)	x	x				xx	
Hnojení průmyslovými hnojivy ⁴ (PH)							
Hnojení organické ⁵ (OH)							
Interakce ⁶ St x Pl	x	xx		xx			xx
St x PH							
St x OH		x				x	x
Pl x PH							
Pl x OH							
PH x OH							

xx statisticky významné při¹⁰ $P = 0,01$

x statisticky významné při $P = 0,05$

For 1–7, 10 see Tab. IV

Významným faktorem bylo jednoznačně vyhodnoceno stanoviště (tab. V a VI). Uvedené průměrné hodnoty (tab. VII) většinou korespondují s průměrnými hodnotami vypočtenými pro okresy, v nichž se stanoviště pokusů nacházejí (Penk, 1989). Výjimkou je obsah olova v půdě na stanovišti v Praze-Ruzyni, který převyšuje průměr okresu Praha-západ o 41 %.

Další sledované faktory výrazně méně ovlivnily variabilitu hodnocených souborů. Významný se ukázal v některých případech vliv honu – plodiny, po níž byl proveden odběr půdy (kadmium, olovo, zinek, jak uvádí tab. VIII), a zejména jeho interakce se stanovištěm (kadmium, olovo, nikl, měď). Tyto interakce většinou vyjadřují v Praze-Ruzyni pokles obsahů těchto prvků po cukrovce oproti honu po ozimé pšenici a v Lukavci u Pacova výrazně nižší obsah kadmia po bramborách (obr. 5 a 6).

Z hodnocení interakce stanoviště x hnojení hnojem vyplynul na variantách hnojených hnojem významný pokles obsahu olova v půdě v Praze-Ruzyni a výjimečně nárůst obsahu zinku v Ivanovicích na Hané, kde

u ostatních stanovení byly rozdíly vlivem zařazených faktorů nevýznamné.

DISKUSE

Výsledky potvrzují příznivý vliv hnojení hnojem v osevním postupu na zásobu přístupného fosforu a draslíku v půdě na všech sledovaných stanovištích (Kříšťan, Skala, 1983b a další), a to v průměru o 29 % u fosforu a o 40 % u draslíku.

Obsahy (výluh 2M HNO₃) prvků (kadmium, olovo, chrom, nikl, kobalt, zinek, měď), označované jako uvolnitelné (Beneš, 1993), nedosáhly většinou 50% úrovně horní hranice pozadových hodnot podle citovaného autora a byly vesměs hluboko pod maximálně přípustnými hodnotami pro ČR (vyhláška MŽP č. 13/1994 k zákonu č. 334/1992).

Z vyhodnocených souborů stanovení uvedených prvků s ohledem na vliv sledovaných faktorů převládá jednoznačně vliv stanoviště pokusů, což svědčí o výraznějším působení jiných faktorů než těch, které byly zařazeny v pokusech.

VII. Průměrné obsahy rizikových prvků v půdě (2M HNO₃, mg.kg⁻¹) podle stanovišť a statistická významnost rozdílů při $P = 0,05$ – Average contents of hazardous elements in soil (2M HNO₃, mg.kg⁻¹) according to sites and statistical significance of differences at $P = 0.05$

Stanoviště ¹	Cd	Pb	Cr	Ni	Co	Zn	Cu
Praha-Ruzyně (okres ² Praha-západ)	0,16 x (0,20)	24,05 x (17,04)	2,04 x (6,86)	4,11 x	3,51 x	17,8 x	10,1 x
Ivanovice na Hané (okres Vyškov)	0,17 x x (0,17)	12,2 x (12,52)	1,65 x (2,90)	5,23 x	4,05 x	14,9 x	8,5 x
Lukavec u Pacova (okres Pelhřimov)	0,19 x (0,17)	15,55 x (14,34)	2,90 x (6,41)	1,20 x	2,96 x	11,6 x	6,1 x
Horní hranice pozadových hodnot ³ *	0,3 ^a 0,4 ^b	30,0 ^a 40,0 ^b	12,0 ^a 20,0 ^b	10,0 ^a 15,0 ^b	7,0 ^a 13,0 ^b	40,0 ^a 60,0 ^b	21,0 ^a 35,0 ^b
Maximální přípustné hodnoty ⁴ **	0,4 ^a 1,0 ^b	50,0 ^a 70,0 ^b	40,0 ^a 40,0 ^b	15,0 ^a 25,0 ^b	10,0 ^a 25,0 ^b	50,0 ^a 100,0 ^b	30,0 ^a 50,0 ^b

() Penk (1994)

^apro lehké půdy – for light soils

^bpro ostatní půdy – for other soils

* Beneš (1993)

** podle vyhlášky MŽP č. 13/1994 k zákonu č. 334/1992 – after Decree of the Ministry of Environment No. 13/1994 to Act No. 334/1992

¹site, ²district, ³upper limit of background values, ⁴maximum admissible values

VIII. Průměrné obsahy rizikových prvků v půdě (2M HNO₃, mg.kg⁻¹) podle plodin a statistická významnost rozdílů při $P = 0,05$ – Average contents of hazardous elements in soil (2M HNO₃, mg.kg⁻¹) according to the crops and statistical significance of differences at $P = 0.05$

Hon ¹	Plodina ²	Cd	Pb	Cr	Ni	Co	Zn	Cu
1	po ozimé pšenici ³	0,19 x	18,6 x	2,17 x	3,60 x	3,47 x	13,7 x	8,5 x
2	po okopanině ⁴	0,17 x	16,2 x	2,22 x	3,62 x	3,55 x	15,8 x	8,04 x

¹plot, ²crop, ³after winter wheat, ⁴after root crop

Výrazný vliv na mobilizaci těchto prvků v půdě a následně zvýšenou kontaminaci produkce je obecně přisuzován pH půdy (např. Sauerbeck, Lüb-
ben, 1991).

V této souvislosti jsou významné námi zjištěné di-
ference pH/KCl po šestileté aplikaci zařazených hno-
jařských opatření (např. pokles až o 0,62 v Praze-Ru-
zyni apod.). Hornburg, Brümmer (1989) uvádějí, že se značně zvyšuje mobilita kadmia v půdě
při pH < 6,5, olova při pH < 5, zinku při pH < 5 až 5,5
apod. Při poklesu pod tyto hodnoty dochází při normál-
ním obsahu prvků v půdě, rozdílně podle jednotlivých
prvků, ke změnám pevnosti vazeb na organické a jílové
částice. Sauerbeck, Lübben (1991) uvádějí, že
pokles hodnot pH o 1 vedl k dvojnásobným obsahům
kadmia a niklu v zrnu obilnin. Obsah zinku se zvýšil
o 40 % a mědi o 10 %.

Vápnění naproti tomu i na půdách silně kontamino-
vaných snižuje přijatelnost rostlinami, zejména kadmia
a niklu (Hein, Sauerbeck, 1988 a další). S tím
pravděpodobně souvisí i námi zjištěný pokles uvolni-
telného kadmia po bramborách na stanovišti v Lukavci
u Pacova (vápněno na jaře před výsadbou).

Organická hmota může působit jak mobilizačně, tak
i imobilizačně (Hermes, 1989). Zatímco je uváděn vý-
znam pevných organických vazeb těchto prvků, a to
zejména v kyselém prostředí (Hermes, Brümmer,
1984), může dotace organických látek do půdy v dů-
sledku zvýšené biologické aktivity působit na uvolňo-
vání těchto prvků do přijatelných forem pro rostliny
(Beneš, 1993; Hermes, 1989). Také v působení
dalších faktorů, které zvyšují přijatelnost těchto prvků
(snížení obsahu vápníku v půdě, provzdušnění půdy,
zvýšená tvorba kořenových výměšků v půdě apod.),
nebo naopak snižují přijatelnost většiny prvků (fixace
mikroorganismy a tvorba kovoorganických sloučenin,
fixace jílovými nerosty apod.), jak uvádí Beneš
(1993), lze hledat příčiny nižšího kolísání hodnot vli-
vem zařazených faktorů na černozemi v Ivanovicích na
Hané oproti hnědé půdě v Lukavci u Pacova a hnědo-
zemi v Praze-Ruzyni.

Na druhé straně se lze domnívat, že výrazný pokles
pH půdy vlivem zkoušených faktorů může být příčinou
(na některých stanovištích a při absenci vápnění) zvý-
šené kontaminace rostlinné produkce i na půdách an-
tropogenně méně kontaminovaných, např. kadmiiem
(oblasti považované za tzv. čisté s ohledem na imisní
zátěž), kterou zjistila Petříková (1990).

LITERATURA

- BENEŠ, S.: Obsahy a bilance prvků ve sférách životního
prostředí. I. část. MZ ČR 1993.
- BENEŠ, S. – BENEŠOVÁ, J.: Bilance rizikových prvků ve
sférách životního prostředí. Rostl. Výr., 39, 1993 (10):
941–958.
- HEIN, H. – SAUERBECK, D.: Aufnahme und Extrahier-
barkeit des Schwermetalls Nickel in Abhängigkeit von
Boden, Herkunft und Pflanzenart. 1. Pflanzenverfügbarkeit
und Extraktionsverhalten anthropogener Nickelherkünfte.
VDLUFA-Schr.-R., 23, 1988: 327–341.
- HERMS, U.: Löslichkeit von Schwermetallen in Böden unter
variierten Milieubedingungen. In: Beurteilung von SM-
Kontaminationen im Boden, Dechema, Frankfurt/Main,
1989: 189–199.
- HERMS, U. – BRÜMMER, G.: Einflußgrößen der Schwer-
metalllöslichkeit und -bindung in Böden. Z. Pfl.-Ernähr.
Bodenkde, 147, 1984: 400–424.
- HORNBERG, V. – BRÜMMER, G.: Untersuchungen zur
Mobilität und Verfügbarkeit von Schwermetallen in Böden.
Mitt. Dtsch. Bodenkde Gesell., 59, 1989 (2): 727–732.
- KŘÍŠŤAN, F. – SKALA, J.: Změny agrochemických vlast-
ností hnědé půdy vyvolané dlouhodobým hnojením. Rostl.
Výr., 29, 1983a (3): 267–273.
- KŘÍŠŤAN, F. – SKALA, J.: Dlouhodobá účinnost orga-
nického hnojení na hnědé půdě. Rostl. Výr., 29, 1983b (4):
367–376.
- NEUBERG, J.: Komplexní metodika výživy rostlin. Met.
Zavád. Výsl. Výzk. Praxe, 1990 (1): 68–75.
- PENK, J.: Průzkum obsahu rizikových prvků v půdách ČR.
SKZÚZ 1989.
- PETŘÍKOVÁ, V.: Výskyt imisí v ovzduší a obsah těžkých
kovů v zemědělských plodinách. Rostl. Výr., 36, 1990 (4):
367–378.
- SAUERBECK, D. – LÜBBEN, S.: Auswirkungen von
Siedlungsabfällen auf Böden, Bodenorganismen und Pflan-
zen. Ber. Ökol. Forsch. Band 6, Forsch.-Zentr. Jülich GmbH,
1991.
- SKALA, J. – KŘÍŠŤAN, F.: Draslík a hořčík v dlouhodobém
pokuse na hnědé půdě. Rostl. Výr., 35, 1989 (6): 563–573.
- VRKOČ, F. – SUŠKEVIČ, M. – SKALA, J.: Podíl regu-
lovatelných a neregulovatelných faktorů na výnosech ozimé
pšenice a ozimého ječmene. Rostl. Výr., 36, 1990 (9):
909–918.
- Vyhláška MŽP ČR č. 13/1994 k zákonu č. 334/1992.

Došlo 18. 1. 1995

Kontaktní adresa:

Ing. Jan Skala, CSc. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně, Pokusná stanice, 394 26 Lukavec u Pacova, Česká
republika, tel.: 0365/952 45, fax: 0365/952 45

Česká zemědělská univerzita v Praze
Ministerstvo zemědělství České republiky
Komise výživy rostlin odboru rostlinné výroby ČAZV
Lovochemie, a. s., Lovosice
si Vás dovolují pozvat na konferenci

RACIONÁLNÍ POUŽITÍ PRŮMYSLOVÝCH HNOJIV

konanou dne 30. listopadu 1995
v aule České zemědělské univerzity v Praze

Cílem konference je zhodnocení současné úrovně hnojení a stavu zásobenosti našich půd živinami a naznačení dalšího vývoje v oblasti výživy rostlin a hnojení.

Jednání bude zaměřeno na tyto hlavní okruhy:

- Problematika půdní úrodnosti
- Vývoj spotřeby hnojiv u nás a v Evropě
- Výživa rostlin a kvalita produkce
- Ekonomické aspekty použití průmyslových hnojiv
- Technika používání pro aplikaci hnojiv

K této tematice budou vyžádány hlavní referáty.

Odborný garant konference:

Prof. ing. Václav Vaněk, CSc.
Prof. ing. Ladislav Kolář, DrSc.

Organizační garant:

Prof. ing. Josef Vostál, DrSc.

Podrobnější informace lze obdržet na adrese: Česká zemědělská univerzita v Praze
Katedra agrochemie a výživy rostlin
165 21 Praha 6-Suchbát
tel.: 02/338 27 36

SOIL MICROBIAL BIOMASS-C AND MATHEMATICAL MODEL FOR TOPSOIL MICROBIAL EVALUATION

BIOMASA PŮDNÍCH MIKROORGANISMŮ A EVALUACE MIKROBNÍHO OŽIVENÍ ORNIČNÍ VRSTVY POMOCÍ MATEMATICKÉHO MODELU

L. Růžek

Czech University of Agriculture, Praha, Czech Republic

ABSTRACT: The methodological procedure „Bioindication of soil fertility“ comprising a mathematical model for topsoil microbial evaluation was used in investigation of a wide range of localities in the territory of the Czech Republic in the years 1990 to 1994 with an aim to assess the impact of anthropogenic activity on the topsoil environment. As indicators for defining the quality of soil environment and the effect of anthropogenic activities on soil environment, the following values were chosen: the values MB-C (microbial biomass-C), above all expressed in percentage to the model-calculated minimum and the values EX-C (extracellular extractable organic-C), including percentage to the model-calculated maximum. The above procedure had confirmed the high quality of soils in the foothill region of Orlické hory (Eastern Bohemia; 108 to 145% of model minimum), especially stagno-gleyic cambisols in the microregion Červená Voda-Králíky, followed by albic and orthic luvisols and rendzinas in protected landscape regions of Křivoklátsko and Český kras (Central Bohemia; 88 to 99% of model minimum). Within the long-term polyfactorial experiment conducted at Humpolec (Southern Bohemia) a positive effect of double rates of manure and calcium materials applied in three to five year interval (90 to 92% of model minimum; unfertilized control 66%) has been confirmed. In addition, a high sensitivity of the values EX-C on the impact of anthropogenic activity on the topsoil environment was confirmed.

arable soil; microbial biomass-C; mathematical model; impact of anthropogenic activity on topsoil environment; evaluation and bioindication of soil fertility

