

ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH
INFORMACÍ

ROSTLINNÁ VÝROBA

PLANT PRODUCTION

4

ČÍSLO 40 (LXVII)
ROK 1994
ISSN 0370-663X

ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD
SLOVENSKÁ AKADÉMIA PÔDOHOSPODÁRSKÝCH VIED

ROSTLINNÁ VÝROBA

PLANT PRODUCTION

VOLUME 40 (1994)

Redakční rada - Editorial Board

Předseda - Chairman

Doc. ing. Josef Š i m o n , CSc. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně, ČR)

Členové - Members

Doc. ing. Pavol B a j č i , CSc. (Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra, SR)

Prof. dr. Márta B i r k á s (Agrártudományi Egyetem, Gödöllő, Hungária)

Ing. Helena D o n á t o v á , CSc. (Vysoká škola zemědělská, Praha, ČR)

Prof. ing. Václav F r i c , DrSc. (Vysoká škola zemědělská, Praha, ČR)

Ing. Jozef H a b o v š t i a k , CSc. (Výskumný ústav lúk a pasienkov, pracovisko Krivá na Orave, SR)

Ing. Alois C h a l u p a , CSc. (Výzkumný ústav technických plodin a luskovin, Šumperk, ČR)

Ing. Bohdan J u r á n i , CSc. (Univerzita Komenského, Bratislava, SR)

Prof. dr. Günter K a h n t (Universität Hohenheim, Stuttgart, BRD)

Prof. ing. Josef K o z á k , DrSc. (Vysoká škola zemědělská, Praha, ČR)

Prof. ing. Vladimír K r a j č o v i č (Výskumný ústav lúk a pasienkov, Banská Bystrica, SR)

Prof. ing. Lubomír M i n x , DrSc. (Vysoká škola zemědělská, Brno, ČR)

Ing. Timotej M i š t i n a , CSc. (Výskumný ústav rastlinnej výroby, Piešťany, SR)

Dr. Peter N e w b o u l d (The Macaulay Land Use Research Institute, Aberdeen, Scotland, UK)

Ir. Cees v a n O u w e r k e r k (Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren Gn, Nederland)

Ing. Josef P a ř í z e k (ZEAINVENT, a. s., Trnava, SR)

Ing. Jaromír P r o c h á z k a , CSc. (Výzkumný ústav pícninářský, Troubsko u Brna, ČR)

Prof. ing. Stanislav P r o c h á z k a , DrSc. (Vysoká škola zemědělská, Brno, ČR)

Doc. ing. Vlastimil R a s o c h a , CSc. (Výzkumný ústav bramborářský, Havlíčkův Brod, ČR)

Prof. ing. Jozef R e p k a , DrSc. (Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra, SR)

Doc. ing. Ladislav S l a v í k , DrSc. (Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, ČR)

Doc. ing. Miron S u š k e v i č , DrSc. (Výzkumný ústav ekoagrotechniky, Hrušovany u Brna, ČR)

Prof. ing. Václav V a n ě k , DrSc. (Vysoká škola zemědělská, Praha, ČR)

Ing. Marie V á ň o v á , CSc. (Výzkumný ústav obilnářský, Kroměříž, ČR)

Ing. Jaroslav V o š k e r u š a , CSc. (Výzkumný ústav olejnin, Opava, ČR)

Doc. ing. František V r k o č , DrSc. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně, ČR)

Prof. dr. hab. Kazimiera Z a w i ś l a k (Akademia Rolniczo-Techniczna, Olsztyn, Polska)

Vedoucí redaktorka - Editor-in-Chief

RNDr. Eva S t ř í b r n á

PROFILOVÁ DISTRIBUCE FOREM PŮDNÍHO FOSFORU V ZÁVISLOSTI NA STUPNI ANTROPOGENNÍHO OVLIVNĚNÍ

J. Kalčík, H. Šantrůčková

Ústav půdní biologie AV ČR, České Budějovice

V půdních vzorcích odebraných na poli, úhoru, louce a v lese v šesti vrstvách do hloubky 50 cm byl stanoven obsah celkového, organického a minerálního fosforu, fosforu v půdní mikrobiální biomase, vodorozpustného, přístupného a pohyblivého fosforu. V půdách ovlivněných intenzivním obhospodařováním (pole, úhor) byl stanoven vyšší obsah všech sledovaných forem fosforu i jeho vyšší dostupnost než v půdách neobhospodařovaných (louka a les). Na poli se zřetelně projevila hranice mezi orníční a podorníční vrstvou, kde došlo u všech sledovaných forem fosforu k výraznému poklesu. Na úhoru, kde bylo obhospodařování ukončeno čtyři roky před odběrem vzorků, nebyly sice zjištěny výrazné rozdíly mezi orníci a podorníci, ale průměrné hodnoty z celého půdního profilu prokazovaly vliv obhospodařování ještě čtyři roky po jeho skončení. Ze sledovaných veličin odrážely na studovaných lokalitách nejcitlivěji rozdílnou intenzitu antropogenního působení podíl mikrobiálního fosforu v organickém fosforu a všechny ukazatele dostupnosti fosforu v půdě.

Fosfor existuje v půdě v různých anorganických a organických formách, které jsou převážně nerozpustné nebo rozpustné velmi špatně. Labilní anorganické a organické formy fosforu tvoří jen malou část z celkového množství přítomného fosforu v půdě (S c h o e n a u et al., 1989), a tak jeho uvolňování pro potřeby rostlin je závislé na rozpouštění forem anorganických a mineralizaci forem organických. Mineralizace je určována především aktivitou půdních mikroorganismů, které jsou nejen důležitým článkem přeměny fosforu v půdě, ale současně jsou jeho důležitým zdrojem a zásobárnou (T a t e , 1985).

Rozdělení fosforu a jeho jednotlivých forem v půdním profilu ovlivňuje řada faktorů, mezi které patří půdní typ, klimatické podmínky (teplota a vlhkost), vegetační kryt (jeho kvalita i kvantita), prostorová variabilita půd a antropogenní činnost. Z antropogenní činnosti se na fosforečném režimu půd nejvíce odráží intenzivní obhospodařování spojené s vysokými dávkami minerálních hnojiv.

Důsledkem dlouhodobé kultivace půdy a systematického hnojení je poměrně výrazná diferenciacie fosforu v půdním profilu (K o b z a , 1984). Ve většině půd ubývá poměrná část půdního fosforu vázaného do labilních forem směrem z povrchu k podpovrchovým horizontům. Tento úbytek je o to větší, čím intenzivnější je antropogenní působení na dané lokalitě (L a u e r , 1988; H o n e y c u t t et al.,

1990). Procesy, které ovlivňují koloběh fosforu prostřednictvím půdní mikroflóry, jsou pravděpodobně nejefektivnější v povrchových horizontech, kde jsou koncentrovány kořeny rostlin a kde je nejvyšší biologická aktivita (Walker, Syers, 1976).

Cílem práce bylo rozšířit poznatky o skladbě a obsahu fosforu v půdním profilu v závislosti na stupni zemědělského obhospodařování. Zaměřili jsme se jednak na stanovení celkového, minerálního, organického a mikrobiálního fosforu, jednak na stanovení dostupnosti fosforu v šesti vrstvách půdy do hloubky 50 cm na poli, úhoru, louce a v lese.

MATERIÁL A METODA

Pokusy proběhly na pokusných plochách ÚPB AV ČR, které se nacházejí v katastru obce Chelčice (pole, úhor, louka) a města Netolice (les) v klimatické oblasti charakterizované průměrným ročním úhrnem srážek 605 mm a průměrnou roční teplotou 7,3 °C. Pole je intenzivně obhospodařovaný pozemek, na kterém jsou prováděny běžné agrotechnické zásahy včetně každoročního přihnojování NPK v přepočtené dávce 50 kg N, 80 kg P₂O₅ a 80 kg K₂O na 1 ha. Geologické podloží tvoří biotitický migmatit flebit stomatitového typu či leukokratní migmatit (Matějka, 1987). Půdní typ je kambizem s orničním horizontem do hloubky 20 cm. V roce 1988 byl na poli pěstován jarní ječmen, v roce 1989 oves s podsevem jetele. Úhor je opuštěné pole, které bylo zemědělsky využíváno do roku 1985. Geologická charakteristika je shodná s předchozí plochou. Půdním typem je kambizem. Na původně monogenním orničním horizontu se s rozvojem vegetačního krytu vytvořila slabá vrstvička postupně se rozkládajících rostlinných zbytků (Tajovský, 1989). Louka byla obhospodařována jako pole do let 1975 až 1977. Do roku 1985 byla kosena, ale nehnojena. Geologické podloží tvoří leukokratní migmatit převážně překrytý splachovými hlínami (Matějka, 1987). Půdním typem je kambizem s náznaky oglejení. Pod slabou vrstvou travního opadu (několik mm) leží asi 1 cm silná vrstva rozkládajících se rostlinných zbytků (drť) postupně přecházející do mineralizovanějších vrstev horizontu A. Formu humusu lze charakterizovat jako mul. Silné prokořenění sahá do 15 cm (Tajovský, 1989). Les je kulturní listnatý s víceméně přirozeným druhovým složením s převahou dubu. Geologické podloží tvoří biotitická migmatitizovaná pararula (Matějka, 1987). Půdním typem je kambizem. Pod volným opadem (12 až 15 mm) leží drť tmavě hnědé barvy. Humusový horizont (5 až 15 mm silná vrstva černohnědé barvy) je tvořena exkrementy členovců (arthropodový moder) bez větších zbytků skeletovaných listů. Pod ním následuje přechodná 15 až 30 mm silná vrstva tmavě až světle hnědá (A_B). Horizont B je tvořen okrově hnědou šterko-jílovitou půdou. Kořeny bylinného patra sahají do hloubky 10 cm (Tajovský, 1989). Stručná charakteristika půd je shrnuta v tab. I.