ABSTRAKT: Metodický postup „Bioindikace půdní úrodnosti“, zahrnující matematický model (tab. V) určený k evaluaci mikrobiálního oživení orniční vrstvy půd, byl uplatněn při sledování širokého spektra lokalit na území ČR v letech 1990 až 1994 s cílem posoudit tímto způsobem dopad různých antropogenních aktivit na živou mikrobiální složku orničního profilu půd. Jako parametry pro definování kvality půdního prostředí a minimálního vlivu antropogenních aktivit na půdní prostředí byly zvoleny: nárůst hodnot MB-C (uhlík biomasy půdních mikroorganismů), především pak v procentuálním vyjádření k modelem vypočtenému minimu, a pokles hodnot EX-C (extracelulární extrahovatelný organický uhlík), včetně jejich procentuálního vyjádření k modelem vypočtenému maximu. Uvedený přístup potvrdil vysokou kvalitu půd v podhůří Orlických hor v okrese Ústí nad Orlicí: 108 až 145 % modelového minima, zvláště oglejených hnědých půd v mikroregionu Červená Voda-Králíky (tab. IIIa), dále ilimerizovaných půd, hnědozemí a rendzin v chráněných krajinných oblastech Křivoklátsko a Český kras: 88 až 99 % modelového minima (tab. IIIb). V rámci dlouhodobého polyfaktoriálního výživářského pokusu v Humpolci-Litochlebech (VÚRV Praha-Ruzyně) byl potvrzen pozitivní vliv dvojnásobných dávek hnoje a vápenných hmot aplikovaných v tří- až pětiletém intervalu: 90 až 92 % modelového minima, nehojená kontrola pouze 66 % modelového minima (tab. IIIc). Současně byla potvrzena vysoká citlivost hodnot EX-C na sledované antropogenní aktivity (tab. IIIa, b, c). Korelační analýza mezi jednotlivými sledovanými parametry v rámci celého souboru ($n = 761$) prokázala vysokou pravděpodobnost (99,9 %) kladného vzájemného vztahu mezi MB-C a C_{ox} ($r = +0,482$), poměrem $C_{ox} : N_{TOT}$ ($r = +0,356$) a kvalitou humusových látek v orničním profilu půdy oceněnou barevným koeficientem $Q_{4/6}$ ($r = +0,225$). Rovněž silný záporný korelační vztah ($r = -0,310$) mezi zastoupením nejhrubších písčité částice (0,2 až 2 mm) a MB-C potvrzuje dosavadní poznatky v této oblasti. Diskutabilní je záporný korelační vztah mezi nejmenšími částicemi půdní textury ($< 0,002$ mm) a MB-C (tab. IV). Procentuální podíl MB-C na C_{ox} půdní organické hmoty (MB-C : C_{ox}) · 100 (%) se na většině sledovaných lokalit pohyboval v pásmu 3,0 až 4,0 %. Nejnižší hodnoty byly zjištěny na lokalitách Chrástany (Rakovník) a Humpolec II-57, tedy na chudé písčité regozemi (2,8 %) a dlouhodobě nevápněné kyselé písčité kambizemi (3,0 %). Nejvyšší hodnoty pak na humózních, oglejených kambizemích: Červená Voda 7449 (4,8 %) a Červená Voda 7443 (5,0 %).

orné půdy; uhlík biomasy mikroorganismů; matematický model; vliv antropogenních aktivit na životní prostředí v orničním profilu půd; zhodnocení a bioindikace půdní úrodnosti

INTRODUCTION

From the point of view of conversion of materials and energy the topsoil layer of the arable lands is an important and unreplaceable centre of transformations. An impact of anthropogenic activity on environment is manifested not only in the quality and air purity, which is subjected to continuous monitoring, followed by the quality and purity of surface and underground waters, but with long-term load, also in topsoil layers of soils. There are no reliable data which should characterize and eventually quantify the degree of effect of various anthropogenic activities separately and within the complex on different soil components. Generally, the living microbial component is considered as the most sensitive segment of soil environment towards the external impacts and simultaneously with high homeostasis.

Tesařová et al. (1994) suggest to conduct a wider set of tests for its study, comprising mineralization of organic substances, biomass of soil microorganisms, detailed analysis of soil carbon, nitrogen and various forms of soil phosphorus, or enzymatic activities as well. Microbial life in such a complicated environment like topsoil profile of soils is governed by certain rules which can be studied through the correlation analysis of large sets of data.

Acea, Carballas (1990) proved very strong positive and negative correlations between organic microbial and inorganic soil components. The use of the above relationships in the mathematical modelling can bring the confirmation of the state found out by analysis, however, more often, positive or negative deviations. This system of evaluation is highly topical, especially in arising anthropogenic soils (Růžek, 1994), and moreover, in soils with minimized inputs, e.g. those intended for production of ecofoods. Similar measurement can be used also in the investigation of the state of the environment in the relevant region (Růžek, 1993). This paper contributes to the utilization of positive and negative correlations between measurable indicators of organic and inorganic component of topsoil profile of soils.

MATERIAL AND METHODS

The set of investigated localities includes the regions with different impacts on the environment, different inputs of manure, mineral fertilizers and liming. The set comprises the climatic zones 1, 2, 4, 5, 7 and 8 and seven most frequented great soil groups in the Czech Republic: chernosol, orthic luvisol, albic luvisol, regosol, rendzina, cambisol and fluvisol, including albic-gleyic luvisol and stagno-gleyic cambisol subtypes. Ten localities of the Ústí nad Orlicí district (Eastern Bohemia; 200 km from Praha) represent moderate warm to cold, humid region with minimum load of the environment in the foothill of Orlické hory (details characterizing the sites are in Tabs Ia and IIa). Soil

samples were taken for the first time on May 17, 1990 and then in April, May, June and in October of each year.

In 1993 the set of sites was complemented by seven plots with long-term different inputs of manure, phosphorus and liming from long-term polyfactorial experiment at Humpolec (Southern Bohemia; 125 km from Praha; details are in Tab. Ic). In the same year the set was further complemented by eight monitoring areas of the State Institute for Agricultural Supervision and Testing in the districts Praha-západ, Beroun and Rakovník (details in Tabs Ib and IIb). To take soil samples from the topsoil layer (0 to 20 cm deep) the Ejkelkamp agrisearch equipment was used in all investigated sites. Immediately after sampling the samples in plastic bags were cooled below 10 °C and transported in portable ice-safe bags for basic treatment in the laboratory, consisting of removal of rough admixtures, stirring and screening on < 4 mm mesh sieves. Adjusted soil samples (< 500 g) were stored before analyses in a refrigerator at field moisture at 4 °C for 35 to 90 days in aluminium or plastic boxes (designated for food), which were wrapped in plastic bags to avoid the moisture changes.

The rehydration method used for determining soil microbial biomass-C MB-C (Blagodatskiy et al., 1987) replaced chemical treatment with heat treatment (64 °C for 24 hours) based on denaturation of the protein components of cytoplasmic membrane and cell walls of living microorganisms in the soil, and by the simultaneous suppression of effects on the extractability of non-microbial organic-C. Then 0.5M K₂SO₄ or 0.5M (NH₄)₂SO₄ extractable organic-C EX-C was extracted from the heat-treated samples (TOT-C) and from the control samples without heat treatment (EX-C).

Three days before starting the analyses the soil samples were taken out from the refrigerator and thoroughly mixed. Six replications of moist soil, each containing 10 g oven dry soil, were weighed into glass test tubes (dia 30 mm) with accuracy of 0.03 g. After weighing the samples were moistened with 1 to 5 ml of distilled water, the test tubes were sealed by polyurethane stoppers and incubated for two days at a laboratory temperature. Three sample replications intended for determination of TOT-C were opened and placed into the heat box MW 117, slowly tempered to 64 °C and kept at this temperature for 24 hours. After cooling down and addition of 20 (30) ml 0.5M K₂SO₄ the suspension was shaken on the laboratory shaking apparatus WU-4 for 30 minutes. After sedimentation (20 hours) 1 ml of pure extract was taken by micropipette and burnt 20 minutes at 140 °C in 1 ml of chromsulphate mixture: 1 g K₂Cr₂O₇, 25 ml distilled water, 125 ml H₂SO₄ (95 to 97%). After cooling down the burnt mixture was diluted by 10 ml of distilled water. The TOT-C content was determined photometrically at a wave length of 590 nm on the spectral photometer SPEKOL 221 (Carl Zeiss). Three replications designed for determination of EX-C were treated in the same way, except for the use of dry heat. Calibration was developed in the range

Ia. Sites studied, general data and agrochemical conditions

Site	Plot	Great soil group (FAO classification)	Crops (1990–1992)	Exchange elements (mg.kg ⁻¹)		
				P	K	Mg
Sloupnice	742-2	Albic Luvisol	Peas – Barley (w) – Sugar beet	59	112	80
Sloupnice	742-4	Albic Luvisol	Wheat (w) – Barley (w) – Sugar beet	41	108	130
Vračovice	718-2	Eutric Cambisol	Maize – Rye (w) – Barley (s)	55	187	152
Vračovice	715	Eutric Regosol	Rye (w) – Oats (GPS) – Clover	34	195	50
Mostek	123	Orthic Luvisol	Barley (s) – Ryegrass – Maize	73	188	69
Mostek	140	Stagno-gleyic Luvisol	Wheat (w) – Potatoes – Wheat (w)	12	190	66
Červený potok	7647	Distric Cambisol	Barley (s) – Ryegrass – Barley (GPS)	80	186	69
Červený potok	7637	Distric Cambisol	Flax – Wheat (s) – Barley (s)	18	218	24
Červená voda	7443	Stagno-gleyic Cambisol	Grass – legume mixture (2yr) – Rye (w)	73	162	51
Červená voda	7449	Stagno-gleyic Cambisol	Wheat (w) – Rye (w) – Fodder kale	33	233	55

Ib. Sites investigated, general data

Site	Plot (name)	Great soil group (FAO classification)	Crops (1993–1994)
Tursko	T 34	Chernosol	Wheat (w) – Sugar beet
Nový dům	U kostela IV	Albic Luvisol	Alfalfa – Wheat (w)
Čistá	Na vidomě 3282	Eutric Cambisol	Legume – cereal mixture – Wheat (w)
Chrástany	Dlouhé záhony	Eutric Regosol	Barley (s) – Peas
Neumětely	Za humny 2602	Orthic Luvisol	Peas – Barley (w)
Korno	Na borech	Rendzina	Wheat (w) – Fallow
Dobřichovice	VII A	Eutric Fluvisol	Wheat (w) – Barley (s)
Vestec	Pod radiostanicí 22241	Eutric Cambisol	Barley (s) – Rye (w)
Humpolec	GS 140 hon II	Distric Cambisol	Barley (s) – Clover

Ic. Long-term polyfactorial experiment at Humpolec (Southern Bohemia), general characteristics

Site Humpolec	Mineral fertilizers (kg.ha ⁻¹)						Farmyard manure (t.ha ⁻¹)			Limestone (t.ha ⁻¹)		
GS 140	P			K								
Plot	1992	1993	1994	1992	1993	1994	1983	1988	1991	1985	1990	1993
II-71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
II-29	40	40	60	70	70	100	40	40	40	1.75	1.75	1.75
II-57	40	40	60	70	70	100	40	40	40	0	0	0
II-58	40	40	60	70	70	100	40	40	40	3.50	3.50	3.50
II-59	0	0	0	70	70	100	40	40	40	1.75	1.75	1.75
II-61	80	80	120	70	70	100	40	40	40	1.75	1.75	1.75
II-63	40	40	60	70	70	100	80	80	80	1.75	1.75	1.75

IIa. Sites studied, physico-chemical data, depth (0–15 cm)

Site	Plot	Soil organic-C (%)	Ratio C : N	Humus quality $Q_{4/6}$	pH (H ₂ O)	pH (1M KCl)	Clay sand (%)	
							< 0.002	0.2–2.0
Sloupnice	742-2	1.11	6.83	6.53	6.73	5.89	9.2	6.8
Sloupnice	742-4	1.08	6.87	6.48	6.18	5.34	10.2	1.3
Vračovice	718-2	1.59	8.40	4.88	6.79	6.18	15.1	29.2
Vračovice	715	1.12	7.02	6.59	6.45	5.43	9.8	7.1
Mostek	123	1.23	7.16	4.98	6.75	6.12	9.2	2.0
Mostek	140	1.22	7.55	5.81	7.02	6.35	10.0	4.0
Červený potok	7647	1.83	8.73	6.60	7.00	6.53	4.9	18.6
Červený potok	7637	1.69	8.67	6.26	6.95	5.34	7.7	11.5
Červená voda	7443	1.69	7.99	6.28	7.28	6.90	7.1	13.8
Červená voda	7449	1.98	8.24	5.63	6.67	6.10	11.2	6.3

IIb. Sites studied, physico-chemical data, depth (0–15 cm)

Site	Soil organic-C (%)	Ratio C : N	Humus quality $Q_{4/6}$	pH (H ₂ O)	pH (1M KCl)	Clay sand (%)	
						< 0.002	0.2–2.0
Tursko	1.33	6.66	4.39	7.17	6.33	11.80	16.70
Nový dům	1.24	6.89	6.31	5.61	4.65	12.40	22.30
Čistá	1.24	7.30	8.32	6.78	5.97	12.40	22.30
Chrástany	1.15	9.62	4.80	6.00	5.25	9.70	40.00
Neumětely	1.21	6.35	8.05	6.94	6.02	12.40	16.70
Korno	1.49	7.09	4.77	7.23	6.40	18.00	10.00
Dobřichovice	1.43	6.79	5.16	7.23	6.42	15.00	13.70
Vestec	1.10	5.50	5.29	6.75	5.77	11.80	14.00
Humpolec II-71	1.09	6.41	4.60	6.89	5.80	7.00	29.30

0 to 0.3 mg C, using glucose solution: 25 mg/20 ml = 0.5 mg C/ml (Růžek, 1994).

MB-C was calculated from the following equation:

$$MB-C = (TOT-C - EX-C)/k_C$$

where: $k_C = 0.25$ (Blagodatskiy et al., 1987)

The coefficient k_C indicates the carbon proportion in the microbial biomass which is extractable into the 0.5M K_2SO_4 or 0.5M $(NH_4)_2SO_4$.

Soil organic matter carbon (C_{ox}) was determined by a modified colorimetry method after Sims, Haby (1971). Soil samples dried at 28 °C were ground on a plate and screened on 0.355 mm mesh sieve. A 0.3 g-subsample was placed in a centrifugal test tube (30 mm dia) and mixed with 3 ml of 0.33M $K_2Cr_2O_7$ (98.08 g/1 000 ml distilled water) and 3 ml of H_2SO_4 (95 to 97%) was added to the mixture. The content was cooled down, diluted with 10 ml of distilled water and sedimented (approximately 20 hours). Then 2 ml of this sample was taken using a micro-pipette and diluted with 10 ml of distilled water. The content of C_{ox} was measured on a spectral photometer SPEKOL 221 (Carl Zeiss) at 600 nm. Calibration was developed in the range from 0 to 9 mg C, using glucose solution: 750 mg/20 ml = 15 mg C/ml (Růžek, 1994).

RESULTS AND DISCUSSION

An application of a great set of soil-microbiological and other suitable tests may lead to the successful study of performance of agroecosystems and to potential definition of indicators of the soil environment quality (Tesařová et al., 1994). One of the possible ways is bioindication of fertility of topsoil profile of soils (Růžek, 1994).

It includes the set of analyses mapping extractable and oxidizable carbon forms of soil organic matter, N_{TOT} and mathematical model (Růžek, 1994), serving for prediction of optimal regeneration of the soil profile by soil microorganisms. The determination of MB-C in April, May, June and in October each year (minimum in two years' periods), added by model evaluation may be a way to define the quality of soil environment. This is documented by the values of Tabs IIIa, b, c. The quality is expressed by growth of the values MB-C (particularly in percentage against model minimum), and decrease in the values EX-C (including their percentage to model maximum). In this respect the best in the investigated set were the sites Nový Dům, Neumětely, Červená Voda 7449 and Korno.

The mentioned sites are either part of highly valuable regions in the point of view of the state of environment – protected landscape regions Křivoklátsko, Český kras, Orlické hory or they are located nearby. These are regularly cultivated areas with higher percentage of winter cereals and fodder crops in crop rotations. Long-term polyfactorial experiment conducted at Humpolec (Tab. IIIc) documents a positive effect of

organic manure application: Humpolec II-63 (80 t.ha⁻¹ three to five years) and calcium materials: Humpolec II-58 (3.5 t.ha⁻¹ three to five years). This fact can be documented in the former case by the value of MB-C 470.9 mg.kg⁻¹ of dried soil, corresponding to 90% of model minimum – in the latter case by the value MB-C 493.6 mg.kg⁻¹ of dried soil, corresponding to 92% of model minimum. Simultaneously the table documents that an application of organic manure, mineral fertilizers and especially of liming causes the increase in the values EX-C (including their percentage to the model maximum). The same phenomenon is documented by most sites of the district Ústí nad Orlicí (Tab. IIIa). Within the whole set the sites with the best regenerated topsoil profile are: Červená Voda 7443, Červená Voda 7449 and Červený Potok 7647 (Tab. IIIa). Three-year average values of MB-C at these sites that range from 757.2 to 842.7 mg.kg⁻¹ of dried soil attain 122 to 145% of model minimum. This fact is not in discrepancy with the present knowledge. The microregion Červená Voda-Krátký is a projection of Kladská valley basin from Poland in the territory of the Czech Republic and is characteristic by humic ($C_{ox} > 1.60\%$), slightly gleyic quarry soils with neutral to alkaline soil reaction and high sums of annual precipitation. The investigated areas are regularly manured and the crop rotation used is characterized by a high representation of perennial clover-grass mixtures, winter cereals and fodder crops. On the contrary, the lowest average values of MB-C, ranging from 322.0 to 352.1 mg.kg⁻¹ of dried soil, corresponded to 57 to 72% of model minimum. The above state has been traced at the sites Chrástany (Rakovník), Humpolec II-71 and Humpolec II-59 (Tab. IIIb, c). Within the whole set, the worst regenerated topsoil profile was at the site Chrástany (Rakovník), represented by sandy regosol (40% of sand), with slightly acid soil reaction (pH = 6.0) and low content of soil organic matter ($C_{ox} = 1.15\%$). Within the long-term polyfactorial experiment at Humpolec the investigated plots with the lowest regeneration by soil microorganisms include the control, long-time unfertilized treatment (Humpolec II-71) and the treatment not fertilized by phosphorus for a long time (Humpolec II-59).