I. Charakteristika půdního profilu – Characteristics of soil profile

	Hloubka ⁵ (cm)	pH/H ₂ O	C _{ox} (%)	N _{tot} * (%)	Zmitostní složení ⁶ * (%)			
					a	b	c	d
Pole ¹	0 - 5	7,47	1,22	0,21	55,7	35,2	3,4	5,7
	5 - 10	7,51	1,16	0,23	55,7	34,1	3,4	6,8
	10 - 20	7,49	1,11	0,22	55,7	35,2	4,5	4,6
	20 - 30	6,77	0,40	0,20	52,3	22,7	14,8	10,2
	30 - 40	6,95	0,39	-	-	-	-	-
	40 - 50	6,20	0,32	-	-	-	-	-
Úhor ²	0 - 5	6,18	1,49	0,23	46,6	39,8	4,5	9,1
	5 - 10	6,54	0,94	0,19	46,6	39,8	5,7	7,9
	10 - 20	6,30	0,66	0,19	48,8	36,4	5,7	9,1
	20 - 30	6,36	0,58	0,11	40,9	40,9	10,2	8,0
	30 - 40	5,79	0,36	-	-	-	-	-
	40 - 50	6,21	0,23	-	-	-	-	-
Louka ³	0 - 5	5,10	1,58	0,32	40,9	47,7	3,4	8,0
	5 - 10	5,19	1,03	0,26	43,2	40,9	4,5	11,4
	10 - 20	5,27	1,17	0,24	50,0	33,0	3,4	13,6
	20 - 30	5,34	0,53	0,14	47,7	33,0	3,4	15,9
	30 - 40	5,52	0,14	-	-	-	-	-
	40 - 50	5,60	0,03	-	-	-	-	-
Les ⁴	A ₀ (listy ⁷)	5,08	19,75	-	-	-	-	-
	A	4,90	12,80	-	-	-	-	-
	0 - 5	4,73	3,50	0,46	44,3	47,7	3,4	4,6
	5 - 10	4,33	1,27	0,21	36,4	53,4	1,1	9,1 ^x
	10 - 20	4,31	1,12	0,21	-	-	-	-
	20 - 30	4,34	0,93	-	-	-	-	-
	30 - 40	4,52	0,39	-	-	-	-	-
	40 - 50	4,56	0,28	-	-	-	-	-
				1,96 L ₀ * 2,42 L ₁ * 1,63 F*				

* - Novák (1992)

a - zmitostní frakce⁸ < 0,25 mm

c - zmitostní frakce 2 - 5 mm

b - zmitostní frakce 0,25 - 2 mm

d - zmitostní frakce > 5 mm

^x - vrstva⁹ 5 - 15 cm¹field, ²fallow, ³meadow, ⁴forest, ⁵depth, ⁶soil texture, ⁷leaves, ⁸size fraction, ⁹layer

Půdní vzorky pro analýzy byly odebrány v říjnu 1989 na poli, úhoru, louce a v lese ze šesti vrstev z hloubky 0 až 5 cm, 5 až 10 cm, 10 až 20 cm, 20 až 30 cm, 30 až 40 cm a 40 až 50 cm. Ke stanovení fosforu v půdní mikrobiální biomase byly použity vlhké vzorky proseté přes 2mm síto a skladované při 4 °C po dobu čtyř týdnů. Pro stanovení ostatních forem fosforu byly vzorky po odběru vysušeny na vzduchu a prosety na velikost částic 1 mm ke stanovení přístupného a vodorozpustného fosforu a 0,25 mm ke stanovení celkového a organického fosforu. Celkový fosfor byl stanoven po mineralizaci vzorku kyselinou chloristou (S o m m e r s , N e l s o n , 1972), organický fosfor postupnou extrakcí půdy kyselinou sírovou a hydroxidem sodným (B o w m a n , 1989), fosfor v půdní mikrobiální biomase fumigační extrakční metodou (B r o o k e s et al., 1982). Přístupný, pohyblivý, vodorozpustný fosfor a rychlost uvolňování fosforu byly stanoveny katexovou metodou (M a c h á č e k , 1986). Minerální fosfor byl vypočten z celkového a organického fosforu. Jednotlivé formy fosforu po převedení na ortofosforečnanový anion byly stanoveny postupem s molybdenanem amonným a kyselinou askorbovou (M u r p h y , R i l e y , 1962; W a t a n a b e , O l s e n , 1965).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Průměrný obsah celkového fosforu (P_{celk}) ve vrstvě 0 až 50 cm (tab. II) byl vyšší na poli a úhoru v porovnání s loukou a lesem. Toto zvýšení P_{celk} se na poli projevilo pouze v ornici (0 až 20 cm), a to pravděpodobně jako důsledek intenzivního obhospodařování, zejména fosforečného hnojení (tab. III). V této vrstvě byl obsah P_{celk} o 38 % vyšší než ve vrstvě 20 až 50 cm. Na úhoru, který byl intenzivně obhospodařován až do roku 1985, byl obsah P_{celk} vysoký v celém půdním profilu. Vysoký obsah P_{celk} ve vrstvě do 20 cm lze vysvětlit přetrvávajícím vlivem předchozího obhospodařování, ale jeho vysoké hodnoty v podorničí nelze blíže objasnit vzhledem k tomu, že nejsou z let do roku 1985 k dispozici údaje o obsahu P_{celk} z těchto lokalit. Na louce a v lese se obsah P_{celk} plynule snižoval od povrchové vrstvy až do 50 cm. Při porovnání s vrstvou 0 až 5 cm se obsah P_{celk} ve vrstvě 40 až 50 cm na louce snížil o 24 % a v lese o 29 %.

Průměrný obsah minerálního fosforu (P_{min}) byl podobně jako obsah P_{celk} vyšší na poli a úhoru než na louce a v lese (tab. II). Tento rozdíl se opět projevil na poli v ornici ovlivněné fosforečným hnojením, kdežto na úhoru nebyl v celém půdním profilu zaznamenán (tab. III). Ačkoliv na všech sledovaných plochách kromě úhoru absolutní hodnoty P_{min} klesaly s hloubkou půdního profilu, jeho podíl v P_{celk} se s hloubkou půdního profilu zvyšoval. V porovnání s vrstvou 0 až 5 cm se ve vrstvě 40 až 50 cm na poli zvýšil podíl P_{min} v P_{celk} o 13 %, na úhoru o 14 %, na louce o 18 % a v lese o 20 %. Je to důsledek změny poměru organického a minerálního fosforu se zvyšujícím se hloubkou profilu v neprospěch organického fosforu.

II. Průměrné hodnoty sledovaných forem fosforu a ukazatelů fosforečného režimu půdy ve vrstvě 0 až 50 cm – Average values of studied forms of phosphorus and indicators of soil phosphorus regime in the layer of 0 to 50 cm

		Pole ¹	Úhor ²	Louka ³	Les ⁴
Celkový fosfor ⁵	(P_{celk} , mg.kg ⁻¹)	694	851	547	433
Organický fosfor ⁶	(P_{org} , mg.kg ⁻¹)	130	105	88	78
Minerální fosfor ⁷	(P_{min} , mg.kg ⁻¹)	564	746	459	355
Mikrobiální fosfor ⁸	(P_{mic} , mg.kg ⁻¹)	16,0	12,0	29,0	20,9
Přístupný fosfor ⁹	($P_v + P_k$, mg.kg ⁻¹)	63,7	35,1	8,1	8,0
Pohyblivý fosfor ¹⁰	(P_k , mg.kg ⁻¹)	49,2	26,2	5,8	4,6
Vodorozpuštěný fosfor ¹¹	(P_v , mg.kg ⁻¹)	14,5	8,9	2,3	3,4
Rychlost uvolňování ¹² $P_v + P_k$	($R_v + R_k$, mg.kg ⁻¹ .min ^{-0,5})	3,95	2,03	0,20	0,21
Rychlost uvolňování P_k	(R_k , mg.kg ⁻¹ .min ^{-0,5})	3,51	1,69	0,14	0,12
Rychlost uvolňování P_v	(R_v , mg.kg ⁻¹ .min ^{-0,5})	0,39	0,34	0,08	0,09

For 1 - 4 see Tab. I, ⁵total phosphorus, ⁶organic phosphorus, ⁷mineral phosphorus, ⁸microbial phosphorus, ⁹available phosphorus, ¹⁰mobile phosphorus, ¹¹water-soluble phosphorus, ¹²rate of release

Průměrný obsah organického fosforu (P_{org}) byl nejvyšší na poli a snižoval se v pořadí úhor, louka a les (tab. II). Na poli se vlivem pravidelné orby obsah P_{org} neměnil do hloubky 20 cm (tab. III), ale ve vrstvě 20 až 30 cm (podornič) jeho obsah klesl na polovinu. Na úhoru došlo k podstatnějiššímu poklesu P_{org} již ve vrstvě 10 až 20 cm. Na louce se P_{org} nesnižoval v silně prokořeněné vrstvě 0 až 20 cm, ale ve vrstvě 20 až 30 cm klesl na polovinu. Pravděpodobně se projevil vliv prokořenění půdního profilu. V lese se projevila výrazná diferenciacie v obsahu P_{org} již mezi humusovou vrstvou (0 až 5 cm) a minerálním horizontem. V průměru se podíl P_{org} v P_{celk} ve vrstvě 0 až 50 cm pohyboval na všech lokalitách mezi 12 % (úhor) a 19 % (pole) a snižoval se s hloubkou půdního profilu v závislosti na obsahu organické hmoty.

Množství fosforu vázaného v mikrobiální biomase (P_{mic}), který je součástí P_{org} , bylo nejvyšší v povrchové vrstvě do 5 cm (tab. II), která byla nejvíce osídlená mikroorganismy (Š a n t r ů č k o v á, 1992) a prokořeněná. Na poli se P_{mic} v ornici neměnil díky každoroční orbě. Na úhoru P_{mic} výrazně klesl už v 10 cm, ale na louce, která má ze sledovaných lokalit nejbohatší kořenový systém, zasahující až do hloubky 20 až 30 cm, byly stanoveny vysoké hodnoty P_{mic} až do 30 cm. V průměru se obsah P_{mic} podílel na obsahu P_{org} 12 % na poli, 14 % na úhoru, 33 % na louce a 27 % v lese. Zvyšující se podíl P_{mic} v P_{org} spolu s nižšími hodnotami P_{org}

III. Změny obsahu některých forem půdního fosforu v závislosti na hloubce – Changes in content of some forms of soil phosphorus in dependence on depth

	Hloubka ⁵ (cm)	P _{celk}	P _{org}	P _{min}	P _{mic}	P _{org}	P _{min}	P _{mic}
		mg.kg ⁻¹				% P _{celk}		
Pole ¹	0 - 5	922	208	714	25,4	22,6	77,4	2,8
	5 - 10	883	214	669	20,6	24,2	75,8	2,3
	10 - 20	893	209	684	20,1	23,4	76,6	2,3
	20 - 30	595	98	497	18,0	16,5	83,5	3,0
	30 - 40	547	78	469	8,8	14,3	85,7	1,6
	40 - 50	533	54	479	10,3	10,1	89,9	1,9
Úhor ²	0 - 5	885	165	720	39,3	18,6	81,4	4,4
	5 - 10	869	172	697	21,9	19,8	80,2	2,5
	10 - 20	842	109	733	14,8	12,9	87,1	1,8
	20 - 30	826	121	705	13,8	14,6	85,4	1,7
	30 - 40	809	87	722	0,0	10,8	89,2	0,0
	40 - 50	901	41	860	0,8	4,6	95,4	0,1
Louka ³	0 - 5	648	144	504	72,3	22,2	77,8	11,2
	5 - 10	619	141	478	44,9	22,8	77,2	7,3
	10 - 20	562	164	398	43,2	29,2	70,8	7,7
	20 - 30	542	79	463	36,8	14,6	85,4	6,8
	30 - 40	504	36	468	6,6	7,1	92,9	1,3
	40 - 50	494	19	475	0,0	3,8	96,2	0,0
Les ⁴	0 - 5	557	168	389	64,2	30,2	69,8	11,5
	5 - 10	470	88	382	20,3	18,7	81,3	4,3
	10 - 20	442	96	346	23,0	21,7	78,3	5,2
	20 - 30	418	78	340	23,5	18,7	81,3	5,6
	30 - 40	398	50	348	8,8	12,6	87,4	2,2
	40 - 50	394	40	354	6,9	10,2	89,8	1,8

For 1 - 5 see Tab. I

Vysvětlivky viz tab. II – Explanations see Tab. II

v neobhospodařovaných půdách naznačují, že imobilizace fosforu v mikroorganismech hraje v těchto půdách mnohem významnější roli než v orné půdě. B r o o k e s et al. (1982) uvádějí 2x až 10x více P_{mic} v lučních než v orných půdách.

Kromě uvedených forem půdního fosforu jsme sledovali také změny v uvolňování přístupného, pohyblivého a vodorozpuštěného fosforu jako důležitých para-

IV. Změny fosforečného režimu půdy v závislosti na hloubce – Changes of soil phosphorus regime in dependence on depth

	Hloubka ⁵ (cm)	$P_v + P_k$	P_k	P_v	$R_v + R_k$	R_k	R_v
		mg.kg ⁻¹			mg.kg ⁻¹ .min ^{-0,5}		
Pole ¹	0 - 5	143	111	32	9,4	8,4	0,9
	5 - 10	116	87	29	6,3	5,7	0,6
	10 - 20	115	88	27	7,7	6,9	0,7
	20 - 30	28	19	9	1,3	0,7	0,5
	30 - 40	25	21	4	1,6	1,6	0,0
	40 - 50	21	19	2	1,3	1,3	0,0
Úhor ²	0 - 5	90	67	23	4,8	3,9	0,9
	5 - 10	75	53	22	5,1	4,4	0,7
	10 - 20	34	25	9	2,0	1,7	0,3
	20 - 30	34	27	7	2,5	2,2	0,3
	30 - 40	12	9	3	0,2	0,1	0,1
	40 - 50	13	10	3	0,5	0,3	0,2
Louka ³	0 - 5	9	6	3	0,1	0,1	0,0
	5 - 10	8	6	2	0,1	0,1	0,0
	10 - 20	8	6	2	0,2	0,2	0,1
	20 - 30	8	6	2	0,3	0,2	0,1
	30 - 40	8	5	3	0,2	0,1	0,1
	40 - 50	8	6	2	0,2	0,1	0,1
Les ⁴	0 - 5	18	10	8	0,9	0,7	0,2
	5 - 10	10	6	4	0,2	0,1	0,1
	10 - 20	7	4	3	0,0	0,0	0,0
	20 - 30	7	4	3	0,2	0,1	0,1
	30 - 40	6	3	3	0,1	0,0	0,1
	40 - 50	6	4	2	0,2	0,1	0,1

For 1 - 5 see Tab. I

Vysvětlivky viz tab. II – Explanations see Tab. II

metrů fosforečného režimu (tab. II a IV). Průměrný obsah přístupného fosforu ($P_v + P_k$) v celém půdním profilu byl vyšší na poli a úhoru než na dlouhodobě neobhospodařované louce a v lese (tab. II). Zatímco na poli a úhoru tvořil $P_v + P_k$ 9,2 a 4,1 % P_{celk} na louce a v lese pouze 1,5 a 1,8 %. V obsahu vodorozpuštěného fosforu (P_v) se projevil stejný trend. Na poli a na úhoru na P_v připadalo 2,1 a 1,1 % z P_{celk} a na

louce a v lese 0,4 a 0,8 %. Zvýšený obsah dostupných forem fosforu v obhospodařované půdě ve srovnání s neobhospodařovanými plochami lze vysvětlit vlivem minerálního hnojení fosforečnými hnojivy (S c h w a b , K u l i y n g - y o n g , 1989). S vyšší dostupností fosforu souvisí i řádově vyšší průměrná rychlost jeho uvolňování. Průměrná rychlost uvolňování přístupného fosforu ($R_v + R_k$), zjištěná v celém půdním profilu na poli, byla téměř 20x vyšší než na louce a v lese. Na úhoru byla vyšší 10x. Vliv intenzivního obhospodařování spolu s hnojením fosforem se projevil především v orniční vrstvě do 20 cm, kde byl obsah $P_v + P_k$ téměř 10x vyšší v porovnání s loukou a lesem (tab. IV). Ačkoliv na úhoru byl obsah $P_v + P_k$ v této vrstvě nižší o 47 % než na poli, byl zde ještě zřetelně patrný vliv obhospodařování, které bylo ukončeno v roce 1985. Změny v obsahu P_k a P_v , které tvoří $P_v + P_k$, vykazovaly stejný trend jako u $P_v + P_k$. Obsah P_k byl nejvyšší na poli v celém půdním profilu, obsah P_v pouze ve svrchní části do 20 cm. V hlubších vrstvách byl P_v srovnatelný na všech plochách. Vliv intenzivního hospodaření se výrazně projevil také na rychlosti uvolňování přístupného ($R_v + R_k$) a vodorozpuštného (R_v) fosforu v orniční vrstvě (tab. IV). Na poli byla $R_v + R_k$ přibližně 2x vyšší než na úhoru a o řád vyšší než na louce a v lese.

Přestože rozdíly v profilové distribuci forem fosforu v půdě stejného půdního typu a z jedné klimatické oblasti souvisejí s prostorovou variabilitou a vegetačním krytem, prezentované výsledky ukazují na vliv dlouhodobé kultivace na diferenciaci fosforu v půdním profilu (H o n e y c u t t et al., 1990; K o b z a , 1984; L a u e r , 1988; W a l k e r , S y e r s , 1976). Na poli se zřetelně projevila hranice mezi orniční a podorniční vrstvou. Na úhoru po skončení obhospodařování se tento rozdíl rychle ztratil, ačkoliv průměrné hodnoty sledovaných parametrů z celého půdního profilu prokazují vliv obhospodařování ještě čtyři roky po jeho skončení. Ze sledovaných veličin na studovaných lokalitách, které reprezentují půdy ovlivněné intenzivním obhospodařováním (pole a úhor) a půdy neobhospodařované (louka a les), odrážely nejcitlivěji rozdílnou intenzitu antropogenního působení podíl P_{mic} v P_{org} a všechny ukazatele dostupnosti fosforu v půdě.

L i t e r a t u r a

- BOWMAN, R. A.: A sequential extraction procedure with concentrated sulfuric acid and dilute base for soil organic phosphorus. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 53, 1989: 362-366.
- BROOKES, P. C. - POWLSON, D. S. - JENKINSON, D. S.: Measurement of microbial biomass phosphorus in soil. *Soil Biol. Biochem.*, 14, 1982: 319-329.
- HONEYCUTT, C. W. - HEIL, R. D. - COLE, C. V.: Climatic and topographic relations of three great plains soils: II. Carbon, nitrogen, and phosphorus. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 54, 1990: 476-483.
- KOBZA, J.: Vázby anorganických fosforečnanů v illimerizované půdě oglejencej. *Agrochémia*, 24, 1984: 199-202.
- LAUER, D. A.: Vertical distribution in soil unincorporated surface-applied phosphorus under sprinkler irrigation. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 52, 1988: 1685-1692.

MACHÁČEK, V.: Ověření nové metody ke stanovení rychlosti uvolňování fosforu z půdy. Rostl. Výr., 32, 1986 (5): 473-480.

MATĚJKA, K.: Ekologicko-vegetační charakteristiky sukcesních stadií opuštěných polí v území Chelčic. [Kandidátská dizertace.] České Budějovice 1987. - ÚPB ČSAV.

MURPHY, J. - RILEY, J. P.: A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. Acta, 27, 1962: 31-36.

NOVÁK, F.: Transformace dusíku v sekundární sukcesní řadě hnědých lesních půd. [Kandidátská dizertace.] České Budějovice, 1992. - ÚPB ČSAV.

SCHOENAU, J. J. - STEWART, J. W. B. - BETTANY, J. R.: Forms and cycling of phosphorus in prairie and boreal forest soils. Biogeochemistry, 8, 1989: 223-237.

SCHWAB, A. P. - KULIYNGYONG, S.: Changes in phosphate activities and availability indexes with depth after 40 years of fertilization. Soil Sci., 3, 1989: 179-186.

SOMMERS, L. E. - NELSON, D. W.: Determination of total phosphorus in soils: A rapid perchloric acid digestion procedure. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 36, 1972: 902-904.

ŠANTRŮČKOVÁ, H.: Microbial biomass activity, and soil respiration in relation to secondary succession. Pedobiologia, 36, 1992: 341-350.

TAJOVSKÝ, K.: Mnohonozky (*Diplopoda*) a suchozemští stejnonožci (*Oniscidea*) v sekundární sukcesní řadě hnědých půd. [Kandidátská dizertace.] České Budějovice, 1989. - ÚPB ČSAV.

TATE, K.R.: Soil phosphorus. In: VAUGHAN, D. - MALCOLM, R. E. (eds): Soil organic matter and biological activity, Dordrecht, Martinus Nijhoff 1985: 329-377.

WALKER, T. W. - SYERS, J. K.: The fate of phosphorus during pedogenesis. Geoderma, 15, 1976: 1-19.

WATANABE, F. S. - OLSEN, S. R.: Test of ascorbic acid method for determining phosphates in water and sodium bicarbonate extracts from soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 29, 1965: 677-680.

Došlo 21. 6. 1993

KALČÍK, J. - ŠANTRŮČKOVÁ, H. (Institute of Soil Biology, Academy of Sciences of the Czech Republic, České Budějovice):

Profile distribution of the forms of soil phosphorus in dependence on the degree of anthropogenic effect.

Rostl. Výr., 40, 1994 (4): 305-314.