The correlation analysis between different investigated indicators within the whole set ($n = 761$) proved a high probability (99.9%) of positive relationship between C-biomass of soil microorganisms and C_{ox} ($r = +0.482$), by the ratio $C_{ox} : N_{TOT}$ ($r = +0.356$) and quality of humus substances in the topsoil profile of soil designated by the colour coefficient $Q_{4/6}$ ($r = +0.225$). Further details of correlation analysis are presented in Tab. IV. The conclusions of the study are in congruency with the results acquired, as recorded by Acea, Carballas (1990), particularly a strong positive correlation between the nature of soil organic matter, expressed by a ratio $C_{ox} : N_{TOT}$ and microbial populations. The strong negative correlation, too, ($r = -0.310$) between representation of the roughest sandy particles (0.2 to 2 mm) and C-biomass of

IIIa. Soil fertility bioindication by sites for MB-C and EX-C and model predictions of minimum MB-C and maximum EX-C

Site	Plot	Model MB-C (minimum MB-C predicted by model)	MB-C (measured values)		%*	Model EX-C (maximum EX-C predicted by model)	EX-C (measured values)		%*
			mg.kg ⁻¹	s*			mg.kg ⁻¹	s*	
Sloupnice	742-2	508.9	621.4	75.1	122	49.22	67.2	30.1	137
Sloupnice	742-4	519.5	688.4	92.3	133	47.27	55.1	22.5	117
Vračovice	718-2	601.9	651.9	60.2	108	67.17	60.2	20.5	90
Vračovice	715	511.5	654.6	86.1	128	49.50	63.1	32.4	127
Mostek	123	560.6	644.5	118.7	115	52.35	59.8	19.7	114
Mostek	140	540.1	600.8	87.3	111	52.05	58.5	19.7	112
Červený potok	7647	595.5	757.2	105.2	127	74.60	78.0	28.6	105
Červený potok	7637	568.3	733.3	82.6	129	68.67	78.5	18.5	114
Červená voda	7443	580.8	842.7	99.1	145	69.31	71.8	22.4	104
Červená voda	7449	643.1	787.1	134.8	122	76.23	49.8	14.8	65

* measured values as per cent of model predictions

s* standard deviation of mean

IIIb. Soil fertility bioindication by sites for MB-C and EX-C and model predictions of minimum MB-C and maximum EX-C

Site	Model MB-C (minimum MB-C predicted by model)	MB-C (measured values)		%*	Model EX-C (maximum EX-C predicted by model)	EX-C (measured values)		%*
		mg.kg ⁻¹	s*			mg.kg ⁻¹	s*	
Tursko	563.9	418.5	37.9	74	57.56	22.6	6.6	39
Nový dům	532.4	526.0	49.2	99	55.43	24.7	9.7	45
Čistá	496.6	394.0	47.8	79	55.57	34.9	6.1	63
Chrástany	561.5	322.0	69.9	57	56.30	37.4	7.4	66
Neumětely	486.7	444.9	50.6	91	53.53	24.9	6.3	47
Korno	583.6	514.7	62.3	88	60.29	29.6	6.2	49
Dobřichovice	559.9	435.6	63.0	78	59.45	25.5	8.7	43
Vestec	511.5	445.0	70.5	87	49.79	26.0	11.9	52

* measured values as per cent of model predictions

s* standard deviation of mean

IIIc. Soil fertility bioindication by sites for MB-C and EX-C and model predictions of minimum MB-C and maximum EX-C

Site	Model MB-C (minimum MB-C predicted by model)	MB-C (measured values)		%	Model EX-C (maximum EX-C predicted by model)	EX-C (measured values)		%
		mg.kg ⁻¹	s*			mg.kg ⁻¹	s*	
Humpolec II-71	516.3	340.4	52.4	66	52.90	23.0	3.2	43
Humpolec II-29	540.8	414.6	54.6	77	60.56	44.9	6.0	74
Humpolec II-57	543.0	423.7	57.4	78	63.36	32.4	7.2	51
Humpolec II-58	535.3	493.6	83.3	92	64.20	57.7	14.1	90
Humpolec II-59	491.5	352.1	44.3	72	51.43	32.8	5.0	64
Humpolec II-61	541.1	409.3	33.6	76	59.36	47.4	7.9	80
Humpolec II-63	522.8	470.9	90.2	90	62.81	51.6	16.6	82

* measured values as per cent of model predictions

s* standard deviation of mean

IV. Correlation coefficients between values which a simple mathematical model takes into consideration (1990-1994, n = 761)

	Soil organic-C	Ratio C : N	Humus quality Q _{4/6}	pH (H ₂ O) range 5.6-7.4	pH (1M KCl)	Clay sand	
						< 0.002	0.2-2.0
Microbial biomass-C (MB-C)	0.482***	0.356***	0.225***	0.057	0.182***	-0.212***	-0.310***
Total extractable organic-C (TOT-C)	0.395***	0.307***	0.257***	0.102**	0.174***	-0.295***	-0.274***
Extracellular extractable organic-C (EX-C)	0.100**	0.105**	0.195***	0.127***	0.088*	-0.295***	-0.106**

Correlation coefficient is significantly different from 0 at $P < 0.05^*$; 0.01^{**} ; 0.001^{***}

$$\begin{aligned} \text{Model EX-C} &= 14.815 + 31.481 \cdot 0.0001 \text{ C}^* + A - B \\ A &= 0.17 \cdot [\text{sand (adas) per cent (0.200-2.00 mm)}] \\ B &= 0.17 \cdot [\text{clay (adas) per cent (< 0.002 mm)}] \\ \text{Model TOT-C} &= 135.185 + [(68.519 \cdot 0.0001 \text{ C}^*) \cdot \\ &\quad \cdot (C + D + E + F)] \\ C &= 0.26 \cdot [(C : N + 12.5)/25] \\ D &= 0.22 \cdot [1/[(Q_{4/6} + 1.5)/5]] \\ E &= 0.26 \cdot [1/[(pH_{H_2O} + 6.5)/13]] \\ F &= 0.26 \cdot [1/[(pH_{H_2O} + pH_{KCl})/(2 \cdot pH_{KCl})]] \\ \text{Model MB-C} &= (\text{Model TOT-C} - \text{Model EX-C})/k_C \\ k_C &= 0.25 \text{ (Blagodatskiy et al., 1987)} \end{aligned}$$

* soil organic matter carbon (C_{ox} ; mg.kg⁻¹)

soil microorganisms has been confirmed by the above authors. Controversial is the negative correlation between the softest particles of soil texture (< 0.002 mm) and C-biomass of soil microorganisms. This does not confirm the conclusions made by Acea, Carballas (1990) and neither is in congruency with our previous results (Růžek, 1994). Most probably, this is caused by a great proportion of very well-regenerated silty soils with a low percentage of both extreme size categories (Tabs IIa, b). Strong positive correlation between oxidizable carbon of soil organic matter and C-biomass of soil microorganisms in congruency with our results are reported by many other authors, e.g. Tesařová (1992) in great set of arable, meadow and forest soils ($r = +0.710$), or Gregorich et al. (1990) in the set of ten Canadian soils ($r = +0.810$) with very different texture and great differences in the content of carbon of soil organic matter. The previous study of four-year testing of ten anthropogenic soils in North Bohemian brown coal basin (Růžek, 1994) has shown a stronger correlation ($r = +0.943$) between oxidizable carbon and biomass carbon of soil microorganisms. Anderson, Domsch (1989) give as an important indicator percentage of biomass carbon of soil microorganisms on oxidizable carbon of soil organic matter: $(MB-C : C_{ox}) \cdot 100$ (%). Their study, which included 144 sites on 26 experimental localities, recorded significantly lower values, when sites were sown with permanent monocultures (2.3%) compared with the standard crop rotation (2.9%) while in the second year after application of organic manure significantly higher values were acquired, on average by 4.0%. In our case the above indicator ranged from 3.0 to 4.0% on most sites. The lowest values were found at the sites: Chrástany (Rakovník) and Humpolec II-57, that is on poor sandy regosol (2.8%) and long-time non-limed sandy distric cambisol (3.0%). Hence, the highest values were

attained on slightly acid, very well regenerated albic luvisol on the locality Nový Dům (4.3%) in protected landscape region of Křivoklátsko and on humic, the best regenerated sites of the whole set: Červená Voda 7449 (4.8%) and Červená Voda 7443 (5.0%).

Acknowledgements

The author thanks the Ministry of Economy of the Czech Republic for financial support. The investigation was a part of the project No. 783.03.03. I also thank Mr. K. Voříšek for valuable discussion, Mr. J. Penk and Mr. O. Mazanec (State Institute for Agricultural Supervision and Testing), Mr. J. Baláš and Mr. J. Dostál for access to sampling sites.

REFERENCES

- ACEA, M. J. – CARBALLAS, T.: Relationship among microbial groups in various humid zone soils, and the factors controlling their distribution. *Agrochimica*, 34, 1990 (1–2): 1–14.
- ANDERSON, T. H. – DOMSCH, K. H.: Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. *Soil Biol. and Biochem.*, 21, 1989: 471–479.
- BLAGODATSKIY, S. A. – BLAGODATSKAYA, E. V. – GORBENKO, A. YU. – PANIKOV, N. S.: Regidratacionnyj metod opredelenija biomasy mikroorganizmov v počve. Počvovedenije, 1987 (4): 64–71.
- GREGORICH, E. G. – WEN, G. – VORONEY, R. P. – KACHANOSKI, R. G.: Calibration of a rapid direct chloroform extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. and Biochem.*, 22, 1990: 1009–1011.
- RŮŽEK, L.: Zhodnocení aktuálního stavu živé mikrobiální složky v půdách, zahrnující bioindikaci úrodnosti orního profilu a využití matematického modelu k výpočtu doporučeného stavu. [Závěrečná zpráva.] GA MŽP ČR 3171, 1993.
- RŮŽEK, L.: Bioindication of soil fertility and a mathematical model for restoration assessment. *Rest. Ecol.*, 2, 1994 (2): 112–119.
- SIMS, J. R. – HABY, V. A.: Simplified colorimetric determination of soil organic matter. *Soil Sci.*, 112, 1971: 137–141.
- TESAŘOVÁ, M.: Biomasa mikroorganismů v půdách. In: ŠANTRŮČKOVÁ, H. (ed.): Metody stanovení mikrobiální biomasy v půdách. In: Sbor. Ref. Semin. České Budějovice 2.–3. 6. 1992: 1–6.
- TESAŘOVÁ, M. – VOŘÍŠEK, K. – ŠIMEK, M.: Metody hodnocení biologického potenciálu půd. Uživatel'ský výstup subtypy 04 projektu 783.03.03. 1994.
- MŽP ČR: Metodika monitorování zemědělských a lesních půd a půd chráněných území ČR. 1993. 42 s.

Received on February 2, 1995

Contact Address:

Ing. Lubomír Růžek, CSc., Česká zemědělská univerzita, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika, tel.: 02/338 25 67, fax: 02/34 44 18

SCHOPNOST KMENŮ *RHIZOBIUM LEGUMINOSARUM* ZPŘÍSTUPŇOVAT FOSFOR

THE CAPACITY OF THE STRAINS *RHIZOBIUM LEGUMINOSARUM* TO MAKE PHOSPHORUS AVAILABLE

O. Mikanová¹, J. Kubát¹, K. Voříšek², D. Randová²

¹Research Institute of Crop Production, Praha, Czech Republic

²Czech University of Agriculture, Praha, Czech Republic

ABSTRACT: An existence of microorganisms which are able to release phosphorus from hard-soluble compounds is known for a long time (Goswami, 1961; Singal et al., 1994). It follows from literary data and our experience that 20 to 30% of soil microorganisms have this capacity. *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* (Abd-Aalla, 1994; Halder, Chakrabartty, 1993; Mikanová, Kubát, 1994) belongs to microorganisms in which P-solubilizing activity has been proved. Generally speaking, phosphorus is considered as a microbiogenic element regarding its importance for plants' growth and development. Although the content of total phosphorus in soil is high, only its small part is in the form acceptable to plants. In natural ecosystems it is very often a limiting factor of growth and development of plants. One of the ways how to make phosphorus available to plants is the use of P-solubilizing ability of soil microflora. In liquid shaken cultures strains of *Rhizobium leguminosarum* (T70, D600, D562, D561, T97, D28 and D559) from the collection of rhizobia preserved at the Research Institute of Crop Production, Praha-Ruzyně. 1 ml was pipetted from inoculum into 100 ml sterile nutrient solution (Domey, 1987) to which 0.05 g of tricalcium phosphate was added. Flasks were cultivated for seven days at the temperature of 28 °C during permanent agitation. Then the phosphorus content was set up in medium (Murphy, Riley, 1962; Macháček, Kotek, 1978) and pH of medium. Testing of eight strains of *Rhizobium leguminosarum* confirmed their greater or lower ability to release phosphorus from tricalcium phosphate. Only the strain D28 did not show any P-solubilizing activity (Tab. I). The trial with pea (*Pisum sativum* L.), the Tyrkys variety, was established with the same strains of *Rhizobium leguminosarum*. Plants were cultivated in inert material – perlite. Germinated seed were sown and subsequently inoculated by suspension of different strains. Micro-ground Gafsa phosphate was mixed in pots before sowing at a dose of 60 kg P.ha⁻¹. Results of the trial show that at comparable nitrogenase activity the highest yields of above-ground mass were achieved in the strain T97 in which greatest P-solubilizing activity was manifested in the previous tests. After inoculation by the strain D28 (which has no P-solubilizing activity), the lowest content of dry matter of above-ground mass was found. Differences, however, were statistically insignificant. Another trial was established in pots with soil. Pea, the Tyrkys variety, was sown like in the previous trial. Pots contained 5 kg of long-time unfertilized, sieved soil from the plot of the Research Institute of Crop Production, Praha-Ruzyně. Treatments fertilized with superphosphate at a dose of 45 kg P.ha⁻¹ and treatments without fertilizing were established. After sowing seeds were inoculated by the mixture of the strains *Rhizobium leguminosarum* of high P-solubilizing activity (P+) – T97, D559, D560 and D562, strains of low or zero P-solubilizing activity (P-) – D28 and D600 and the control (K) without inoculation was established. After finishing the following indicators were evaluated: seed dry and phosphorus content in seed dry matter. It follows from the results of this trial that seed dry matter was influenced as by pea inoculation, as by the dose of the fertilizer applied. While in treatments inoculated by the mixture of (P-) strains and in the control seed dry matter increased, in treatment inoculated by (P+) strains seed dry matter fell in fertilizing by superphosphate. Seed dry matter yield in unfertilized treatment, inoculated mixture by (P+) strains, is higher than in the others unfertilized treatments and almost identical like in the others treatments fertilized by 45 kg P.ha⁻¹. Phosphorus content in seeds rises with increasing doses of superphosphate (Tab. III).