The phosphorus distribution and its individual forms in the soil profile are influenced by a number of factors, among whose is soil type, climatic conditions, vegetation cover, and anthropogenic activities. The aim of the study was to extend the knowledge concerning the composition and phosphorus content in soil profile in dependence on the degree of agricultural farming. Single sampling was carried out in the autumn of 1988 on intensively cultivated field, fallow (the field ceased to be cultivated in 1985), on the meadow and in forest (deciduous with prevalence of oak) to the depth of 50 cm. The soil is Cambisol in all sites (characteristics is presented in Tab. I). The total phosphorus was determined after mineralization of the sample by perchloric acid (S o m m e r s , N e l s o n , 1972), organic phosphorus by gradual extraction of soil by sulphuric acid

and sodium hydroxide (B o w m a n , 1989), phosphorus in soil microbial biomass by fumigation extraction method (B r o o k e s et al., 1982). Available, mobile, water-soluble phosphorus and the rate of phosphorus release were determined by cation-exchange method (M a c h á č e k , 1986). Individual forms of phosphorus were determined by the procedure with ammonium molybdate and ascorbic acid (M u r p h y , R i l e y , 1962; W a t a n a b e , O l s e n , 1965).

Average total phosphorus content (P_{celk}) in the layer of 0 to 50 cm (Tab. II) was higher in the field and on fallow compared with the meadow and forest. This increase of P_{celk} was manifested in the field solely in topsoil, while P_{celk} content in fallow was high in the whole soil profile. P_{celk} content on the meadow and in forest was continuously falling from the surface layer to 50 cm. Average mineral phosphorus content (P_{min}) like P_{celk} content was higher in the field and on fallow than on the meadow and in forest (Tab. II). This difference was again manifested in the topsoil influenced by phosphorus fertilizing, while on fallow in the whole soil profile (Tab. III). The proportion of P_{min} in P_{celk} increased in the layer of 40 to 50 cm compared with the layer of 0 to 5 cm by 13 % in the field, by 14 % on fallow, by 18 % on meadow and by 20 % in forest. Average organic phosphorus content (P_{org}) was the highest in the field (Tab. II) and was falling in the following sequence: fallow, meadow, forest. Its proportion in P_{celk} ranged in all sites in the layer of 0 to 50 cm between 12 % (fallow) and 19 % (field) and was falling with the depth of soil profile. An amount of phosphorus bound in microbial biomass (P_{mic}) was the highest in the surface layer to 5 cm (Tab. II) which was occupied the most by microorganisms and over-rooted. P_{mic} content on average participated in P_{org} by 12 % in the field, 14 % on fallow, 33 % on meadow, and 27 % in forest. Average available phosphorus content ($P_v + P_k$) in the whole soil profile was higher in the field and fallow than on meadow and in forest (Tab. II). While in the field and fallow $P_v + P_k$ formed 9.2 and 4.1 % of P_{celk} , on meadow and in forest it was only 1.5 and 1.8 %. The same trend appeared in water-soluble phosphorus content (P_v). An average higher rate of phosphorus release is associated with higher availability of phosphorus in the field. The average rate of release of available phosphorus ($R_v + R_k$) found in the whole soil profile in the field was higher almost 20 times compared with that on meadow and in forest. This rate was 10 times higher on fallow. The margin between topsoil and subsoil layers was markedly manifested in all studied characteristics in the soil profile in the field. This difference disappeared on fallow after finishing the cultivation, though the average values of parameters under study of the whole soil profile show the effect of the previous cultivation. The proportion of P_{mic} in P_{org} and all parameters of soil phosphorus regime reflected the most sensitively the different intensity of anthropogenic effect on studied sites.

Kontaktní adresa:

Ing. Jiří K a l ě í k , Ústav půdní biologie AV ČR, Na sádkách 7,
370 05 České Budějovice, tel.: 038/817, fax: 038/41001

HODNOCENÍ METOD PRO STANOVENÍ PŘÍSTUPNÉHO FOSFORU NA HNĚDÉ PŮDĚ PODZOLOVANÉ

V. Macháček

Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně

Část dlouhodobého polyfaktoriálního pokusu z období 1982 až 1987 založeného na hnědé půdě podzolované (HP_p) byla využita pro hodnocení metod pro stanovení přístupného fosforu (Egner, Olsen, Mehlich II a extrakce 0,01 M CaCl₂). Hodnocení proběhlo pomocí forem půdního fosforu a rovnovážných konstant. Bylo zjištěno, že dominantní úlohu ve výživě rostlin mají pohyblivé formy vázané na povrchu pevné fáze, tvořené převážně Al-P a Fe-P sloučeninami. Tyto formy přednostně uvolňuje extrakční činidlo metody Mehlich II, která má nejlepší vztah s odběrem fosforu a nejlépe reaguje na změny obsahu fosforu v půdě po hnojení. Navržené určení kategorií zásobenosti půd fosforem pro Mehlichovu metodu II podle půdní reakce (pH) za účelem určování dávek fosforu se zdá nevhodné.

Tato práce navazuje na předcházející publikace, ve kterých bylo popsáno využití forem půdního fosforu pro charakterizaci metod pro sledování výživného stavu černozemě (M a c h á č e k , 1993a), hnědozemě illimerizované (M a c h á č e k , 1993c), hnědozemě slabě oglejené (M a c h á č e k , 1994a), atypické hnědé půdy (M a c h á č e k , 1994b). Ve zmíněných publikacích je uvedeno využití forem půdního fosforu a dalších doplňkových parametrů pro určení vhodné metody stanovení přístupného fosforu na určitém půdním typu.

Předmětem příspěvku je hodnocení vztahů mezi různými formami půdního fosforu, kinetickými údaji, ověřovanými metodami pro stanovení přístupného fosforu (Olsen, Egner, Mehlich II a CaCl₂), a to jak k odběru fosforu rostlinami, tak k odezvě metod na různé dávky fosforečných hnojiv.

MATERIÁL A METODA

Ke splnění uvedeného cíle byly použity průměry z výsledků každoročního sledování v období 1982 až 1987 ze tří variant dlouhodobého polyfaktoriálního pokusu, který byl založen na pokusné stanici ve Vysokém nad Jizerou v roce 1979. Na dané lokalitě je hnědá půda podzolovaná (HP_p), hlinitopísčítá, matečný substrát jsou fylity a svory. Výchozí průměrné výsledky z roku 1979: pH 6,4; Egner 30 mg P.kg⁻¹; Schachtschabel 139 mg K.kg⁻¹; 113 mg Mg.kg⁻¹; sorpční index 5,83; rychlost uvolňování fosforu R_k + R_v, R_v a R_k je 2,83, 0,52 a 2,29 mg P.kg⁻¹.min^{-1/2}.

Plodiny a dávky hnojiv v jednotlivých letech: 1982 - jarní ječmen ($75-70 \text{ kg N-K.ha}^{-1}$; $3,5 \text{ t Ca.ha}^{-1}$), 1983 - ozimé žito ($70-70 \text{ kg N-K.ha}^{-1}$), 1984 - brambory ($125-150 \text{ kg N-K.ha}^{-1}$, hnůj 40 t.ha^{-1}), 1985 - oves ($75-70 \text{ kg N-K.ha}^{-1}$), 1986 až 1987 - jetel ($40-100 \text{ kg N-K.ha}^{-1}$, $3,5 \text{ t Ca.ha}^{-1}$, v roce 1987 nehnojeno). Při uvedených dávkách hnojení bylo použito stupňované hnojení o dávce 0, 40, 80 kg P.ha^{-1} (varianta 1, 3, 5). Pro sledování změn obsahu fosforu v půdě v závislosti na dávce fosforečného hnojiva byl obsah fosforu při dávce 20 a 60 kg.ha^{-1} (varianta 2, 4) dopočten metodou klouzavých křivek (P a v e l et al., 1985). Ke sledování fosforečného režimu byly použity ukazatele, které uvádí M a c h á č e k (1993a, c).

VÝSLEDKY

Přehled výsledků statických ukazatelů obsahu různých forem půdního fosforu za sledované období je uveden v tab. I, a to pouze jako průměry hodnot ze tří sledovaných variant (1, 3, 5) a dvou vypočtených variant (2, 4).

V tab. II jsou uvedeny korelační koeficienty polynomu 1. řádu závislosti odběru fosforu na výsledcích statických ukazatelů, závislosti mezi metodami pro stanovení přístupného fosforu i těchto metod s různými formami půdního fosforu. S odběrem fosforu mají všechny statické ukazatele neprůkazné vztahy, relativně na stejné úrovni, kromě extrakce $0,01 \text{ M CaCl}_2$. Vztahy mezi metodami (Egner, Olsen a Mehlich II) i těchto metod s různými formami půdního fosforu jsou vysoce průkazné. Extrakce s $0,01 \text{ M CaCl}_2$ má se všemi statickými ukazateli vztahy jen průkazné.

V tab. III je uveden přehled vztahů závislostí výsledků statických ukazatelů a odběru fosforu na dávce fosforečného hnojiva, vyjádřený polynomem 1. a 2. řádu. Kromě metody Mehlich II všechny závislosti vyjádřené polynomem 2. řádu mají vyšší hodnoty korelačního koeficientu, což také vyplývá z průběhu závislostí znázorněných na obr. 1 a 2. Závislosti vyjádřené polynomem 1. řádu mají dva neprůkazné vztahy (CaCl_2 , odběr P), čtyři průkazné vztahy (Mehlich II, Egner, $O_k + O_v$ a D_v) a osm vysoce průkazných vztahů. Závislosti vyjádřené polynomem 2. řádu mají jen tři průkazné vztahy (Mehlich II, $O_k + O_v$, odběr P) a ostatní vztahy (celkem 11) jsou vysoce průkazné.

DISKUSE

Při kalibraci metod pro stanovení přístupného fosforu a i pro charakteristiku dané půdy je vhodné vycházet z charakteristiky pomocí sorpčně-desorpčních křivek (M a c h á č e k, 1993b) a ze stanovení dominantních forem půdního fosforu pomocí kinetické studie rovnováh (M a c h á č e k, 1992). Hodnota celkové rovnovážné konstanty (k) je téměř totožná s adsorpční rovnovážnou konstantou (K_a) v rozmezí dávek 0, 40, 80 kg P.ha^{-1} ($K-K_a$, 0,91-0,91; 0,76-0,77; 0,64-0,63). Rovnovážná konstanta desorpce (K_d) je 0,81; 0,77; 0,70. Z těchto údajů je zřejmé, že na této HP_p:

I. Přehled průměrných výsledků sledovaných statických ukazatelů – The survey of average results of static parameters observed

Varianta ¹	$P_k + P_v$	P_v	P_k	Egner	Olsen	Mehlich II	$CaCl_2$
1	14	4	10	8	18	21	12
2	30	6	24	17	25	30	13
3	44	8	34	24	30	49	13
4	70	14	57	40	45	72	31
5	93	17	76	52	57	93	63
	$O_k + O_v$	O_v	O_k	$D_k + D_v$	D_v	D_k	Odběr ² P
1	7	3	4	7	2	5	18,9
2	14	4	10	14	3	11	20,3
3	19	5	14	18	3	15	22,4
4	33	7	24	36	6	30	21,5
5	42	9	33	51	8	43	21,3

odběr P – P uptake ($kg \cdot ha^{-1}$)

ostatní ukazatelé – other parameters ($mg \cdot P \cdot kg^{-1}$)

$CaCl_2$ ($\mu g \cdot P \cdot dm^{-3}$)

¹variant, ²uptake

- při nehnojení a nižších dávkách než $40 \text{ kg P} \cdot ha^{-1}$ $K_d < K_a, K$;
- při dávce okolo $40 \text{ kg P} \cdot kg^{-1}$ nastává vyrovnání adsorpčních a desorpčních dějů ($K_d \approx K_a \approx K$);
- při vyšších dávkách než $40 \text{ kg P} \cdot ha^{-1}$ $K_d > K_a, K$;
- v celém rozsahu dávek P-hnojiv je $K_a \approx K$.