Rhizobium leguminosarum; soil phosphorus; solubilization of phosphorus

ABSTRAKT: V tekutých třepaných kulturách s přísádkem málo rozpustného tricalcium fosfátu byla zjišťována P-solubilizační aktivita u kmenů *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae*. Po týdenní inkubaci byl stanoven obsah uvolněného fosforu v médiu a pH média. Testace potvrdily jejich větší, resp. menší schopnost uvolňovat do roztoku fosfor z tricalcium fosfátu. Pouze jeden kmen z osmi testovaných nevykazoval žádnou P-solubilizační aktivitu. Se stejnými kmeny *Rhizobium leguminosarum* byl založen pokus s hrachem (*Pisum sativum* L.) odrůdou Tyrkys. Rostliny byly pěstovány v perlitu, který byl předem obohacen mikromletým Gafsa fosfátem v dávce odpovídající 60 kg P.ha⁻¹. Výsledky pokusu ukazují, že při srovnatelné nitrogeázové aktivitě bylo nejvyšších výnosů nadzemní hmoty dosaženo u kmene T97, u kterého se v předchozích testech projevila nejvyšší P-solubilizační aktivita. Kmen D28, který nevykazoval v tekutých kulturách P-solubilizační aktivitu,

způsobil nižší nárůst sušiny nadzemní hmoty. Rozdíly však nebyly statisticky významné. Další pokus byl založen v nádobách se zeminou. Opět byl zaset hrách, odrůda Tyrkys. Byly založeny varianty hnojené superfosfátem v dávce odpovídající 45 kg P.ha⁻¹ a varianty bez hnojení. Po zasetí byla semena inokulována směsí kmenů *Rhizobium leguminosarum* s vysokou P-solubilizací (P+), kmeny s nízkou nebo nulovou P-solubilizací (P-) a kontrola bez inokulace (K). Z výsledků vyplývá, že výnos sušiny semen byl ovlivněn jak inokulací hrachu, tak dávkou použitého hnojiva. Zatímco u variant inokulovaných směsí (P-) kmenů a u kontroly došlo ke zvýšení sušiny semen při hnojení superfosfátem, u varianty inokulované (P+) kmeny výnos sušiny semen po aplikaci superfosfátu poklesl. Výnos sušiny semen u varianty nehnojené inokulované směsí (P+) kmenů je vyšší než u ostatních nehnojených variant a přibližně stejný jako u ostatních variant hnojených 45 kg P.ha⁻¹. Obsah fosforu v semenech a obsah přístupného fosforu v půdě stoupá se zvýšenými dávkami superfosfátu.

Rhizobium leguminosarum; půdní fosfor; solubilizace fosforu

ÚVOD

Existence mikroorganismů schopných uvolňovat fosfor z těžko rozpustných sloučenin je známá velmi dlouho (Goswami, 1961; Singal et al., 1994). Z literárních pramenů a zároveň z našich zkušeností vyplývá, že 20 až 30 % půdních mikroorganismů má tuto schopnost. Mezi mikroorganismy, u nichž byla dokázána P-solubilizací aktivita, patří i *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* (Abd-Aalla, 1994; Halder, Chakrabarty, 1993; Mikanová, Kubát, 1994).

Schopnost půdních mikroorganismů solubilizovat těžko rozpustné minerální fosfáty lze *in vitro* velmi snadno dokázat, což vedlo již dříve ke snahám vyrábět bakteriální preparáty, tzv. P-hnojiva. Většina těchto snah však skončila neúspěšně, a to především ze dvou důvodů. Jednak převládla technologie pravidelné aplikace relativně levných minerálních P-hnojiv, jednak nebyly k dispozici metody, které by umožnily pochopit a využít regulační mechanismy mikrobiální solubilizace fosforu na molekulární úrovni.

Fosfor je obecně považován za makrobiogenní prvek vzhledem k jeho významu pro růst a vývoj rostlin a k jeho podílu na tvorbě biomasy rostlin. Obsah fosforu dostupného rostlinám je jedním z rozhodujících faktorů tvorby výnosu. Přestože obsah celkového fosforu v půdě je značný, pouze jeho malá část je ve formě rostlinám přijatelné a fosfor se tak může stát limitujícím prvkem růstu a vývoje rostlin, pokud nejsou pravidelně a ve vysokých dávkách aplikována rozpustná minerální hnojiva. Tato běžně používaná technologie má však svá úskalí především z dlouhodobého hlediska. Dnešní potřeba využívat fosfor z půdní zásoby i nutnost lepšího zužitkování aplikovaných minerálních hnojiv nás vedla k tomu, abychom se tímto problémem začali znovu zabývat.

MATERIÁL A METODA

V tekutých třepných kulturách byly testovány čisté kmeny *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* (T70, D600, D562, D561, T97, D28 a D559) ze sbírky rhizobií, uchovávané v ÚRV v Praze-Ruzyni. Ze sbírkového kmene určeného k testaci bylo pomocí smyvu připraveno inokulum. Z připraveného inokula byl pipetován 1 ml do 100 ml sterilního živného roztoku (Domey,

1987), ke kterému bylo přidáno 0,05 g Ca₃(PO₄)₂. Baňky byly kultivovány sedm dní při teplotě 28 °C za stálého třepání. Po uplynutí inkubační doby byly stanoveny: pH tekuté kultury a obsah fosforu v médiu (Murphy, Riley, 1962; Macháček, Kotek, 1978).

Se stejnými kmeny *Rhizobium leguminosarum* byl založen pokus s hrachem (*Pisum sativum* L.), odrůdou Tyrkys. Rostliny byly pěstovány v inertním materiálu – perlitu. Naklíčená semena byla zasetá a ihned inokulována suspenzí jednotlivých kmenů. Před setím byl do nádob zamíchán mikromletý Gafsa fosfát v dávce odpovídající 60 kg P.ha⁻¹. Každá varianta měla 12 opakování. K výživě byl použit živný roztok bez zdroje dusíku a fosforu. Pokus byl ukončen ve fázi plného květu a byly vyhodnoceny: sušina nadzemní hmoty (NH), sušina kořenů (K), celková nitrogenázová aktivita (TNA). Při statistickém vyhodnocení byla použita jednocestná analýza variance a následné srovnání mezi průměry pomocí Tukeyovy metody.

Další pokus byl založen v nádobách se zeminou. Jako v předěšlém pokusu byl zaset hrách, odrůda Tyrkys. Nádobky obsahovaly 5 kg přesáté zeminy z pozemku ÚRV Praha-Ruzyně. Byly založeny varianty hnojené superfosfátem v dávce odpovídající 45 kg P.ha⁻¹ a varianty bez hnojení. Po zasetí byla semena inokulována směsí kmenů *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* s vysokou P-solubilizací (P+) – T97, D559, D560 a D562, kmeny s nízkou nebo nulovou P-solubilizací (P-) – D28 a D600 a byla založena kontrola (K) bez inokulace. Každá varianta byla pěstována v šesti opakováních. Pokus byl ukončen v plné zralosti. Po ukončení byly vyhodnoceny: sušina semen a obsah fosforu v sušině semen. Statistické hodnocení bylo provedeno stejnými metodami jako v předěšlém pokusu.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Testace osmi kmenů *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* v tekutých submerzních kulturách s přidavkem trikalcií fosfátu potvrdila jejich větší, resp. menší schopnost uvolňovat fosfor z trikalcií fosfátu. Pouze kmen D28 nevykazoval žádnou P-solubilizací aktivitu. Získané výsledky jsou uvedeny v tab. I.

Tab. II ukazuje výsledky pokusu založeného v perlitu. Při srovnatelné nitrogenázové aktivitě bylo nejvyšší

I. Koncentrace solubilizovaného fosforu a pH kmenů *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* – The amount of the solubilized phosphorus and pH value of *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae*

Kmen ¹	mg P.l ⁻¹	pH
T97	66,1	5,1
D559	65,7	5,3
D560	38,6	5,7
D562	37,2	5,4
T70	32,0	5,6
D561	25,3	5,3
D600	16,0	6,3
D28	0,0	8,0

¹strain

II. Výnos sušiny semen a sušiny kořenů u hrachu inokulovaného různými kmeny – The yield of shoot and root dry weight by peas inoculated by different strains

Kmen ¹	Sušina nadzemní hmoty ² (g)	Sušina kořenů ³ (g)	TNA (nMCH.h ⁻¹)
T70	1,01	0,16	2 470
D600	0,91	0,22	3 150
D562	1,02	0,14	3 820
D561	1,09	0,15	2 060
T97	1,11	0,17	3 390
D28	0,81	0,15	2 930
D559	1,08	0,16	4 210

¹strain, ²above-ground mass dry matter, ³root dry matter

III. Výnos sušiny semen, obsah fosforu v semenech a půdě u hrachu – The yield of seed dry matter, phosphorus content in seeds and soil in pea

Inokulace ¹	Dávka hnojiva ²	Sušina ³ (g)	Obsah P v semenech ⁴ (g.kg ⁻¹)
Směs ⁵ 9	0	22,5 ^x	3,9 ^x
P+	45	19,0	4,2
Směs 10	0	17,2	3,6
P-	45	23,4	4,9
K 11	0	18,4	3,8
	45	22,8	5,0

^x signifikantní rozdíly na hladině významnosti $P = 0,05$ % – significant differences at the level of significance $P = 0,05$ %

¹inoculation, ²dose of fertilizer, ³seed dry matter, ⁴P content in seeds, ⁵mixture

šich výnosů nadzemní hmoty dosaženo u kmene T97, u kterého se v předchozích testacích projevila nejvyšší P-solubilizační aktivita. Po inokulaci kmenem D28, který nemá P-solubilizační aktivitu, byl zjištěn nejnižší

obsah sušiny nadzemní hmoty. Rozdíly však nebyly statisticky významné.

Z výsledků nádobového pokusu se zeminou vyplývá, že výnos sušiny semen byl ovlivněn jak inokulací hrachu, tak dávkou použitého hnojiva. Zatímco u variant inokulovaných směsí (P-) kmenů a u kontroly došlo ke zvýšení sušiny semen při hnojení superfosfátem, u varianty inokulované (P+) kmeny obsah sušiny semen při hnojení superfosfátem poklesl. Z výsledků získaných v tomto pokusu není možné odvodit, proč k tomu došlo. V našich dřívějších pokusech jsme se s tímto jevem dosud nesetkali, avšak je zřejmé, že inokulace specifickými mikroorganismy vyvolává mnohočetné interakce mezi rhizosférní mikroflórou a kořeny rostlin, jejichž vliv na konečný výsledek, tj. výnos semen hrachu, může být významně ovlivněn hladinou přístupného fosforu v půdě. Tento jev však bude nutné ještě důkladněji ověřit. Výnos sušiny semen u varianty nehnojené inokulované směsí (P+) kmenů je vyšší než u ostatních nehnojených variant a přibližně stejný jako u ostatních variant hnojených 45 kg P.ha⁻¹. Obsah fosforu v semenech stoupá se zvýšenými dávkami superfosfátu (tab. III).

Výzkum je financován GA ČR (č. 502/93/0479).

LITERATURA

- ARD-ALLA, M. H.: Solubilization of rock phosphates by *Rhizobium* and *Bradyrhizobium*. *Folia Microbiol.*, 39, 1994 (1): 53–56.
- DOMEY, S.: Untersuchungen zur mikrobiellen Phosphatmobilisierung in der Rhizosphäre von Winterweizen, Winterroggen und Luzerne. [Dissertation.] Jena, 1987. – IPE.
- GOSWAMI, K. P.: Solubilization of calcium phosphate by three strains of a phosphobacterium. *Indian J. Agric. Sci.*, 32, 1961: 96–101.
- HALDER, A. K. – CHAKRABARTTY, P. K.: Solubilization of inorganic phosphate by *Rhizobium*. *Folia Microbiol.*, 38, 1993 (4): 325–330.
- MACHÁČEK, V. – KOTEK, J.: Zkušenosti s fotometrickou metodou ke stanovení fosforu. *Agrochémia*, 18, 1987: 93–94.
- MIKANOVÁ, O. – KUBÁT, J.: Uvolňování fosforu z málo rozpustných fosfátů půdní mikroflórou. *Rostl. Výr.*, 40, 1994 (9): 833–840.
- MURPHY, J. P. – RILEY, J. P.: A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chem. Acta*, 27, 1962: 31–36.
- SINGAL, R. – GUPTA, R. – SAXENA, R. K.: Rock phosphate solubilization under alkaline conditions by *Aspergillus japonicus* and *A. foetidus*. *Folia Microbiol.*, 39, 1994 (1): 33–36.

Došlo 8. 3. 1995

Kontaktní adresa:

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

INZERCE

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

Bližší informace získáte na adrese:

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

ADVERTISEMENT

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

For more detailed information, please contact:

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

ZMĚNY OBSAHU DUSÍKU A UHLÍKU V PŮDĚ PŘI OPAKOVANÉM PĚSTOVÁNÍ SILÁŽNÍ KUKUŘICE A RŮZNÉM DUSÍKATÉM HNOJENÍ

CHANGES IN NITROGEN AND CARBON CONTENTS IN REPEATED CULTIVATION OF SILAGE MAIZE AND DIFFERENT NITROGEN FERTILIZATION

J. Balík, V. Vaněk, D. Pavlíková, A. Příbyl

Czech University of Agriculture, Praha, Czech Republic

ABSTRACT: Exact field trials with repeated cultivation of silage maize were conducted to study the effect of ammonium sulfate, liquid fertilizer DAM, effect of combination of winter wheat straw + DAM, manure and pig slurry on changes in C_{ox} , N_t , N_{min} contents in soil. Straw and pig slurry were applied for the first time in the autumn of 1991, manure in the autumn of 1992. In establishment of trials in the autumn of 1990 these treatments were considered in experimental scheme. In the vegetation year 1991 (treatments 4, 5, 6) and 1992 (treatment 5) maize was not fertilized by any fertilizer. Cattle manure was applied in a dose of 50 t.ha⁻¹. A dose of pig slurry was dependent upon nitrogen content in such a way that 120 kg N.ha⁻¹ should be applied. Winter wheat straw fertilization in a dose of 5 t.ha⁻¹ was carried out in the autumn of 1991 and 1992. Neither P, K, Mg fertilization, nor liming were used during experiments. For the period of four experimental years 526 kg N.ha⁻¹ was taken by the control. In fertilized treatments uptake was 570 to 631 kg N.ha⁻¹. Only after application of manure higher amount of nitrogen was supplied than taken. After the harvest in 1994 a trend to increase C_{ox} content in topsoil was determined in treatments with manure and slurry. N_t content in topsoil increased statistically significantly when straw + DAM, manure and pig slurry were applied. In ammonium sulfate significant tendency towards increase of N_t content was determined. Only in DAM fertilizer lower N_t content was found compared with the control. The highest ratio C : N was recorded after pig slurry application. There were no differences among different treatments in N-NH₄ content. Nitrogen fertilization increased significantly N-NO₃ in topsoil. In field trials soil lysimeters were used (depth of 60 cm, are of 0.2 m²). For the period of 24 months in lysimeter waters in the control of 1 kg N.ha⁻¹ in ammonium sulfate 8.6 kg N.ha⁻¹ and in DAM 7.4 kg N.ha⁻¹. In treatments with organic fertilization almost identical amount (6.2 to 6.6 kg N.ha⁻¹) was determined. In addition, wet deposition was measured. An amount of mineral nitrogen was 3.35 kg N.ha⁻¹ for the growing season, 8.66 kg N.ha⁻¹ for the calendar year. Nitrate nitrogen amounted to 2.97 kg N.ha⁻¹ and ammonium nitrogen was 5.72 kg N.ha⁻¹.

silage maize; repeated cultivation of maize, nitrogen fertilization; organic fertilization; C_{ox} content, N_t in soil