O této HP_p je všeobecně známo, že převážná část půdního fosforu je vázána na Fe- a pak Al-ionty, z kterých se špatně uvolňuje do roztoku. Tato půda má nízký obsah přístupného fosforu (Egner), a sice 25 až $35 \text{ mg} \cdot kg^{-1}$. Tomuto odpovídají i výsledky získané pomocí frakcionačního stanovení metodou podle Chang-Jacksona: lab-P 2, Al-P 109, Fe-P 173 a Ca-P 73 $mg \cdot P \cdot kg^{-1}$, relativní poměr činí 1 : 55 : 87 : 37. Tato půda má relativně nižší pH (6,4), půdní reakce je slabě kyselá. Při této hodnotě pH rozpustnost Ca-P je nižší než Fe-P a Al-P, což se společně s půdními sloučeninami fosforu projevuje na uvolňování tzv. přístupného fosforu pomocí různých extrakčních činidel. Z tohoto důvodu obsah fosforu uvolněný Egnerovou metodou je nižší než Olsenovou metodou. Nejvyšší obsah fosforu uvolňuje metoda podle Mehlicha II a je téměř shodný s celkově přístupným fosforem $P_k + P_v$, nepřímo uvolněným iontově výměnným způsobem z kationtů katexem. Obsah fosforu uvolněný 0,01 M $CaCl_2$ a obsah vodorozpustného fosforu je velmi nízký. Na

II. Přehled korelačních koeficientů polynomu 1. řádu závislosti výsledků ukazatelů a závislosti ukazatelů a odběru P – The survey of correlation coefficients of polynomial of the first order of dependence of results of parameters and dependence of parameters and P uptake

	Olsen	Mehlich II	CaCl ₂	P _k + P _v	P _v	P _k	Odběr P
Egner	0,998	0,996	0,914	1,000	0,996	1,000	0,607
Odběr ¹ P	0,561	0,625	0,291	0,619	0,565	0,606	
P _k	0,993	0,995	0,918	1,000	0,995		
P _v	0,997	0,992	0,915	0,994			
P _k + P _v	0,997	0,997	0,914				
CaCl ₂	0,935	0,910					
Mehlich II	0,993						
	O _k + O _v	O _v	O _k	D _k + D _v	D _v	D _k	
Egner	1,000	0,998	0,999	0,993	0,981	0,994	
Mehlich II	0,994	0,996	0,994	0,987	0,969	0,989	
Olsen	0,999	0,999	0,999	0,998	0,990	0,999	
CaCl ₂	0,915	0,935	0,927	0,953	0,958	0,951	
Odběr P	0,591	0,580	0,589	0,512	0,443	0,523	

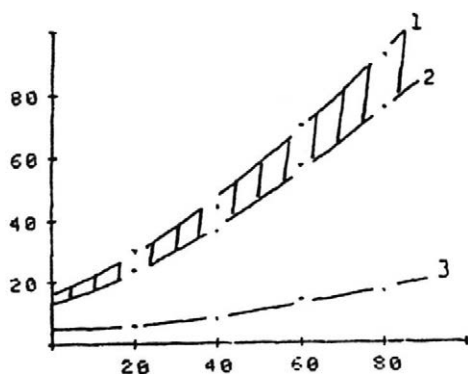
0,877 - průkazný vztah – significant relationship

0,959 - vysoce průkazný vztah – highly significant relationship

¹uptake

základě srovnání obsahů fosforu uvolněných metodami pro stanovení přístupného fosforu s výsledky frakcionačního stanovení a s jednotlivými formami půdního fosforu (celková, labilní a uvolnitelná) lze vyvodit závěr: Egnerova metoda stanovuje převážně Ca-P, Olsenova metoda na úkor Ca-P bude uvolňovat i Al-P a Fe-P sloučeniny, metoda podle Mehlicha II bude uvolňovat z půdy maximální množství fosforu z Fe-P, Al-P a Ca-P sloučenin.

Určení prioritní metody na základě vztahu s odběrem fosforu je problematické, protože všechny vztahy metod a forem půdního fosforu jsou neprůkazné a z nich zvláště vztah s CaCl₂. Vztahy Olsenovy metody, labilních a uvolnitelných forem půdního fosforu jsou na stejné úrovni. Metoda podle Mehlicha II, Egnerova metoda a celkově přístupný (P_k + P_v) a pohyblivý (P_k) fosfor mají nejvyšší neprůkazný vztah. Z tohoto vyplývá teoretický předpoklad, že výživa rostlin na této půdě nebude záviset na obsahu fosforu v jeho vodorozpustné formě, nýbrž na množství pohyblivého fosforu, který tvoří podstatnou část přístupného fosforu, je schopen uvolnit se z povrchu pevné fáze půdy a bude pokud možno přímo absorbován



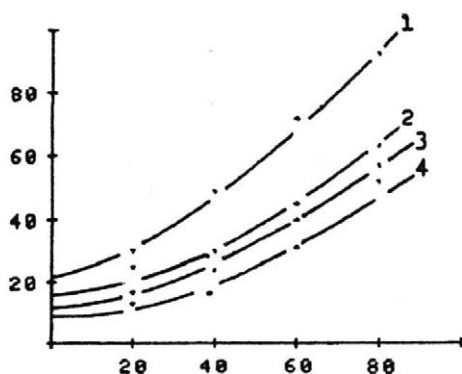
1. Vliv dávky P na obsah forem P – The effect of P dose on the content of P forms
osa x - dávky P – x axis - P doses ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)
osa y - obsah forem P – y axis - content of P forms ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)

1 - přístupný P – available P ($P_k + P_v$)

2 - pohyblivý P – movable P (P_k)

3 - vodorozpuštný P – water-soluble P (P_v)

vyšrafovaná plocha - vodorozpuštný P –
hatched area - water-soluble P (P_v)



2. Vliv dávky P na obsah přístupného P – The effect of P dose on the content of available P
osa x - dávky P – x axis - P doses ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)
osa y - obsah přístupného P – y axis - content of available P [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (1, 3, 4); $\mu \cdot \text{dm}^{-3}$ (2)]

1 - Mehlichova metoda II – Mehlich's II method

2 - 0,01 M CaCl_2

3 - Olsenova metoda – Olsen's method

4 - Egnerova metoda – Egner's method

rostlinou. Doba jeho setrvání ve vodorozpuštné formě nebo v půdním roztoku musí být velmi krátká a rychlost absorpce fosforu kořeny musí být vyšší než rychlost jeho adsorpce půdním komplexem.

Vztahy mezi metodami (Egner, Mehlich II, Olsen) a těchto metod s celkově přístupnými formami půdního fosforu jsou vysoce průkazné, naopak extrakce CaCl_2 má jen průkazné vztahy s těmito metodami. Metoda Egnerova, Olsenova a Mehlichova II mají vysoce průkazné vztahy s labilními a uvolnitelnými formami. Extrakce CaCl_2 má jen průkazný vztah s těmito formami, přitom vyšší hodnoty má s uvolnitelnými než s labilními formami. Tyto dedukce jsou v neprospěch využití extrakce CaCl_2 , protože má nejen nejmenší neprůkazný vztah s odběrem fosforu, ale i vyšší průkazný vztah s uvolnitelnými formami, které nebudou rozhodovat o výživě rostlin fosforem na HP_p , o níž budou rozhodovat přístupné formy fosforu, které jsou stanovovány takovou metodou, jejíž extrakční činidlo bude z půdy uvolňovat co nejvíce pohyblivého fosforu (P_k). Tomuto požadavku se nejvíce přibližuje metoda podle Mehlicha II.

Průběh závislosti stanoveného množství fosforu ve sledovaném intervalu dávek fosforu není lineární (obr. 1, 2). Pro výpočet relativního zvýšení jakéhokoliv obsahu fosforu po hnojení je výhodnější použít rovnic polynomu 2. řádu (tab. III). Pro dávky fosforu v intervalu hnojení 1 až $45 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($103 \text{ kg P}_2\text{O}_5$) lze použít rovnic

III. Přehled regresních a korelačních koeficientů polynomu 1. a 2. řádu závislosti ukazatelů a odběru P na dávce P – The survey of regression and correlation coefficients of polynomial of the first and second order of relationship of parameters and P uptake on the P dose

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i> · 10 ⁻³	<i>r</i>
Mehlich II	21	0,636	0,900	16	1,142	-6,25	0,897
Egner	6	0,561	0,987	8	0,354	2,56	0,993
Olsen	15	0,496	0,976	18	0,212	3,50	0,991
CaCl ₂	2	0,659	0,874	13	-0,334	12,3	0,976
P _k + P _v	10	1,000	0,991	14	0,642	4,43	0,997
P _v	3	0,172	0,973	4	0,088	1,03	0,978
P _k	7	0,834	0,993	10	0,575	3,20	0,997
O _k + O _v	5	0,399	0,932	8,5	0,064	4,14	0,952
O _v	2,6	0,076	0,981	3,0	0,033	0,52	0,997
O _k	2,4	0,364	0,984	4,2	0,195	2,08	0,993
D _k + D _v	2,8	0,556	0,960	7,4	0,125	5,33	0,987
D _v	1,3	0,076	0,928	2,1	0,003	0,90	0,963
D _k	1,5	0,481	0,964	5,3	0,121	4,43	0,980
Odběr ¹ P	19,7	0,301	0,574	18,7	0,124	-1,15	0,887

0,877 – průkazný vztah – significant relationship

0,959 – vysoce průkazný vztah – highly significant relationship

r – korelační koeficient – correlation coefficient

rovnice – equation $Y = a + bx$; $Y = a + bx + cx^2$

¹uptake

polynomu 1. řádu. Z hodnot regresních koeficientů a z průběhů závislostí na obr. 1 je zřejmé, že dávky fosforu zvyšují obsah pohyblivého fosforu (P_k), který je základní složkou přístupného fosforu (P_k + P_v). Tímto způsobem lze i vysvětlit průběhy závislostí na obr. 2 a využít je pro charakterizaci metod. Mehlichova metoda II má nejvyšší regresní koeficient a podobný průběh jako P_k + P_v a P_k forma, a proto lze předpokládat, že extrahuje z HP_p především pohyblivé formy. Olsenova, resp. Egnerova metoda a extrakce s CaCl₂ mají lineárnější průběh, který je rovnoměrně diferencován podle extrahujících sloučenin vzniklých různě po určité dávce fosforečného hnojiva. Nelinearita závislostí již byla vysvětlena pomocí rovnovážných konstant. Vztah závislosti odběru fosforu na dávce do 45 kg P.ha⁻¹ je lineární a lze jej vyjádřit rovnicí $Y = 18,7 + 0,0899x$ při $r = 0,995$. V celém rozsahu dávek je rovnice 1. řádu neprůkazná a rovnice 2. řádu je na rozhraní průkaznosti.