ABSTRAKT: V přesných polních pokusech s opakovaným pěstováním silážní kukuřice byl sledován vliv síranu amonného, kapalného hnojiva DAM, vliv kombinace slámy ozimé pšenice + DAM, chlévského hnoje a kejdy prasat na změny obsahu C_{ox} , N_t , N_{min} v půdě. Za období čtyř pokusných let bylo odčerpáno na kontrole 526 kg N.ha⁻¹. U hnojených variant činil odběr 570 až 631 kg N.ha⁻¹. Pouze po aplikaci chlévského hnoje bylo dodáno větší množství dusíku, než činil odběr. Po sklizni v roce 1994 byla stanovena tendence ke zvýšení obsahu C_{ox} v ornici u variant s chlévským hnojem a kejdou prasat. Obsah N_t v ornici byl statisticky významně zvýšen při hnojení slámou + DAM, chlévským hnojem a kejdou prasat. U síranu amonného byla stanovena významná tendence ke zvýšení. Pouze u hnojiva DAM byl zjištěn nižší obsah N_t než u kontroly. Nejvyšší poměr C : N byl zaznamenán po hnojení kejdou. V obsahu N-NH₄ nebyly stanoveny žádné rozdíly mezi jednotlivými variantami, a to jak v ornici, tak v podorničí. Dusíkaté hnojení významně zvyšovalo obsah N-NO₃ v ornici. V pokusech byly instalovány půdní lyzimetry (hloubka 60 cm, plocha 0,2 m²). Za období 24 měsíců bylo zachyceno v lyzimetrických vodách na kontrole 1 kg N.ha⁻¹, u síranu amonného 8,6 kg N.ha⁻¹ a u DAM 7,4 kg N.ha⁻¹. U variant s organickým hnojením bylo stanoveno téměř stejné množství (6,2 až 6,6 kg N.ha⁻¹). Dále byla měřena mokrá depozice. Za vegetační období činilo množství minerálního dusíku 3,35 kg N.ha⁻¹, za kalendářní rok 8,66 kg N.ha⁻¹. Přitom nitrátový dusík tvořil 2,97 kg.ha⁻¹ a amonný dusík 5,72 kg.ha⁻¹.

silážní kukuřice; opakované pěstování kukuřice; hnojení dusíkem; organické hnojení; obsah C_{ox} , N_t v půdě

ÚVOD

Z řady hospodářských bilancí u nás i v zahraničí (Jenkinson, 1986; Köster et al., 1988; Sturm, 1989; Isermann, Sturm, 1990; Vostal, 1990 a další) vyplývá, že bylo v uplynulých cca 20 až 30 letech do půdního prostředí dodáváno podstatně více dusíku, než činil odběr rostlinami. S ohledem na intenzivní živočišnou výrobu a vysoké stavy hospodářských zvířat byl nadbytek dusíku větší ve vyspělých západoevropských státech než u nás (Isermann, 1993). Přitom značná část dusíku se z půdy ztrácela denitrifikací a vyplavováním. Výsledky z dlouhodobých stacionárních pokusů (Cramer, 1993) ukazují, že se zvýšil obsah celkového dusíku a změnil se poměr C : N v půdách. Za období 30 let se zvýšilo množství dusíku v ornici o 1 800 až 2 500 kg.ha⁻¹ a zároveň se výrazně snížil poměr C : N. Dá se proto předpokládat, že také v našich půdách se značně zvýšil potenciál dusíku. Na druhé straně je však v ČR již čtyři roky dodáváno méně dusíku, než činí odběr. Některé výsledky (Chochola, 1994) již signalizují, že v řepných půdách dochází ke snížení obsahu minerálního a lehce hydrolyzovatelného dusíku. Je proto třeba v současnosti věnovat pozornost tomu, jak lze potenciál půdního dusíku rozumně a efektivně využívat, aniž by došlo ke snížení půdní úrodnosti. V našich sledováních jsme se zaměřili na kvantifikování změn obsahu N_t, C_{ox}, N_{min} v půdách, které byly vyvolány různým dusíkatým hnojením při opakovém pěstování kukuřice na siláž.

MATERIÁL A METODA

Stacionární pokusy s opakovaným pěstováním silážní kukuřice byly založeny v roce 1990 na pokusné stanici Agronomické fakulty ČZU Praha v Červeném Újezdě (nadmořská výška 405 m). Stanoviště patří do výrobního typu řepařského, subtypu pšeničného. Prů-

měrná roční teplota vzduchu činí 7,6 °C, průměrný roční úhrn srážek 549 mm. Průměrná teplota za vegetační období (IV. až IX. měsíc) je 13,9 °C, průměrný vegetační úhrn srážek 361 mm (tab. I).

Genetickým půdním představitelem je hnědozem. Hlavním půdotvorným procesem je ilimerizace. Hloubka ornice činí 35 cm, podorniční horizont je do 70 cm. Matečný substrát je spraš (80 až 120 cm). Velikost pokusné parcely činila 170 m² a každá varianta byla čtyřikrát opakována. Předplodinou pro kukuřici byla jarní pšenice. Poslední organické hnojení před založením pokusů bylo realizováno v roce 1988. Schéma pokusu udává tab. II.

Z organizačních důvodů bylo hnojení slárou a kejdou prasat poprvé použito na podzim v roce 1991, chlévským hnojem na podzim 1992. Při zakládání pokusů na podzim v roce 1990 bylo však již s těmito variantami v pokusném schématu počítáno. Kukuřice zde nebyla ve vegetačním roce 1991 (varianta 4, 5, 6) a 1992 (varianta 5) hnojena žádným hnojivem. V polních pokusech byly chlévský hnůj i sláma aplikovány ručně. Dávka hnoje skotu činila 50 t.ha⁻¹. Dávka kejdy prasat byla závislá na obsahu dusíku tak, aby bylo dodáno 120 kg N.ha⁻¹. Hnojení slárou ozimé pšenice v dávce 5 t.ha⁻¹ se uskutečnilo na podzim v roce 1991 a 1992. V průběhu pokusů nebylo použito hnojení fosforem, draslíkem, hořčíkem ani vápněm.

Na jaře roku 1992 byly založeny půdní lyzimetry. Plastové žlaby o velikosti 0,2 m² (15 cm x 133,3 cm) byly uloženy do půdy tak, aby horní hrana žlabu byla v hloubce 60 cm. Lyzimetrické vody byly svedeny do sběrné nádoby do hloubky 90 cm. Voda z nádoby byla čerpána pomocí vývěvy. Konec hadice byl fixován zcela mimo prostor lyzimetru v hloubce 35 cm. Toto řešení umožnilo obdělávat pozemek bez jakéhokoliv omezení. Zároveň však také nedošlo k omezení bočního pohybu při aplikaci půdní vláhý tak, jak bývá nedostatkem všech klasických sypaných lyzimetrů. Na každé variantě byly vybudovány dva lyzimetry. V tomto sdě-

I. Průměrná teplota a množství srážek v období 1991 až 1994 – Average temperature and sum of precipitation in the years 1991 to 1994

Období ¹	1991	1992	1993	1994
Kalendářní rok ² (mm)	375,3	423,6	532,5	457,8
Vegetační období ³ (mm) (Červený Újezd)	243,1	258,0	316,0	285,9
Vegetační období (°C) (Praha-Karlov)	15,3	17,4	16,1	16,9

¹period, ²calendar year, ³vegetation period

II. Schéma pokusu – Diagram of trial

Číslo ¹	Varianta ²	Označení ⁸	kg N.ha ⁻¹	Termín aplikace ⁹
1	kontrola ³	kontrola	–	–
2	síran amonný ⁴	SA	120	XI–XII
3	DAM	DAM	120	IV
4	sláma ⁵ + DAM	sl + DAM	120	sláma X DAM IV
5	chlévský hnůj ⁶	hnůj	–	X–XI
6	kejda prasat ⁷	kejda	120	X–XI

¹number, ²treatment, ³control, ⁴ammonium sulfate, ⁵straw, ⁶manure, ⁷pig slurry, ⁸marking, ⁹term of application

lení jsou výsledky měření za období 1. 10. 1992 až 17. 10. 1994. První odběr byl uskutečněn 5. 4. 1993, druhý 31. 1. 1994, třetí 17. 10. 1994.

S ohledem na to, že je u tohoto stacionárního polního pokusu sledována jednoduchá bilance dusíku, byly v období tří let realizovány dále rozborů srážek a stanoveno v nich množství $N_{\min}$.

Chemické analýzy byly uskutečněny podle metodik pro chemické rozborů v zemědělských laboratořích (Javorský et al., 1987). Množství $N_{\min}$ v půdách, ve srážkách i v lyzimetrických vodách bylo stanoveno destilačně. Množství N_f v půdě bylo vypočteno z $N_{\text{org}} + N\text{-NO}_3$. Organický dusík byl stanoven po kjeldahlizaci při 420 °C na přístroji Kjeltac Auto 1030 Analyzer.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Výsledky analýz organických hnojiv jsou shrnuty v tab. III. Z uvedených hodnot je patrné, že byla používána nekvalitní kejda prasat. Na stanici však nebyl hodnotnější produkt k dispozici. Po přepočtu bylo slámosto dáno za sledované období 4,83 t C.ha⁻¹, hnojem 9,10 t C.ha⁻¹ a kejdou 2,20 t C.ha⁻¹. Celkový poměr C : N činil u varianty sláma + DAM 12,2, u hnoje 11,9 a u kejdy 6,1. Je zřejmé, že relativně nejbohatší na dusík byla kejda prasat.

Výnosové výsledky a odběr dusíku v jednotlivých letech uvádějí Balík et al. (1995). Zde jsme se sou-

III. Obsah organických látek (OL) a dusíku (N) v organických hnojivech (% v čerstvé hmotě) – Content of organic substances (OL) and nitrogen (N) in organic fertilizers (% in fresh mass)

Organické hnojivo ¹	1992		1993		1994	
	OL	N	OL	N	OL	N
Sláma ²	84,0	0,38	82,5	0,33		
Kejda ³	2,6	0,23	2,3	0,20	3,1	0,35
Hněť ⁴			16,3	0,85	15,0	0,68

Organické hnojení bylo aplikováno vždy na podzim předešlého roku – Organic fertilization was applied always in the autumn of the previous year

¹organic fertilizer, ²straw, ³slurry, ⁴manure

středili na jednoduchou bilanci dusíku (tab. IV). Za období čtyř pokusných let bylo odčerpáno rostlinami na kontrole 526 kg N.ha⁻¹. U hnojených variant činil odběr 570 až 631 kg N.ha⁻¹. U variant 4, 5, 6 bylo v prvním pokusném roce počítáno s odběrem jako u nehnojené varianty, tj. 137 kg N.ha⁻¹. Obdobně bylo postupováno ve druhém roce u hnoje. Z uvedených výsledků je zřejmé, že pouze u varianty 5 (chlévkový hnůj) bylo dodáno větší množství dusíku, než činil odběr rostlinami (+190 kg N.ha⁻¹), u ostatních kombinací byl odběr výrazně větší než vstupy.

Výsledky analýz půd po sklizni v roce 1994 jsou prezentovány v tab. V. Je zřejmé, že nebyly stanoveny statisticky významné rozdíly v obsahu C_{ox} mezi jednotlivými způsoby hnojení. U varianty s kejdou prasat a především s chlévským hnojem je však patrná poměrně významná tendence ke zvýšení obsahu uhlíku v ornici. Ve srovnání s tím jsme nezjistili žádné zvýšení u varianty sláma + DAM. Příčinou je zřejmě to, že sláma byla naposled aplikována na podzim v roce 1992. Jak potvrzují výsledky z literatury (Hudcová, Procházková, 1987), mění se obsah uhlíku v závislosti na organickém hnojení. Dalším významným faktorem přitom také je samotná plodina. Po hnojení kejdou bylo stanoveno v roce 1994 výrazné zvýšení výnosu sušiny nadzemní biomasy, s čímž jistě souviselo i zvýšené množství kořenů. Lze si tím také vysvětlit vyšší obsah C_{ox} , přestože dodané množství uhlíku v kejdě činilo za období tří let pouze 3,7 % z celkového množství uhlíku v ornici. U varianty se slámosto představovala tato relace 8,2 % a nejvyšší byla u chlévského hnoje (15,4 % z obsahu C_{ox} v půdě). Je zajímavé, že po hnojení samotným DAM jsme stanovili nižší obsah uhlíku než u kontrolní varianty. Snížení obsahu u varianty 3 mohlo nastat v důsledku menší tvorby kořenů nebo v důsledku zvýšené mineralizace půdní organické hmoty po aplikaci DAM. Potvrzení toho, zda jde o trvalou tendenci nebo o přechodný stav, si vyžadá ještě další sledování. Před založením pokusů na podzim roku 1990 činil obsah uhlíku 1 171 mg C.100 g⁻¹ půdy. Byl tedy nižší než po čtyřech letech pěstování kukuřice. Předplodinou kukuřice byla jarní pšenice, což bylo zřejmě hlavní příčinou. Podobně také Hudcová, Procházková (1987) stanovily po sklizni jarního ječmene a ozimé pšenice nižší obsahy než po kukuřici.

IV. Bilance dusíku za období 1991 až 1994 (kg N.ha⁻¹) – Nitrogen balance for the period of 1991 to 1994 (kg N.ha⁻¹)

Číslo ¹	Varianta ²	Dodáno N ⁸			Odběr rostlinami ¹²	Dodáno–odběr ¹³
		průmyslová hnojiva ⁹	organické hnojení ¹⁰	celkem ¹¹		
1	kontrola ³	–	–	–	526	–526
2	SA ⁴	480	–	480	631	–151
3	DAM	480	–	480	587	–107
4	sl ⁵ + DAM	360	35	395	570	–175
5	hněť ⁶	–	765	765	575	+190
6	kejda ⁷	–	360	360	589	–229

For 1–7 see Tab. II, ⁸N supplied, ⁹industrial fertilizers, ¹⁰organic fertilization, ¹¹total, ¹²uptake by plants, ¹³supplied–taken

Číslo ¹	Varianta ²	Ornice ⁸ (0–30 cm)			Podorničí ⁹ (30–60 cm)
		C _{ox}	N _t	C : N	N _t
		mg.100 g ⁻¹			mg.100 g ⁻¹
1	kontrola ³	1 321	120,3	10,978	61,4
2	SA ⁴	1 392	124,9	11,147	72,5
3	DAM	1 275	119,2	10,699	59,2
4	sl ⁵ + DAM	1 326	127,7	10,381	65,9
5	hnůj ⁶	1 457	137,3	10,608	72,9
6	kejda ⁷	1 417	129,7	11,183	67,5
F		0,46	2,81	0,26	0,80
d _{min} (α = 0,05)		(neprůkazné ¹⁰)	4,9	(neprůkazné)	(neprůkazné)

$$N_t = N_{org} + N-NO_3$$

For 1–7 see Tab. II, ⁸topsoil, ⁹subsoil, ¹⁰insignificant

Analýzy obsahu celkového dusíku v půdě jsou uvedeny také v tab. V (nebyl stanoven fixovaný dusík). Původní obsah dusíku před založením pokusu činil 123,4 mg N.100 g⁻¹ půdy. Z těchto hodnot je zřejmé, že za období trvání pokusů došlo ke statisticky významným změnám v obsahu N_t v ornici. Oproti kontrole jsme stanovili významné zvýšení obsahu u varianty sláma + DAM, a u variant s chlévským hnojem a s kejdou prasat. Také u síranu amonného je významná tendence k nárůstu obsahu celkového dusíku. Potvrzují se tak výsledky prací s izotopem ¹⁵N (Balík, 1982; Vaněk et al., 1989 a další), že značná část dusíku z hnojiv je transformována do půdní organické hmoty. Uvedené změny rámcově odpovídají i použitým dávkám dusíku a celkovému množství dusíku v ornici. Při hloubce ornice 30 cm a objemové hmotnosti 1,495 t.m⁻³ bylo např. na kontrole cca 5 395 kg N.ha⁻¹. Použitá dávka 480 kg N.ha⁻¹ potom odpovídala 8,9 % z množství dusíku v ornici. U hnoje to bylo více než 14 %. Tyto relace dávají potom předpoklad, že i při analýzách N_t půdy po delším období budou určité změny zachyceny. Např. rozdíl mezi variantou se síranem amonným a kontrolou činí 46 mg N.kg⁻¹ půdy, což při přepočtu na plochu 1 ha odpovídá 206 kg N.kg⁻¹, tj. 43 % z dodaného množství dusíku ve hnojení. Je zajímavé, že u DAM jsme stanovili nižší obsah než u nehněné kontroly, což patrně souvisí i s celkově nižším obsahem uhlíku po aplikaci DAM.

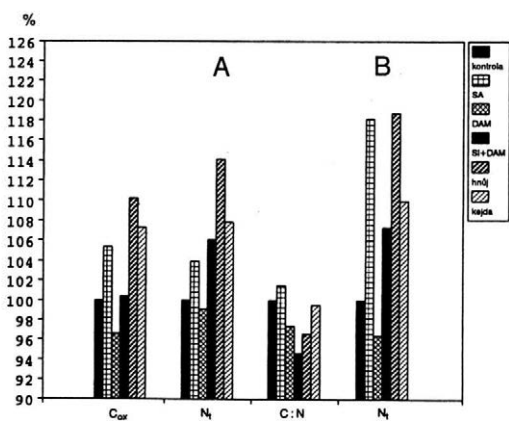
Poměr C : N v půdě je výslednicí několika faktorů (poměr C : N ve hnojení, odběr dusíku biomasou rostlin, tvorba biomasy kořenů, intenzita mineralizace půdní organické hmoty apod.). V těchto pokusech byl zjištěn nejvyšší poměr C : N u varianty hnojené kejdou. Obdobně vysoká hodnota byla vypočtena také u síranu amonného. Příčinou je pravděpodobně zvýšená tvorba kořenů a také i relativně vysoký odběr dusíku rostlinami.

Z prezentovaných výsledků (tab. V) je patrné, že nenastaly statisticky významné rozdíly v obsahu N_t v podorničí (30 až 60 cm). Příčin, proč k tomu nedošlo, je několik:

- celkové množství dusíku v hnojivech je poměrně malé vzhledem k množství dusíku v profilu do 60 cm;
- existuje časový posun ve změnách mezi ornici a podorničí;
- určitá nevyrovnanost je v zásobě N_t na pozemku, zejména v podorničí.

Přesto také zde lze spatřit mírnou tendenci ke snížení obsahu N_t u hnojení DAM a zvýšení obsahu u síranu amonného a hnoje. Z relativního vyjádření nastalých změn v půdě je patrné, že došlo k relativnímu zvýšení obsahu C_{ox} a N_t u hnojených variant (s výjimkou varianty 3) ve srovnání s kontrolou (obr. 1).

Ze statistického hodnocení obsahu N_{min} v ornici (tab. VI) vyplývá, že nejsou téměř žádné rozdíly mezi jednotlivými variantami v obsahu N-NH₄. Oproti tomu



1. Změny obsahu C_{ox} a N_t v půdě (100 % = kontrolní varianta) – Changes in C_{ox} and N_t in soil (100% = control treatment)

A: ornice – topsoil
B: podorničí – subsoil
kontrola – control
hnůj – manure
kejda – slurry

Číslo ¹	Varianta ²	N-NH ₄	N-NO ₃	N _{min}
		ornice ⁸		
1	kontrola ³	12,4	15,5	27,9
2	SA ⁴	12,7	21,8	34,5
3	DAM	12,2	29,7	41,9
4	sl ⁵ + DAM	10,4	35,7	46,1
5	hnůj ⁶	10,6	16,3	26,9
6	kejda ⁷	10,8	29,8	40,6
<i>F</i>		1,56	2,94	2,99
<i>d</i> _{min} (α = 0,05)		(neprůkazné ¹⁰)	6,18	6,45
podornič ⁹				
1	kontrola	7,1	7,6	14,7
2	SA	7,7	14,0	21,7
3	DAM	7,8	12,0	19,8
4	sl + DAM	6,5	12,4	18,9
5	hnůj	7,2	10,0	17,2
6	kejda	7,1	12,0	19,1
<i>F</i>		0,41	3,85	3,24
<i>d</i> _{min} (α = 0,05)		(neprůkazné)	4,26	2,60

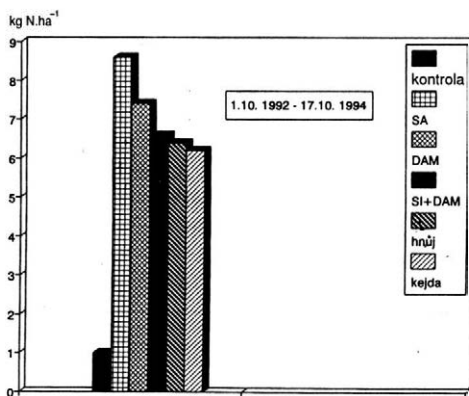
For 1–7 see Tab. II, for 8–10 see Tab. V

je téměř u všech hnojených variant výrazně vyšší obsah N-NO₃ než na kontrole. Nízký je pouze u varianty s chlévským hnojem, přitom jsme zde stanovili vysoký obsah N_t. Lze se proto domnívat, že zatím nedošlo k plné mineralizaci dodaného chlévského hnoje. Poměrně vysoký obsah nitrátového dusíku při sklizni svědčí zároveň o dobré výživě rostlin dusíkem na všech variantách. Vysoký podíl N-NO₃ v celkové sumě minerálního dusíku působí tak, že také rozdíly v obsahu N_{min} jsou statisticky významné. Výrazné rozdíly v obsahu nitrátového dusíku mezi kontrolou a hnojenými variantami v podorniči dokazují, že i v těchto sušších podmínkách může docházet k postupnému pohybu iontů N-NO₃. Kromě toho se na zvýšení rozdílu jistě podílel i relativně větší odběr nitrátů kukuřicí z podorniči na kontrole oproti hnojeným parcelám.

V souladu s obsahem N_{min} v půdě jsou také výsledky obsahu dusíku v lyzimetrických vodách (obr. 2). Zachycené množství dusíku lyzimetry činilo na kontrole 1 kg N.ha⁻¹, u sránu amonného 8,6 kg.ha⁻¹ a u DAM 7,4 kg.ha⁻¹. U variant 4, 5, 6 bylo stanoveno téměř stejné množství dusíku (6,2 až 6,6 kg N.ha⁻¹). Je zřejmé, že zde nejde o ztráty dusíku vyplavením. Tyto hodnoty pouze dokumentují určitý pohyb dusíku. Přitom ve srovnání s publikovanými měřeními (D a m a š k a, 1985) jde na sypaných lyzimetrech o výsledky podstatně nižší. Za sledované období bylo v průměru zachyceno 3 182 ml roztoku na plochu jednoho lyzimetru. Celkové množství srážek činilo 1 009 mm. Do hloubky 60 cm se potom dostalo pouze cca 1,6 % z celkového množství srážek.

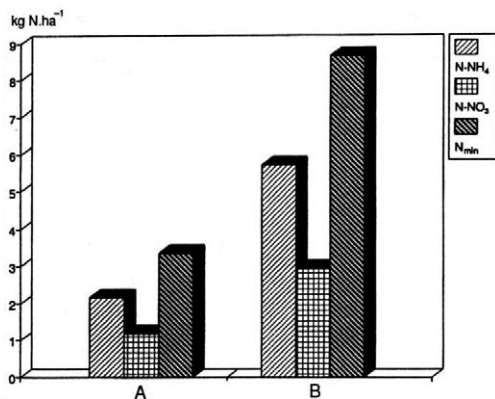
S ohledem na bilanci bylo nutné sledovat také množství dusíku v mokré a suché depozici, vzhledem k množ-

nostem stanice byla však měřena pouze mokrá depozice (obr. 3). Za vegetační období činilo množství N_{min} 3,35 kg.ha⁻¹, z toho N-NO₃ 1,19 kg.ha⁻¹ a N-NH₄ 2,16 kg.ha⁻¹. Za celý rok bylo dodáno touto formou 8,66 kg N.ha⁻¹. Z toho představoval nitrátový dusík 2,97 kg.ha⁻¹ a amonný dusík 5,72 kg.ha⁻¹. Uvedené výsledky jsou v dobrém souladu s hodnotami, které udávají B e n e š, H é n i k o v á (1993) pro Prahu-Libuš. Lze se proto domnívat, že v souladu s těmito



2. Množství dusíku v lyzimetrických vodách (kg.ha⁻¹) – Nitrogen amount in lysimetric waters (kg.ha⁻¹)

hloubka lyzimetru – depth of lysimeter: 60 cm; plocha lyzimetru – area of lysimeter: 0,2 m²
kontrola – control
hnůj – manure
kejda – slurry



3. Množství dusíku v mokré depozici (kg.ha⁻¹) – Nitrogen amount in wet deposition (kg.ha⁻¹)

A: duben-září – April-September

B: kalendářní rok – calendar year

autory nebyla celková atmosférická depozice větší než 20 kg N.ha⁻¹. Jak však ukazují výsledky zahraničních stacionárních pokusů (Körshens, 1990a, b), snižuje tento zdroj rozdíly mezi kontrolou a hnojenými variantami. Kromě toho probíhají v půdě i obtížně měřitelné procesy (nesymbiotická fixace, absorpce plynů půdou), které dále ovlivňují výsledné hodnoty obsahu dusíku.

Výzkum je financován GA ČR (č. 502/93/0479).

LITERATURA

- BALÍK, J.: Příspěvek k bilanci dusíku (¹⁵N) v půdě a jeho využití rostlinami. [Kandidátská dizertace.] Praha, 1982. 197 s. – VŠZ.
- BALÍK, J. – PŘIBYL, A. – PROCHÁZKA, J. – TLUSTOŠ, P.: Vliv hnojení na výnos a odběr dusíku při opakovaném pěstování silážní kukuřice. Rostl. Výr., 41, 1995 (8): 345–350.
- BENEŠ, J. – HĚNÍKOVÁ, S. et al.: Životní prostředí České republiky. Praha, MŽP ČR, ČEÚ 1993. 334 s.

- DAMAŠKA, J.: Hnojení a vymývání živin v různých půdně-ekologických podmínkách. Rostl. Výr., 31, 1985 (11): 1123–1130.
- CRAMER, N.: Umweltverträglichkeit der N-Versorgung des Rapses. Raps, 11, 1993 (1): 4–7.
- HUDCOVÁ, M. – PROCHÁZKOVÁ, B.: Změny obsahu a kvality půdního humusu v závislosti na organickém hnojení. Rostl. Výr., 33, 1987 (12): 1233–1241.
- CHOCHOLA, J.: Zásoba živin na řepných polích pro rok 1995. Listy cukrov. řepař., 1994 (8): 209–211.
- ISERMANN, K.: Nährstoffbilanz und aktuelle Nährstoffversorgung der Böden. Bodennutzung und Bodenfruchtbarkeit. Band 5. Ber. Landwirtschaft., Hamburg, Berlin, Verlag Paul Parey 1993: 15–54.
- ISERMANN, K. – STURM, H.: Stickstoff- und Phosphor-Bilanzierung der Landwirtschaft im Vergleich westeuropäischer Länder. Kongrbd, Ulm, VDLUFA-Schr.-R., 32, 1990: 229–235.
- JAVORSKÝ, J. et al.: Chemické rozborý v zemědělských laboratořích. 1. díl. Výstav. Zeměd. Výž. České Budějovice, MZVŽ ČSR 1987. 397 s.
- JENKINSON, D. S.: Nitrogen in UK arable agriculture. J. Roy. Agric. Soc. Engl., 147, 1986: 178–189.
- KÖRSCHENS, M.: C-N-Langzeitdynamik im Statischen Düngungsversuch Lauchstädt. Tag.-Ber. Kohlenstoff- und Stickstoffdynamik im Boden sowie Programme zur Steuerung der organischen Düngung. Berlin, Akad. Landwirtschaft.-wiss. 1990a: 81–90.
- KÖRSCHENS, M.: Humus – půdní úrodnost – využití dusíku. In: Sbor. Konf. Humusové látky – aktivní složka systému půda – rostlina, Praha, 1990b.
- KÖSTER, W. – SEVERIN, K. – MÖHRING, D. – ZIEBEL, H. D.: Stickstoff-, Phosphor- und Kalium-bilanz landwirtschaftlich genutzter Böden der Bundesrepublik Deutschland von 1956–1986. Ber. LK Hannover – LUFA Hameln, 1988: 1–162.
- STURM, H.: Überlegungen zu einer Gesamtstickstoffbilanz. In: Stickstoffbilanz, Industrieverband Agrar e. V., Fachbereich Düngung, Frankfurt, 1989: 19–34.
- VOSTAL, J.: Vývoj hospodářské bilance živin v České republice. [Doktorská dizertace.] Praha, 1990. 265 s. – VŠZ.
- VANĚK, V. – VOSTAL, J. – PAVLÍKOVÁ, D. – VLKOVÁ, O.: Vliv doby aplikace močoviny na odběr a využití dusíku ozimou pšenicí. Rostl. Výr., 35, 1989 (7): 681–687.

Došlo 16. 2. 1995

Kontaktní adresa:

Doc. ing. Jiří Balík, CSc., Česká zemědělská univerzita, Česká republika, 165 21 Praha 6-Suchbát, tel.: 02/338 27 32, fax: 02/39 37 03

OLEJNATOST VYBRANÝCH DRUHŮ ALTERNATIVNÍCH OLEJNIN

OIL CONTENT OF SOME SPECIES OF ALTERNATIVE OIL PLANTS

P. Baranyk, V. Zelený, H. Zukalová, P. Hořejš

Czech University of Agriculture, Praha, Czech Republic

ABSTRACT: In this work, the results of oil content analysis and experiences with planting of selected alternative oil plants from two localities – Czech University of Agriculture (1991, 1992, 1993) and Tábor (1992, 1993) – are included. *Calendula officinalis* contains in achenes 19.9% of oil, the heads come out gradually; the fruits are shaped variably, they mature unequally. Mature achenes fall out easily what makes their harvest difficult. *Camelina sativa* reached 31.2% of oil (in literature up to 42%), it is agrotechnically undemanding, with good resistance against harmful agents. The harvest passes without difficulties. It is very suitable for expanding into field condition. *Carthamus tinctorius* contains 21.7% of oil in achenes. It is very suitable for human nutrition as it contains a big amount of linolic acid. Processing of the seeds by pressing is complicated by necessity of dehulling of the achenes before the pressing. *Crambe abyssinica* reaches the oil content of fruits with pericarp 29.2%. The oil contains the highest percentage of erucic acid among all known oleaginous plants (55 to 62%). Short period of vegetation (80 to 90 days), site modesty and resistance to drought are some of the advantages of this plant. *Tithymalus lathyris* has the most oleaginous seeds of all the studied species (49.2% on average). In our experiment, when plant was of a very good growth, the collection of seeds brought about some problems due to unevenly maturing capsules. *Lallemantia iberica* has the oil content 26.4% on average, the oil is rich in α -linolenic (50 to 60%) and linolic (22 to 36%) acids. This plant has a short period of vegetation, fruits (mericarps) fall out very easily, what is a disadvantage. *Linum usitatissimum* contains in its seeds 34 to 48% of oil rich in unsaturated fatty acids, especially α -linolenic acid (40 to 68%). In our experiments the cultivar Antares contained 34.4% of oil. The oily form of *Linum* is very suitable for dry sites. *Lupinus mutabilis* has the oil content of 15 to 23% (Schuster, 1992), in our experiments it was only 11.6%. The oil has a high deal of oily acid (30 to 60%) and α -linolenic acid (20 to 48%). One of the positive characters of this plant is tolerance to drought, high temperatures and production of great amount of green matter. *Silybum marianum* has achenes with 25 to 35% of oil with high percentage of α -linolenic (55 to 72%) and oily (15 to 26%) acids and 8 to 12% of saturated fatty acids. In our experiment we obtained only 24.5% oil. The oil was of a very good quality and similar to that of safflower. The only difficulty is early falling of mature achenes. *Amaranthus cruentus* has seeds with a very good nutritional value and 5 to 10% of oil. In our experiments 6.8% oil was obtained. Disadvantage is ungradual maturing of fruits and seeds, so that the period of harvest is very long and late – matured plants have to be removed and dried gradually. For the introduction of new alternative oil – plants, it is necessary, beside solving the agronomical imperfection, market's study, ensuring their fast processing in food industry, innovation of technical equipment, and co-operation with other industrial branches in which natural raw-materials could be fully utilized (Taylor, 1989).

alternative oil plants; oil content

ABSTRAKT: V třetím období (1991 až 1993) byly na ČZU v Praze vysévány, pozorovány, sklizeny a analyzovány na olejnatost tyto druhy alternativních olejnin: *Calendula officinalis*, *Camelina sativa*, *Carthamus tinctorius*, *Crambe abyssinica*, *Tithymalus lathyris*, *Lallemantia iberica*, *Linum usitatissimum*, *Lupinus mutabilis*, *Silybum marianum*, *Amaranthus cruentus*. Jsou shrnuty zkušenosti s těmito druhy a hodnoceny předpoklady pro jejich uplatnění v praxi.

alternativní olejnin; olejnatost

ÚVOD

V posledních asi 15 letech se v řadě zemí začínají převážně pokusně pěstovat tzv. alternativní olejnin, tedy druhy, které ve svých semenech, plodech, eventuálně jiných částech obsahují tuky a oleje v takovém množství, skladbě a kvalitě, aby jejich průmyslové

zpracování bylo rentabilní. Hledají se jednak plané, po této stránce dosud nikdy nevyužívané druhy, jednak takové, které byly zavedeny do kultury z jiných důvodů, např. rostliny léčivé, okrasné, a konečně i druhy v dřívějších dobách již pěstované, ale z různých důvodů již opuštěné. Vedle druhů potravinářsky využitelných na výrobu tuků a olejů jsou vyhledávány i druhy technické, vhodné pro oleochemický průmysl.