Rovněž na této půdě dochází k rozdílnosti při určování dávek fosforečných hnojiv na základě výsledků dvou metod (Egner, Mehlich II) podle metodiky výživy rostlin. Na parcelách hnojených běžnými dávkami fosforu (do 120 kg P₂O₅.ha⁻¹) je kategorizace zásobenosti malá (do 30 mg.kg⁻¹). Určení kategorizace zásobenosti podle Mehlicha II (rozsah 21 až 49 mg P.kg⁻¹) je velmi problematické, protože pH je v rozmezí 5,9 až 6,9, což určuje dvě stupnice kategorizace zásobenosti na půdě se stejným fosforečným režimem. Přitom vztahy statických a kinetických ukazatelů s pH jsou neprůkazné a závislosti jsou nevýznamné ($r = 0,21$). Na této HP_p se zvláště negativně projevuje určování kategorizace zásobenosti půd fosforem z výsledků metody Mehlich II podle pH půdy ze všech již vyhodnocených půd (ČM_i, HM_i, HM_g, HP).

Metoda Mehlich II se ukazuje jako nejvhodnější pro stanovení přístupného fosforu a sledování výživného stavu HP_p ze všech ověřovaných metod, ale současný způsob využití získaných výsledků pro určování dávek fosforečných hnojiv je nevhodný a neodpovídá přednosti této metody před ověřovanými metodami pro tuto půdu.

L i t e r a t u r a

- MACHÁČEK, V.: The determination of dominant forms of phosphorus in soil by studying equilibrium. 4th Int. Conf. IMPHOS Gent, Belgie, 1992.
- MACHÁČEK, V.: Využití forem půdního fosforu pro charakteristiku výživného stavu černožemě. Rostl. Výr., 39, 1993a (9): 835-843.
- MACHÁČEK, V.: Využití sorpčně-desorpčních přímků pro charakterizaci fosforu v hlavních typech půd ČR. Rostl. Výr., 39, 1993b (1): 1-12.
- MACHÁČEK, V.: Využití forem půdního fosforu k charakterizaci výživného stavu hnědozemě. Agrochémia, 32, 1993c (11): 280-284.
- MACHÁČEK, V.: Hodnocení fosforečného režimu hnědozemě ze dvou lokalit. Rostl. Výr., 40, 1994a (2): 143-153.
- MACHÁČEK, V.: Využití forem půdního fosforu atypické hnědé půdy k charakterizaci metod pro stanovení přístupného fosforu. Agrochémia, 33, 1994b: (v tisku).
- PAVEL, L. et al.: Transport roztoků půdou. Praha, VŠZ 1985.

Došlo 16. 11. 1993

MACHÁČEK, V. (Research Institute for Crop Production, Praha-Ruzyně):

Evaluation of methods for determination of available phosphorus on the cambisol-podzolic soil.

Rostl. Výr., 40, 1994 (4): 315-322.

Averages of results from yearly observation of long-term polyfactorial trial performed in the period from 1982 to 1987 were used for evaluation of the methods for determination of available phosphorus on the cambisol-podzolic at the site Vysoké nad Jizerou. The parameters to observe phosphorus regime and calibration of methods as published by M a c h á č e k (1993a, c) were used.

The evaluation methods were based on characteristics of cambisol-podzolic by equilibrium constants, sorption-desorption curves (M a c h á ě k , 1993b), and fractional determination after Chang-Jackson. It was found out:

- at the dose of P to 40 kg.ha⁻¹ desorption < adsorption;
- at the dose of P about 40 kg.ha⁻¹ adsorption = desorption;
- at the dose of P over 40 kg.ha⁻¹ desorption > adsorption;
- in all range of dose of P adsorption is a leading process;
- the ration of lab -P : Fe-P : Ca-P is 2 : 109 : 173 : 73 mg P.kg⁻¹;
- Egner's method releases from the soil predominantly Ca-P;
- Olsen's method to the detriment of Ca-P and Fe-P, Al-P;
- Mehlich's II method the maximum content Fe-P, Al-P, Ca-P.

The Mehlich's II method has the highest insignificant relationship of all parameters and in view of mixture agent it extracts from the soil movable forms P_k above all (Tab. II). The content of movable forms will decide on the uptake phosphorus by plant. Water-soluble phosphorus (P_v, CaCl₂ extraction) has no dominant role in the plant nutrition, as its rate of release is lower than that of phosphorus from P_k forms.

The relationships between Egner's, Olsen's and Mehlich's II methods are highly significant (Tab. III), as well as their relationships with labile available (O_k + O_v), movable (O_k), water-soluble (O_v) phosphorus, and with releasably available (D_k + D_v), movable (D_k), water soluble (D_v) phosphorus, as all these methods release all forms soil phosphorus from soil in a different way. The CaCl₂ extract has in all cases only significant relationships, as it releases from soil only water-soluble forms of phosphorus.

The course of dependence of determined content of phosphorus in observed phosphorus doses is not linear (Figs 1 and 2). To calculate a relative increase in the content of phosphorus after a dose of 0 to 80 kg.ha⁻¹ is more advantageous using the equilibrium polynom of the second order (Tab. III). For phosphorus dose to 45 kg.ha⁻¹ it is possible to use equilibrium polynom of the first order. Mehlich's II method responded the most sensibly to phosphorus dose, as it extracts mainly that from movable forms into which phosphorus is transferred from fertilizers.

As a conclusion it may be said that Mehlich's II method is the most suitable of all tested methods for determination of available phosphorus and for observations of nutrition of conditions of cambisol-podzolic soil. The present way of using the results of Mehlich's II method to determine the categories of soil supply with phosphorus and subsequent determination of dose of phosphorus fertilizers according to the soil reaction is unacceptable and does not correspond to the preference of this method over other methods intended for cambisol-podzolic soil, as pH value of soils has an impact on two groups of soil reaction for which different phosphorus doses are intended.

Kontaktní adresa:

RNDr. Václav M a c h á ě k , CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507,
161 06 Praha 6-Ruzyně, tel.: 02/360851, fax: 02/365228

ÚČINNOST DUSÍKU Z HNOJIV A JEHO BILANCE V OSEVNÍM POSTUPU S LEGUMINÓZAMI

J. Klír

Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně

V dlouhodobých polních výživářských pokusech na čtyřech stanovištích byla v rámci různých osevních postupů (s leguminózami a bez leguminóz) hodnocena účinnost dusíku v aplikovaných organických a průmyslových hnojivech. Na základě výsledků získaných na nehnojených variantách dlouhodobých pokusů byl bilančně určen podíl dusíku pocházejícího ze symbiotické fixace na celkovém průměrném ročním odběru dusíku všemi plodinami v osevním postupu. Tento podíl činil 40 % u tříhonného osevního postupu s bobem a 50 % v případě devítihonného osevního postupu s vojtěškou.

Způsoby obhospodařování zemědělské půdy významně ovlivňují koloběh dusíku v krajině. Osevní postupy, základní agrotechnika a hnojení průmyslovými či organickými hnojivy jsou vedle půdně-klimatických podmínek hlavními faktory, které spolurozhodují o dynamice přeměn a pohybu dusíku v půdě včetně jeho ztrát z půdního prostředí (vyplavování nitrátů, plynné emise).

Při hodnocení dlouhodobého vlivu různých způsobů hospodaření na úrodnost půdy a zejména na její dusíkatý režim lze s výhodou využívat výsledků dlouhodobých polních pokusů. Dlouhodobé bilance na základě podrobných údajů (vstupy dusíku z organických a průmyslových hnojiv, jeho odběr rostlinami, vývoj obsahu celkového dusíku v půdě) umožňují kromě bilančního hodnocení ztrát dusíku odhadnout i jeho podíl z různých zdrojů (hnojiva, symbiotická fixace N_2 , depozice dusíku) a v případě hnojiv i jejich účinnost ve výživě rostlin.

Pozornost výzkumníků je věnována zejména hodnocení různých způsobů hnojení. R a u h e et al. (1987) zkoumali vliv různých kombinací organických a průmyslových hnojiv na akumulaci dusíku v systému půda - rostlina. Po 17 letech vykazovala nejlepší výnosové výsledky při vyrovnané bilanci dusíku varianta s průměrným ročním přívodem na 1 ha 100 kg N v organických hnojivech a 120 kg N v průmyslových hnojivech. U obou hnojiv bylo podobné celkové zhodnocení dusíku (75 a 68 %), avšak v jiném poměru mezi půdou a rostlinami. Dusík průmyslových hnojiv působil více na odběr dusíku rostlinami (60 %), ale málo na dusík v půdě (8 %). Dusík z organických hnojiv působil více na reprodukci půdního dusíku (48 %) než na jeho odběr (27 %).

Hlavně v souvislosti s využíváním kejdy k přímému hnojení byly vyhodnocovány pokusy založené za účelem zhodnocení vlivu dlouhodobého používání kejdy na fyzikálně-chemické vlastnosti půdy, její úrodnost a výnosy plodin (Š k a r d a et al., 1985; S c h e r e r et al., 1988; Ř í m o v s k ý , 1990). Ze závěrů vyplývá, že nelze doporučit dlouhodobou aplikaci kejdy v osevním postupu, ve kterém se vrací málo posklizňových zbytků, a do půd s nízkým obsahem půdní organické hmoty, neboť v takových případech nastává intenzivní oxidace organických látek s následným uvolněním velkého množství dusíku. Naopak v kombinaci se slámou se účinnost kejdy podstatně zvyšuje.