Rozsáhlý výzkum, orientovaný na vyhledávání alternativních olejnin, probíhá např. v Indii, Pákistánu, USA, Portugalsku, Francii a zejména v Německu (Institut für Pflanzenbau, Völkensrode), kde dosavadní výsledky shrnul ve vzorně vypravené knižní publikaci Schuster (1992).

V bývalém Československu byly již před druhou světovou válkou a zejména v 50. letech konány pokusy se zavedením vybraných druhů alternativních olejnin (např. lníčka, saflor) do kultury, někdy i na velkých plochách (zkušenosti z tohoto období mají zejména prof. A. Fábry a ing. K. Hannich), ale postupně byly z různých důvodů opuštěny.

Oživení v tomto směru nastalo v ČR až v posledních letech v souvislosti se změnami způsobu hospodaření, se snahami o omezení používání chemických prostředků v zemědělství a částečně i s požadavky zpracovatelského průmyslu. Výzkum je však dosud nekoordinovaný a nesoustavný, některé pokusy se uskutečnily na Břeclavsku, v Severočeské hnědouhelné pánvi, ve VÚO Opava a VÚRV Praha-Ruzyně.

Naše pracovní skupina provádí maloplošné parcelové pokusy s pěstováním vybraných druhů s olejnatými semeny a plody od roku 1991 v areálu ČZU v Praze. Obdobný pokus probíhal v roce 1992 a 1993 v Táboře (Říčka, 1994). V tomto příspěvku shrnujeme tříleté výsledky rozborů olejnatosti deseti druhů s poznámkami k jejich agrotechnice a biologii.

MATERIÁL A METODA

Osivo bylo získáno z několika zdrojů, především z různých botanických zahrad, dále ze zemědělské univerzity ve Vídni, VÚFB v Praze aj. Pracovali jsme s těmito druhy:

1. *Calendula officinalis* L. – měsíček lékařský
2. *Camelina sativa* (L.) Crantz subsp. *sativa* – lníčka setá pravá
3. *Carthamus tinctorius* L. – světlíce barvířská, saflor
4. *Crambe abyssinica* Hochst. – katrán habešský
5. *Tithymalus lathyris* (L.) Scop. – pryšec skočcový (syn. *Euphorbia lathyris* L.)
6. *Lallemantia iberica* (Bieb.) Fisch. et Mey. – lallemantie iberská, olejníčka
7. *Linum usitatissimum* L. Antares – len setý olejný
8. *Lupinus mutabilis* Sweet – vlní bob proměnlivý
9. *Silybum marianum* (L.) Gaertn. – ostropestřec mariánský
10. *Amaranthus cruentus* L. R 124 – laskavec krvavý

Na polním pozemku ČZU v Praze byly výsevy realizovány ve druhé polovině dubna (16. 4. 1991, 28. 4. 1992, 21. 4. 1993), v Táboře 1. 5. 1992 a 1993. Velikost parcel jednodřevých druhů činila 2 x 4 m, vzdálenost řádek 12,5 cm, u pryšce skočcového, vlního bobu proměnlivého a laskavce krvavého 25 cm. Klimatickou a pedologickou charakteristiku lokalit vyjadřuje tento přehled:

Lokalita	Praha	Tábor
Nadmořská výška (m)	286	441
Průměrná roční teplota (°C)	9,2	7,3
Průměrné srážky (mm)	510	602
Klimatický okresek	mírně teplý, mírně suchý, s převládající mírnou zimou	mírně teplý, mírně vlhký, s mírnou zimou, pahorkatinový
Půdní typ	hnědozem na spraši	hnědá půda
Půda	písčitohlinitá, neutrální	hlinitá až jílovitohlinitá, mírně kyselá

Rok 1991 byl srážkově silně podprůměrný (335,5 mm) po celé vegetační období a teplotně průměrný; rok 1992 srážkově s výjimkou června podprůměrný (436,3 mm) a teplotně po celou vegetační dobu nadprůměrný; rok 1993 srážkově průměrný (514,5 mm) se značným deficitem v dubnu a květnu a teplotně nadprůměrný s podstatně vyššími průměrnými teplotami právě v těchto měsících.

Během vegetace byly pokusy průběžně ošetřovány (kypření, pletí, za sucha zalívka) a zaznamenávány agronomicky podstatné fenofáze. Podle zralosti jsme sklízeli semena a plody ručně, některé druhy byly zpracovány na stacionární mlátičce.

Rozbory olejnatosti semen byly realizovány v laboratoři Katedry rostlinné výroby ČZU v Praze Soxhletovou metodou, částečně byl proveden i rozbor mastných kyselin metodou plynové chromatografie ve formě metylesteru.

Z rozsahových důvodů neuvádíme morfologickou charakteristiku druhů a jejich systematické zařazení, které byly u nejvýznamnějších druhů již publikovány.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Calendula officinalis

Prastará léčivá i dekorativní bylina původem pravděpodobně z mediteránu. Naše rozborové olejnatosti nažek (19,9 %) jsou v korelaci s výsledky jiných autorů uvádějících kolem 20 %.

Měsíček se v polních podmínkách pěstuje jako jednoletý, ale při mírných zimách některé rostliny přežívají. Dobře prospívá na hlubších půdách (tzv. ve staré síle). Pokusy na Slovensku prokázaly, že minerální hnojiva v různých kombinacích neovlivňují ani tvorbu sušiny, ani oleje (Dovjak, Gromová, 1988).

Problémem zatím zůstává ruční sklizeň plodů, neboť úbory rozkvétají postupně a tvarově velmi proměnlivé nažky (heterokarpie) dozrávají nesterálně a zralé snadno vypadávají.

Camelina sativa

Jedna z nejstarších kulturních rostlin původem pravděpodobně z Přední Asie a jihovýchodní Evropy. Jej

I. Obsah oleje v procentech – Oil content in percentage (1991 to 1993)

Druh ¹	1991	1992		1993		Průměr ² 1991–1993
	Praha	Tábor	Suchdol	Tábor	Suchdol	
<i>Amaranthus cruentus</i>	7,6		9,0	4,99	5,42	6,8
<i>Calendula officinalis</i>	17,1	21,34	21,35	17,95	21,96	19,9
<i>Camelina sativa</i> Boha		32,87	33,66	26,75		31,1
<i>Carthamus tinctorius</i>	23,0	19,72	24,73	20,06	20,95	21,7
<i>Crambe abyssinica</i>	32,8	25,27	25,77	32,26		29,0
<i>Euphorbia lathyris</i>	49,6	47,0	52,25	45,99	50,77	49,2
<i>Lallemantia iberica</i>	32,5	28,95	31,57	19,07	19,97	26,4
<i>Linum usitatissimum</i> Antares		33,36	37,49	32,55	34,3	34,4
<i>Lupinus mutabilis</i>	15,3	8,57	11,5	9,49	12,96	11,6
<i>Silybum marianum</i>	22,0	28,83	17,52	29,07	25,23	24,5

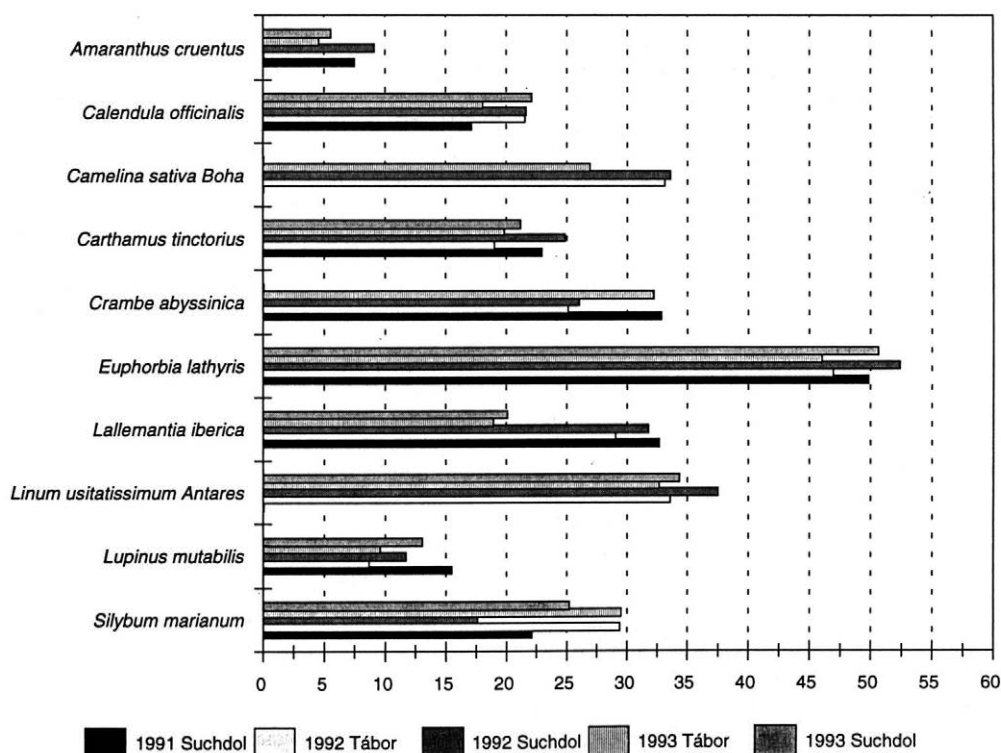
¹species, ²average

kultura byla doporučována na Moravě již v roce 1847 a v letech 1935 až 1936 uskutečnila semenářská sekce Zemského výzkumného ústavu zemědělského v Brně pokus na čtyřech lokalitách v různých výrobních oblastech s příznivými výsledky (Chmelař, Šimon, 1937).

V 50. letech se u nás pěstovala asi na 3 000 ha, postupně však byla opuštěna. Po vyšlechtění nových odrůd se nyní rozšiřuje jako alternativní olejovina v zemích západní Evropy, např. v Dánsku, kde je lničkový olej doporučován i pro lidskou výživu (Zubr, 1992)

a lničkové pokrutiny tam byly úspěšně vyzkoušeny jako ekvivalentní zdroj bílkovin v krmivu pro nosnice ve srovnání se sójovými pokrutinami.

Naše pokusy prokázaly průměrnou olejnatost přes 30 %, ačkoli se v literatuře uvádí rozmezí až 42 %. Rozbory oleje v různých státech však prokázaly vysoký podíl kyseliny linolenové (35 až 40 %) a eikosenové (15 až 20 %), takže olej bude zřejmě využíván hlavně k technickým účelům. Podrobnější informace o lničce byly nedávno publikovány (Zelený, Baranýk, 1993).



I. Olejnatost semen některých druhů rostlin – Oil content of seeds of some plant species

Rovněž jedna z velmi starých kulturních rostlin nejasného původu, pěstovaná např. v Egyptě již ve druhém tisíciletí před n. l. Olejnatost nažek se udává v rozmezí 25 až 35 %, průměr našich zjištění je nižší (21,7 %). Olej obsahuje 63 až 80 % kyseliny linolové (vitamin F) a je tedy velmi vhodný i pro lidskou výživu. Vedle toho má i význam technický. Poněkud problematické je zatím odslupkování nažek. Anatomii jejich oplodí jsme věnovali podrobnou práci (Zelený, Hořejš, 1994).

Na jižní Moravě se pěstují nyní některé odrůdy safloru i pro okrasu. Současný stav výzkumu a pěstování safloru v ČR popisují Zelený, Baranyk (1992). Pokus s výsevem o různé hustotě rostlin s cílem zjištění optimálního výnosu nažek provedl v Červeném Újezdě Řiřica (1994).

Crambe abyssinica

Druh původem z Etiopie a východního Středozeří. U nás se kdysi pěstoval jako alternativní olejina, např. za vyzimovanou řepku. Olejnatost nažek s oplodím se uvádí v rozmezí 31 až 45 %, v našem pokusu byl průměr u dolní hranice (29,2 %).

Olej obsahuje nejvyšší podíl kyseliny erukové ze všech známých olejnin (55 až 62 %), proto se využíval jako technický (polyamidová vlákna, pryskyřice, mazadla pro trysková letadla aj.). S tím kontrastuje relativně nízký obsah kyseliny α -linolenové, což Zohara et al. (1991) považují za vztah negativní korelace podobně, jako je tomu u hořčice. K výhodám ktránu patří krátká vegetační doba (80 až 90 dní), nízké nároky na stanoviště a odolnost vůči suchu. Při krmení šrotem je nepřijatelný vyšší obsah glukosinolatů (12 až 14 %). Poměrně nízké výnosy semene (0,2 až 0,3 t.ha⁻¹) ukazují na nutnost prošlechtění. Nať ktránu lze zkrmovat (strnisková plodina). Také u tohoto druhu provedl Řiřica (1994) pokus s výsevem o různé hustotě rostlin.

Tithymalus lathyris

Jednoletý, ozimý i víceletý druh původem pravděpodobně ze Středozeří a Přední Asie, u nás často pěstovaný jako okrasný. Velká soudečkovitá semena byla nejolejnější ze všech námi studovaných druhů (průměrně 49,2 %, v roce 1992 dokonce 52,5 %); tyto výsledky jsou při horní hranici výsledků z literárních údajů.

V Evropě byla semena kdysi využívána k výrobě oleje do lamp. Dnes se olej používá např. při výrobě mýdel, detergentů, mazadel, barev apod. Značný význam má i latex v celé rostlině, který se zápalnou hodnotou vyrovná motorové naftě. Rychle rostoucí pryšec skočcový se z tohoto důvodu může stát i významnou energetickou plodinou.

Semena i latex však obsahují oligocyklické diterpenestery dráždivé pokožku, které mohou podmínit i ná-

dorové bujení. Při vnitřním použití způsobují těžké poškození zažívacího traktu. Rühl (1993) však uvádí na základě nových výzkumů, že diterpenestery se rozkládají při lisování semen již při teplotě 70 °C, čímž se riziko značně omezuje.

Citovaný autor udává podle pokusů výzkumného ústavu ve Völknerode průměrný výnos semene u vyselektovaných jednoletých genotypů 2,16 t.ha⁻¹ s olejnatostí 48 %, v jiném pokusu dokonce 2,39 t.ha⁻¹. Spolu s jinými energeticky významnými druhy pěstují pryšec skočcový např. v Changins ve Švýcarsku, kde dosáhli výnosu semene 1,5 až 1,8 t.ha⁻¹ při olejnatosti 51 % (Reust, 1992).

V našem pokusu skočec vzcházal poněkud nerovnoměrně (nestejná dormance), ale pak rostl vcelku dobře. Problematický byl sběr semen z velmi nestejně dozrávajících tobolek. Tímto směrem se nyní orientuje šlechtění zaměřené dále na ozimé genotypy, zkrácení vegetační doby a stejnoměrný vzrůst rostlin. Důležité je i dorešení techniky sklizně, s níž mají zřejmě největší zkušenosti v Německu.

Lallemantia iberica

V protikladu k druhovému jménu pochází z Přední Asie a Zakavkazí. Dříve se pěstovala na velkých plochách v Arménii, pokusně také v jižních částech Ruska. Do střední Evropy byla zavedena asi v roce 1870, ale zřejmě se nikde nepěstovala na větších plochách. Výnos semene (přepočtem) se pohyboval mezi 0,5 až 1,5 t.ha⁻¹. Schuster (1992) udává, že tvrdky obsahují 24 až 38 % oleje, 21 až 27 % bílkovin, 15 až 22 % BNLV, 16 až 20 % vlákniny. Hondelmann, Dambroth (1987) zjistili průměrnou olejnatost 30,2 %. Naše pokusy ukázaly průměrnou olejnatost 26,4 %, tedy u dolní hranice uváděného rozpětí. Olej má vysoký podíl kyseliny α -linolenové (50 až 67 %) i linolové (22 až 36 %), 1 až 10 % kyseliny olejové, 8 až 12 % nasycených mastných kyselin. Patří k vysychavým olejům využívaným zejména pro výrobu barev, laků a linolea.

Lalemancie má krátkou vegetační dobu, někdy dozrává již tři měsíce po výsevu, takže je vhodnou předplodinou. Nevýhodou je snadné vypadávaní zralých tvrdků, z nichž nám např. v roce 1991 ještě do podzimu vyrostly dospělé kvetoucí rostliny, ale plody již nedozrály. Špatně snáší déle trávající deštivé počasí, při němž poléhá a může být napadena houbami (např. *Alternaria* sp.). Využitelné jsou i pokrutiny, eventuálně i nať jako krmivo horší kvality. Druh je dosud zcela neprošlechtěný.

Linum usitatissimum

Výsev této tradiční textilní i olejné plodiny vzniklé snad v Přední Asii z *Linum angustifolium* se od konce 50. let postupně snižoval nejen v bývalém Československu, ale např. i v obou tehdejších německých stá-

tech. Teprve obnovený zájem oleochemického průmyslu o suroviny k výrobě tiskařských a jiných barev, laků, fermeží, linolea, stabilizátorů PVC a jiných materiálů vedl ke zvýšené potřebě lněného oleje, a tím k rozšíření osevních ploch ES. U nás se pěstování lněného lnu ověřuje v poloprodučních podmínkách od roku 1971, ve větší míře se podporuje asi v posledních pěti letech, ovšem pro nízké nákupní ceny o něj pěstitelé nejeví zájem. Podobnou situaci vyřešili v Německu státní dotací (Gramlow et al., 1991).

Málo vyšlechtěných odrůd se projevuje i v poměrně nízkých výnosech semene v rozmezí asi 1,6 až 2,2 t.ha⁻¹, mimořádně až do 4 t.ha⁻¹. Semena obsahují 30 až 48 % oleje bohatého na nenasycené mastné kyseliny, zvláště kyselinu α -linolenovou (40 až 68 %), kterou lze získat s technickou čistotou až přes 95 %. V našich pokusech měla odrůda Antares olejnatost 34,4 %.

Rostliny lněného i řádného lnu vytvářejí silný hlavní kořen pronikající hluboko do půdy a umožňující tak přežít rostlinu i v suchých obdobích, což se projevilo i v našich pokusech v suchých letech 1991 a 1992. Olejný len je tedy dobře použitelný i v suchších xerothermních oblastech, např. v Podkrušnohorské pánvi, ovšem vyššího výkonu dosahuje na hlubokých půdách s neutrální půdní reakcí (Honermeier, 1991).

Lupinus mutabilis

Pochází z vysokých poloh And (Ekvádor, Peru, Bolívie), kde ho Indiáni pěstovali již před naším letopočtem. Vznikl pravděpodobně hybridizací několika druhů. V Evropě se ve větší míře šlechtí asi od roku 1984. Průměrnou olejnatost uvádí Schuster (1992) mezi 15 až 23 %, v našich pokusech byla jen 11,6 %. Olej má vysoký podíl kyseliny olejové (30 až 60 %) a linolové (20 až 48 %), je použitelný jako jedlý i technický. Podle našich zkušeností má tento druh v našich podmínkách většinu agronomicky významných vlastností kladných. Patří k nim především tolerance k suchu a vysokým teplotám a tvorba velkého množství zelené hmoty. Druh se proto využívá i jako pícnina. Podrobnější údaje nedávno zveřejnili Zelený et al. (1994).

Silybum marianum

Původem pravděpodobně z východního Středomoří a Přední Asie, často se pěstuje pro okrasu v zahradách a místy zplaňuje. U nás je zpravidla jednoletý nebo ozimý, v mediteránu s deštivou zimou dvouletý. Nažky obsahují asi 26 až 28 % bílkovin, asi 25 až 35 % oleje s vysokým podílem kyseliny linolové (55 až 72 %) a olejové (15 až 26 %) a 8 až 12 % nasycených mastných kyselin (Schuster, 1992). Naše pokusy ukázaly průměrnou olejnatost jen 24,5 %. Značné rozdíly v olejnatosti jsou způsobovány rozdíly v době sklizně zralých nažek. Je nutné zpracovávat materiál dokonale biologicky zralý. Olej je vysoce kvalitní, podobný saflorovému,

rafinace jako u řepky. V nažkách je soustředěno i několik flavolignanů uváděných společně pod názvem silymarinový komplex, v němž je nositelem terapeutických účinků silybin. Farmaceutický průmysl má o tento druh velký zájem, neboť používá nažky k výrobě preparátů na léčení jater, žlučníku a slinivky břišní (naš přípravek Flavobion, německý Legalon od firmy Madaus).

V polních podmínkách roste druh dobře, potíže činí jen předčasné vypadávaní zralých nažek. Ty jsou klíčivé mnoho let, čímž vzniká potenciální nebezpečí porušení odrůdové čistoty při změně odrůd tohoto druhu na stejných plochách.

Amaranthus cruentus

Některé laskavce z tropické Jižní Ameriky patří k tradičním užitkovým rostlinám Inků. Pěstují se jak pro semeno (*Amaranthus cruentus*, *A. caudatus*, *A. hypochondriacus*), tak pro listy využívané na saláty i krmivo (*A. cruentus*, *A. dubius*, *A. hybridus*, *A. tricolor*, *A. lividus*). Velmi drobné semeno laskavců (HTS 0,3 až 0,9 g) má vysokou nutriční hodnotu srovnatelnou se základními obilovinami, neboť ve 100 g semen je obsaženo 16 g bílkovin, 4,2 g vlákniny, 5 až 10 % olejů, 310 mg hořčíku, 250 mg vápníku; listy mají vysoký obsah železa a vápníku (Ruskin, 1984). Naše pokusy ukázaly průměrnou olejnatost 6,8 %.

Laskavcová mouka se dá využít k pečení stejně jako mouka z obilovin, vyrábějí se z ní těstoviny, různé pochutiny (např. křupky), přidává se do mléčných kaší, jogurtů, polévek atd. Touto výrobou se u nás zabývá např. podnik Bohemia Amaranth v Olomouci. Problematice pěstování a využití laskavců byla věnována odborná mezinárodní konference konaná v srpnu 1994 na Univerzitě F. Palackého v Olomouci.

Kultura nečiní obtíže, problematické je jen postupné dozrávání drobných tobolek, takže doba sklizně je značně dlouhá a pozdě zrající rostliny je nutné posekat a dosoušet. Pro větší plochy by musel být dořešen způsob sklizně. Zkušenosti tohoto druhu má v ČR např. ZD Velká Bystřice (okres Olomouc).

K zavádění nových alternativních olejnin je vedle dořešení jejich agronomických nedostatků (odstranitelné šlechtěním) nezbytný průzkum trhu, zabezpečení jejich rychlého zpracování v potravinářském průmyslu, inovace technických zařízení a kooperace s jinými druhy průmyslu, v nichž lze tyto cenné přírodní suroviny plně využít (Tayler, 1989).

LITERATURA

DOVJAK, V. – GROMOVÁ, Z.: Vplyv minerálneho hnojenia na úrodu sušiny, drogy, obsah živín a ich čerpanie rastlinami nechtíka lekárskeho (*Calendula officinalis* L.). Poľnohospodárstvo, 34, 1988 (2): 156–167.

- GRAMLOW, J. – STÜLLEIN, G. – MAKOWSKI, N.: Lein – eine pflanzenbauliche Alternative in den neuen Bundesländern. *Feldwirtschaft*, 32, 1991 (4): 187–188.
- HONDELMANN, W. – DAMBROTH, M.: Identifizierung und Evaluierung von samenölhaltigen Wildarten der Krautflora als potentielle Nutzpflanzen für die Gewinnung von Industriegrundstoffen. *Landbauforsch. Völkenrode*, 37, 1987 (4): 189–200.
- HONERMEIER, B.: Aktuelles zum Anbau von Öllein. *Feldwirtschaft*, 32, 1991 (4): 189–190.
- CHMELÁŘ, J. – ŠIMON, V.: Vyhledky na pěstování v Československu u hořčice, lničky a olejné ředkve podle pokusů v letech 1935–1936. In: *Sbor. Čs. Akad. Zeměd.*, 12, 1937: 22–31.
- KOHEL, J. – ČERMÁK, P. – DEDERA, F.: Zpráva o výsledcích prováděného výzkumu na vybraných lokalitách antropogenních půd a výsypkových substrátů v oblasti SHR. [Výroční zpráva.] Praha, VÚMOP 1993.
- REUST, W.: Cultures énergétiques et diversification: rendement du topinambour, du sorgho, sucre et d'une euphorbe oléagineuse. *Rev. Suisse Agric.*, 24, 1992 (3): 165–172.
- RÜHL, G.: Potentielle Industriepflanzen für die Erzeugung besonderer Fett-säuren. *Landbauforsch. Völkenrode*, 43, 1993 (1): 17–26.
- RUSKIN, F. R. (ed.): *Amaranth. Modern prospect for an ancient crop*. Washington, 1984.
- ŘÍČICA, L.: Sledování vybraných aspektů pěstování alternativních olejnin. [Diplomová práce.]. 1994. – AF VŠZ.
- SCHUSTER, W. H.: *Ölpflanzen in Europe*. Frankfurt a. M., 1992.
- TAYLER, R. S.: Alternative crops for Europe. In: WICKENS, G. E. – HAQ, N. – DAY, P.: *New crops for food and industry*. London, New York, 1989: 185–193.
- ZELENÝ, V. – BARANYK, P.: Staronová olejнина – saflor. *Úroda*, 1992 (7): 323–326.
- ZELENÝ, V. – BARANYK, P.: Lnička – jedna z nejstarších užitkových rostlin. *Úroda*, 1993 (10–11): 328–331.
- ZELENÝ, V. – HOŘEJŠ, P.: Anatomie plodů světlice barvířské. In: *Sbor. Vys. Šk. zeměd. Praha*, 56, 1994: 17–23.
- ZELENÝ, V. – ZUKALOVÁ, H. – BARANYK, P.: Vließ bob proměnlivý – jihoamerická novinka. *Úroda*, 1994 (11): 6–7.
- ZOHARA, Y. et al.: Differences in fatty acid composition of oils of wild *Cruciferae* seed. *Phytochemistry*, 30, 1991 (3): 841–843.
- ZUBR, J.: New vegetable oil for food application. *Agro-Food-Industry Hi-Tech*, 1992 (7–8): 24–26.

Došlo 28. 11. 1994

Kontaktní adresa:

Ing. Petr Baranyk, CSc., Česká zemědělská univerzita, Česká republika, 165 21 Praha 6-Suchbát, tel.: 02/338 25 44, fax: 02/34 44 18

**Nejčerstvější informace o časopiseckých člancích
poskytuje automatizovaný systém**

Current Contents

na disketách

Ústřední zemědělská a lesnická knihovna odebírá časopis „**Current Contents**“ řadu „**Agriculture, Biology and Environmental Sciences**“ a řadu „**Life Sciences**“ na disketách. Řada „**Agriculture, Biology and Environmental Sciences**“ je od roku 1994 k dispozici i s abstrakty. Obě tyto řady vycházejí 52krát ročně a zahrnují všechny významné časopisy a pokračovací sborníky z uvedených oborů.

Uložení informací z **Current Contents** na disketách umožňuje nejrozmanitější referenční služby z prakticky nejčerstvějších literárních pramenů, neboť báze dat je **doplňována každý týden** a neprodleně expedována odběratelům. V systému si lze nejen prohlížet jednotlivá čísla **Current Contents**, ale po přesném nadefinování sledovaného profilu je možné adresně vyhledávat informace, tisknout je nebo kopírovat na disketu s možností dalšího zpracování na vlastním počítači. Systém umožňuje i tisk žádank o separát apod. Kumulované vyhledávání v šesti číslech **Current Contents** najednou velice urychluje rešeršní práci.

Přístup k informacím Current Contents je umožněn dvojím způsobem:

- 1) Zakázkový přístup** – po vyplnění příslušného zakázkového listu (objednávky) je vhodný především pro mimopražské zájemce.

Finanční podmínky: – použití PC – 15 Kč za každou započatou půlhodinu

– odborná obsluha – 10 Kč za 10 minut práce

– vytištění rešerše – 1 Kč za 1 stranu A4

– žádanky o separát – 1 Kč za 1 kus

– poštovné + režijní poplatek 15 %

- 2) „Self-service“** – samoobslužná práce na osobním počítači v ÚZLK.

Finanční podmínky jsou obdobné. Vzhledem k tomu, že si uživatel zpracovává rešerši sám, je to maximálně úsporné. (Do kalkulace cen nezapočítáváme cenu programu a databáze **Current Contents**.)

V případě Vašeho zájmu o tyto služby se obraťte na adresu:

Ústřední zemědělská a lesnická knihovna

Dr. Bartošová

Slezská 7

120 56 Praha 2

Tel.: 02/25 75 41, l. 520, fax: 02/25 70 90

Na této adrese obdržíte bližší informace a získáte formuláře pro objednávku zakázkové služby. V případě „self-servisu“ je vhodné se předem telefonicky objednat. V případě zájmu je možné si objednat i průběžné sledování profilu (cena se podle složitosti zadání pohybuje čtvrtletně kolem 100 až 150 Kč).

Oznamujeme čtenářům a autorům našeho časopisu,

že v návaznosti na časopis *Scientia agriculturae bohemoslovaca*, který až do roku 1992 vycházel v Ústavu vědeckotechnických informací Praha, vydává od roku 1994

Česká zemědělská univerzita v Praze

časopis

SCIENTIA AGRICULTURAE BOHEMICA

Časopis si zachovává původní koncepci reprezentace naší vědy (zemědělství, lesnictví, potravinářství) v zahraničí a jeho obsahem budou původní vědecké práce uveřejňované v angličtině s rozšířenými souhrny v češtině.

Časopis je otevřen nejširší vědecké veřejnosti a redakční rada nabízí možnost publikace pracovníkům vysokých škol, výzkumných ústavů a dalších institucí vědecké základny.

Příspěvky do časopisu (v angličtině, popř. v češtině či slovenštině) posílejte na adresu:

**Česká zemědělská univerzita v Praze
Redakce časopisu *Scientia agriculturae bohemica*
165 21 Praha 6-Suchbát**

POKYNY PRO AUTORY

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

OBSAH - CONTENTS

Škoda V., Horák L.: Vztahy mezi průběhem počasí, vlhkostí a orebními odpory – Relation between weather course, soil moisture and plough resistance	393
Kolář L., Ledvina R.: Frakční složení fosforu v erozních smyvech ve vztahu k agrochemickým opatřením v povodí – Composition of phosphorus fractions in erosive denudations in relation to agrochemical treatments in a catchment area	397
Kotorová D., Hisemová A.: Vplyv predplodín na fyzikálne vlastnosti pôdy a výskyt dážďoviek (<i>Lumbricidae</i>) – The effect of forecrops on physical soil properties and occurrence of earthworms (<i>Lumbricidae</i>)	401
Skala J., Vrkoč F., Suškevič M.: Vliv stanovišť a různého dlouhodobého hnojení na agrochemické vlastnosti půdy a obsah některých rizikových prvků v půdě – The effect of sites and different long-term fertilization on agrochemical soil properties and the content of some hazardous elements in soil	407
Růžek L.: Soil microbial biomass-C and mathematical model for topsoil microbial evaluation – Biomasa půdních mikroorganismů a evaluace mikrobiálního oživení orniční vrstvy pomocí matematického modelu	415
Mikanová O., Kubát J., Voříšek K., Randová D.: Schopnost kmenů <i>Rhizobium leguminosarum</i> zpřístupňovat fosfor – The capacity of the strains <i>Rhizobium leguminosarum</i> to make phosphorus available	423
Balík J., Vaněk V., Pavlíková D., Přibyl A.: Změny obsahu dusíku a uhlíku v půdě při opakovaném pěstování silážní kukuřice a různém dusíkatém hnojení – Changes in nitrogen and carbon contents in repeated cultivation of silage maize and different nitrogen fertilization	427
Baranyk P., Zelený V., Zukalová H., Hořejš P.: Olejnatost vybraných druhů alternativních olejnin – Oil content of some species of alternative oil plants	433