S ohledem na přívod organické hmoty do půdy je v osevních postupech důležité i zastoupení plodin produkujících velké množství posklizňových zbytků. Mezi ně patří zejména leguminózy, které prostřednictvím hlízkových bakterií žijících s nimi v symbióze mohou využívat vzdušný N_2 . Z literárních údajů (P a n n i k o v , M i n e j e v , 1977) vyplývá, že takto fixovaný dusík půdu téměř neobohacuje. Jeho značná část (70 až 80 %) se akumuluje v nadzemní biomase a je odvážena z pole.

Při vyhodnocování výsledků dlouhodobého pokusu v Bad Lauchstädt (SRN) zjistil K ö r s c h e n s (1990) průměrný odběr dusíku rostlinami na variantách nehnojených 80 let dusíkem ve výši $70 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, aniž by se snižoval obsah celkového dusíku či uhlíku v půdě. Protože toto množství je téměř dvojnásobné proti odběru v první polovině pokusu, jde zřejmě o vzrůstající přívod dusíku do půdy srážkami a suchou depozicí jako důsledek rozvoje průmyslu a dopravy v několika uplynulých desetiletích.

Dlouhodobé polní pokusy tak mohou sloužit k monitorování globálních změn v životním prostředí a rovněž i k vypracování prognóz dalšího vývoje (podklady pro vytváření predikčních modelů zvýšeného rozkladu půdní organické hmoty v případě růstu teploty na Zemi s následným zvýšením koncentrace CO_2 v atmosféře v důsledku tohoto jevu).

MATERIÁL A METODA

V této práci byly využity výsledky dlouhodobého polního výživářského pokusu v Praze-Ruzyni (založen roku 1956) a pokusu s každoročním hnojením kejdou prasat, založeného v roce 1972 na třech stanovištích (Š k a r d a et al., 1985; K l í r et al., 1990). Charakteristiku stanovišť uvádí tab. I.

V Praze-Ruzyni je zavedena devítihonná rotace plodin se zastoupením vojtěšky (45 % obilnin, 33 % okopanin, 22 % vojtěšky), tj. pokus A, a dvouhonný osevní postup bez leguminózy, ve kterém se střídá cukrovka s jarní pšenicí (50 % obilnin, 50 % okopanin), tj. pokus B. Na stanovištích Kostelec nad Orlicí, Břilice a Pernolec představuje osevní postup sled tří zrnin (bob, ozimá pšenice, jarní ječmen).

Stanoviště ¹	Půdní typ ²	Půdní druh ⁵	Dlouhodobý průměr ročních ⁹	
			srážek ¹⁰ (mm)	teplot ¹¹ (°C)
Praha-Ruzyně	hnědozem ³	jílovitohlinitá ⁶	450	8,1
Kostelec nad Orlicí	hnědozem	hlinitá ⁷	650	8,3
Břilice	hnědá půda ⁴	jílovitohlinitá	604	7,4
Pernolec	hnědá půda	píščitohlinitá ⁸	624	6,9

¹ site, ² great soil type, ³ Luvisol, ⁴ Cambisol, ⁵ soil texture, ⁶ clay loam, ⁷ loam, ⁸ sandy loam, ⁹ long-term average of annual, ¹⁰ precipitation, ¹¹ temperatures

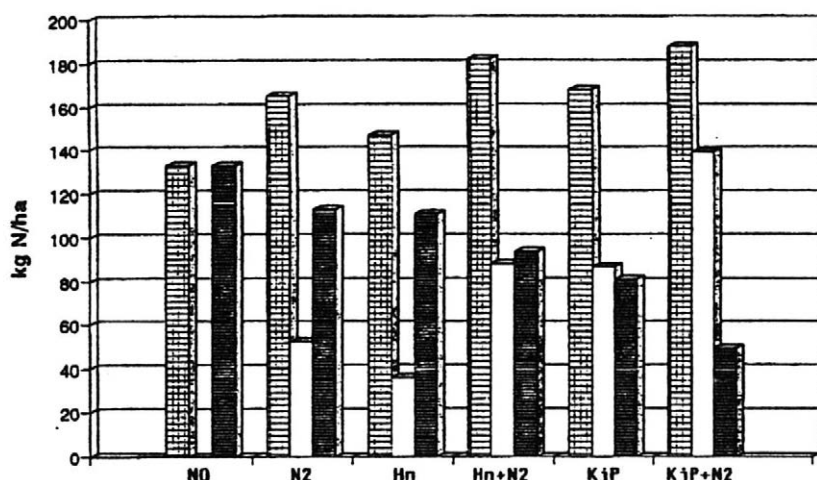
Pokus v Praze-Ruzyni byl založen k porovnávání účinnosti různých kombinací organominerálního hnojení, kdežto pokus na mimopražských stanovištích je určen především ke zhodnocení účinnosti stupňovaných dávek kejdy prasat v porovnání s ekvivalentními dávkami živin v průmyslových hnojivech.

K hodnocení účinnosti živin z aplikovaných hnojiv byla použita obvyklá diferenční metoda, spočívající v porovnání odběru živiny rostlinami na hnojené a nehnojené variantě pokusu. V případě zvýšeného odběru vlivem hnojení se tato difference vyjádří jako procentuální podíl aplikovaného množství živiny.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Z údajů o bilanci dusíku v osevním postupu s vojtěškou (pokus A) znázorněných na obr. 1 a v tab. II je zřejmé, že na variantě s kejdou prasat byl přívod dusíku do půdy v průměru o 50 kg vyšší než na variantě s hnojem. To je v souladu s metodikou pokusu, podle níž jsou dávky obou typů organických hnojiv vypočteny s cílem zajistit stejný přívod organických látek do půdy. V porovnání s variantami s hnojem má kejda prasat v těchto půdně-klimatických podmínkách pozitivní vliv na odběr dusíku a výnosy plodin, a to i přes vyšší předpokládané ztráty volatilizací volného NH₃. Na akumulaci schopnost organického dusíku z kejdy poukazují A m b e r g e r et al. (1982). Po vytěsnění amoniakálního dusíku sušením kejdy se v inkubačním pokusu za 40 týdnů přes značně úzký poměr C : N (= 13) takto upravené kejdy rozložilo jen 17 % (kejda prasat), 22 % (kejda drůbeže) a 27 % (kejda skotu) organicky vázaného dusíku. Je tedy možné konstatovat, že pouze malá část (10 %) organického dusíku kejdy prasat je rychle rozložitelná a zbylý podíl se rozkládá podobně jako humus (1 až 3 % ročně).

Hnojení kejdou ovlivňuje podstatně i dynamiku anorganického dusíku v půdě. Z celkového dusíku v kejdě je 50 až 60 % ve formě NH₄-N (z toho 5 až 10 % je volný čpavek). Amonný iont podléhá v půdě za příznivých podmínek rychlé nitrif-



I. Průměrná roční bilance dusku v dlouhodobém pokusu v Praze-Ruzyni (počítáno pro období 1977 až 1988) – Average annual nitrogen balance in long-term experiment carried out in Praha-Ruzyně (calculated for the period 1977 to 1988)

▨ - odběr N - N uptake

□ - hnojení N - N manuring and fertilization

■ - diference N - N difference

N0 - nehnojená kontrola - untreated control

N2 - průmyslová N hnojiva - mineral N fertilizers

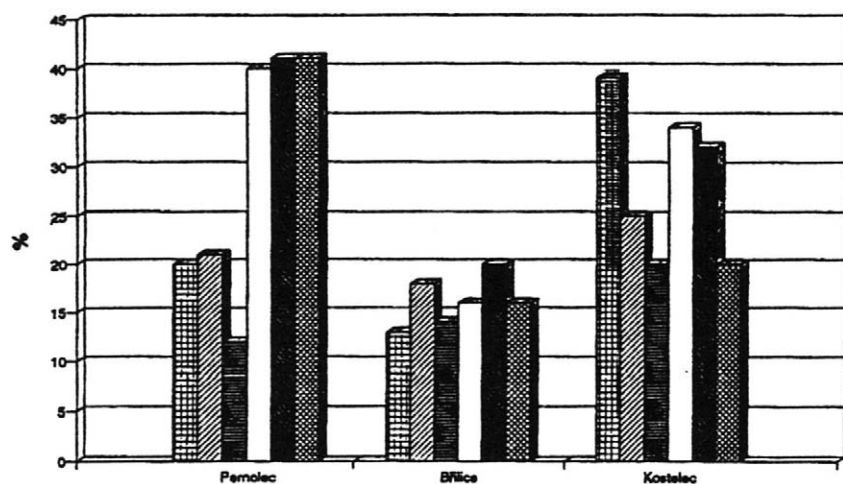
Hn - hnůj - farmyard manure

KjP - kejda prasat - pig slurry

II. Průměrná roční bilance dusku (Praha, 1977 až 1988, pokus A) – Annual nitrogen balance (Praha, 1977 to 1988, field A)

Varianta ¹	N-hnojení ²	Odběr N rostlinami ³	Bilance N ⁴	Účinnost hnojení ⁵
	kg N.ha ⁻¹			(%)
N0	0	133	-133	-
N1	32	150	-118	55
N2	52	165	-113	62
N4	74	174	-100	56
hnůj ⁶	36	147	-111	39
hnůj + N2	88	182	-94	56
hnůj + N4	110	179	-69	42
kejda ⁷	87	168	-81	40
kejda + N2	139	188	-49	40
kejda + N4	161	199	-38	41

¹variant, ²N-fertilizing (organic + mineral), ³N-uptake, ⁴N-balance (input - output), ⁵fertilizing efficiency, ⁶farmyard manure, ⁷pig slurry

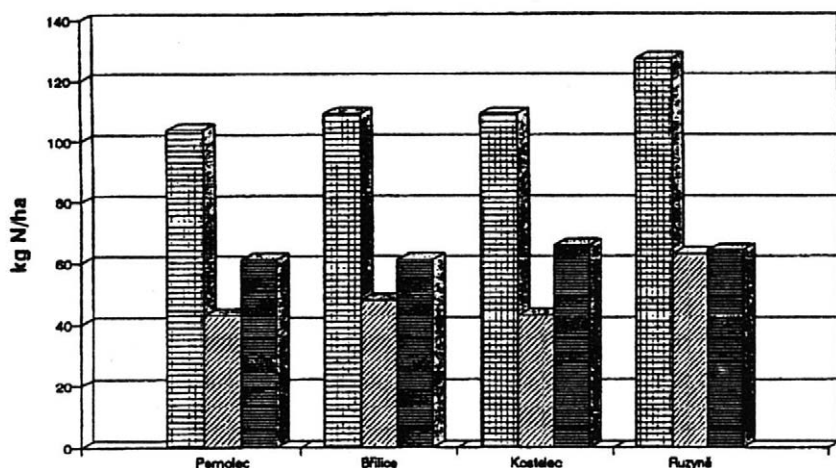


2. Průměrná účinnost dusku z kejdy prasat a ekvivalentních dávek průmyslových N hnojiv (1972 až 1988) – Average nitrogen efficiency of pig slurry and equivalent mineral N fertilizers (1972 to 1988)

- ▨ - kejda prasat I ($79 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) - pig slurry I ($79 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$)
- ▧ - kejda prasat II ($104 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) - pig slurry II ($104 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$)
- ▩ - kejda prasat III ($128 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) - pig slurry III ($128 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$)
- - průmyslová N hnojiva I ($88 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) - mineral N fertilizers I ($88 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$)
- ▤ - průmyslová N hnojiva II ($114 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) - mineral N fertilizers II ($114 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$)
- ▥ - průmyslová N hnojiva III ($140 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) - mineral N fertilizers III ($140 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$)

fikaci (Růžek, 1993). Z obr. 2 vyplývá, že na lehkých půdách s vysokou promyvností (Pernolec, Břilice) je účinnost dusku z kejdy nižší než na hnědozemi v Kostelci nad Orlicí. Vyšší účinnost dusku z průmyslových hnojiv (ekvivalent) na lehkých půdách (zvláště v Pernolci) je způsobena rozdílnou aplikací organických (65 až 80 % aplikováno na podzim) a průmyslových (10 až 15 % aplikováno na podzim) hnojiv, což je v souladu s metodikou tohoto pokusu.

Na základě výnosových výsledků z uvedených pokusů bylo zjištěno, že průměrné výnosy na dlouhodobě nehnojených variantách (s výjimkou pokusu B) jsou relativně vysoké a dosahují 65 až 79 % výnosů na optimálně hnojených variantách. Je to způsobeno zařazením bobu, případně vojtěšky v uvedených pokusech jako plodin s významnou symbiotickou fixací vzdušného N_2 . Způsob určení podílu takto získaného dusku na celkové bilanci je zřejmý z tab. III. Marečeková (1983) uvádí průměrný obsah dusku v nadzemní části bobu $144 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, přičemž 60 % z toho tvoří dusík akumulovaný z fixace. Další 30 kg N z fixace je obsaženo v kořenech a posklizňových zbytcích a vrací se do půdy. U vojtěšky je uváděn průměrný roční odběr dusku ve výši 246 kg a z toho lze předpokládat 75 % původem z fixace. V kořenech se započítává dalších 60 kg N pocházejícího ze symbiotické fixace.



3. Bilance dusku na nehnojených parcelkách dlouhodobých pokusů (počítáno pro období 1972 až 1988) – Nitrogen balance on unfertilized plots of long-term experiments (calculated for the period 1972 to 1988)

▨ odběr N - N uptake

▤ - N ze symbiotické fixace - N from symbiotic fixation

■ - N z půdy - N from soil

III. Výpočet roční bilance dusku v osevním postupu na nehnojených variantách (1972 až 1988) – Calculation of nitrogen balances on unfertilized plots (1972 to 1988)

Stanoviště ¹	Leguminóza v osevním postupu ²	Průměrný odběr N rostlinami ³ (kg·ha ⁻¹)					
		pouze leguminózy ⁴			všechny plodiny v osevním postupu ⁵		
		celkový odběr N ⁶	ze symbiotické fixace ⁷	z půdní zásoby ⁸	celkový odběr N	ze symbiotické fixace	z půdní zásoby
Pernolec	bob ⁹	158	95	63	104	43	61
Břilice	bob	157	93	64	109	48	61
Kostelec	bob	156	93	63	109	43	66
Praha (A)	vojtěška ¹⁰	254	190	64	127	63	64
Praha (B)	bez leguminózy ¹¹	-	-	-	58	-	58

¹site, ²legume in crop rotation, ³average N-uptake by plants, ⁴legumes only, ⁵all crops in rotation, ⁶total N-uptake, ⁷from symbiotic fixation, ⁸from soil reserve, ⁹beans, ¹⁰alfalfa, ¹¹without legume

Výsledky uvedené na obr. 3 ukazují, že 40 % dusíku odebraného všemi plodinami v osevním postupu s bobem, resp. 50 % odběru dusíku v rotaci s vojtěškou pochází ze symbiotické fixace. Zbylý podíl dusíku (61 až 66 kg.ha⁻¹ ročně) je dodáván z půdy. Pro porovnání je v tab. III doplněna i bilance dusíku na nehnobené variantě pokusu B (osevní postup bez leguminóz).

V uvedených pokusech nebyla s výjimkou stanoviště Pernolec (lehká půda - ztráty vyplavením) a částečně i Ruzyně (pokus B) zjištěna tendence ke snižování obsahu N_t ani C_{ox} v půdě nehnobených parcelek, existují proto zřejmě dodatečné zdroje dusíku, které jeho bilanci doplňují.

V souladu s údaji z literatury (Mouchová et al., 1989; Vostal, Matoušek, 1988) lze předpokládat přívod dusíku (suchá a mokrá depozice) v hodnotě 20 až 30 kg.ha⁻¹ ročně. Dalšími zdroji dusíku mohou být (Köršchens, 1990) i jiné obtížněji měřitelné procesy (např. absorpce plynů půdou a rostlinami či nesymbiotická fixace N).

Literatura

- AMBERGER, A. - VILSMEIER, K. - GUTSER, R.: Stickstofffraktionen verschiedener Gärten und deren Wirkung im Pflanzenversuch. Z. Pfl.-Ernähr. Bodenkde, 145, 1982: 325-336.
- KLÍR, J. - JOKEŠOVÁ, J. - MARKOVÁ, J. - ŠKARDA, M.: Dlouhodobé působení organických hnojiv na výnosy plodin a úrodnost půdy. [Závěrečná zpráva.] Praha, VÚRV 1990.
- KÖRSCHENS, M.: Humus - půdní úrodnost - využití dusíku. In: Sbor. Konf. Humusové látky - aktivní složka systému půda - rostlina, Praha, 1990.
- MAREČKOVÁ, H.: Biologická fixace dusíku a její využití. Stud. Inform. ÚVTIZ, Půdoznal. Melior., 1983 (3).
- MOUCHOVÁ, H. et al.: Sledování bilance dodaných dusíkatých hnojiv k ozimé pšenici pomocí ¹⁵N v polních modelových a lyzimetrických pokusech. [Závěrečná zpráva.] Praha, VÚRV 1989.
- PANNIKOV, V. D. - MINEJEV, V. G.: Počva, klimat, udobrenije i urožaj. Moskva, Kolos 1977.
- RAUHE, K. - HOBERÜCK, J. - SIEGERT, B.: Long-term effect of farmyard manure and mineral fertilizer nitrogen in the plant - soil system. Arch. Acker- Pfl.-Bau Bodenkde, 3, 1987: 711-718.
- RŮŽEK, P.: Vliv různých způsobů hnojení dusíkem na nitrifikační schopnost půdy. Rostl. Vyr., 39, 1993 (9): 805-816.
- ŘÍMOVSKÝ, K.: Využití kejdy prasat k přímému hnojení plodin. [Doktorská dizertace.] Brno, 1990. - Vys. Šk. zeměd.
- SCHERER, H. - WERNER, W. - KOHL, A.: Influence of long-term slurry application on soil nutrients. 1. Nitrogen accumulation and nitrogen mineralization potentials. Z. Pfl.-Ernähr. Bodenkde, 151, 1988: 57-61.
- ŠKARDA, M. - JOKEŠOVÁ, J. - MARKOVÁ, J.: Dlouhodobý vliv kejdy prasat na půdu a rostlinu v osevním postupu. [Závěrečná zpráva.] Praha, VÚRV 1985.
- VOSTAL, J. - MATOUSCH, O.: Bilance dusíku v zemědělství. Praha, 1988.

Došlo 7. 12. 1993

Long-term field experiments provide valuable information that cannot be obtained from short-term experiments. These experiments have contributed greatly to the knowledge of the long-term effect of agricultural practices, especially of fertilizing, on soil fertility.

In Praha-Ruzyně, since 1956, two crop rotations (with or without legumes) were used with different proportion of crops for studying the long-time effect of various types of organic fertilizers (straw, sugar beet thrash, farmyard manure, cattle and pig slurry) and their combination with mineral dressing on nutrient balances in crop rotation. The rotation A consists of 45 % of cereals, 33 % of root crops and 22 % of legumes (spring barley, two years alfalfa, winter wheat, sugar beet, spring barley, potatoes, winter wheat, sugar beet), the rotation B consists only of two crops: sugar beet, spring wheat (50 % cereals, 50 % root crops). On both fields (A, B) similar experimental variants were used: without organic fertilizing and with farmyard manure (to root crops) and also different variants: straw and sugar beet thrash application (B), pig slurry application to root crops (A).

On three sites (Kostelec nad Orlicí, Břilice, Pernolec), since the year 1972, the effect of various doses of pig slurry in combination with mineral dressing on yields and nutrient balances has been studied for investigating the utilization of nitrogen from slurry and mineral fertilizer in cereal crop rotation (beans, winter wheat, spring barley).

i) Utilization of nitrogen from farmyard manure and pig slurry (Fig. 1, Tab. II)

Hectare doses of both organic fertilizers, farmyard manure (21 t for sugar beet, 15 t for potatoes) and pig slurry (60 t for sugar beet, 45 t for potatoes) were determined according to optimal annual organic matter input to the soil (3.6 t for sugar beet, 2.6 t for potatoes).

In comparison to the variant with farmyard manure applied, a pig slurry application, although without straw, has in these climatic and soil conditions the same positive effect (direct for root crops and subsequently for cereals) on the nitrogen balance and crop yields in crop rotation as farmyard manure application.

ii) Utilization of nitrogen from different doses of pig slurry (Fig. 2)

In field experiment performed on three different sites with annual application of various doses of pig slurry or equivalent nitrogen doses in mineral dressing a nitrogen efficiency of increased doses of slurry was studied. The results are very different according to different soil and climatic conditions of experimental sites. On the soils with good conditions for water percolation (Pernolec, Břilice) nitrogen efficiency is much lower than on the soil at Kostelec nad Orlicí. Better efficiency of nitrogen from

mineral dressing (equivalent) on light-texture soils, especially at Pernolec is due to higher leaching of nitrogen from slurry, because 65 to 80 % slurry is applied in the autumn (without straw) and only 10 to 15 % mineral fertilizer is applied in the same season.

iii) Nitrogen balances on unfertilized soils (Fig. 3, Tab. III)

Yields of agricultural crops harvested on long-time unfertilized plots of experiments on different sites are rather high: 65 to 79 % of the yields of optimally fertilized variants. This is apparently caused by a presence of legume plants in rotations. For the studied period from 1972 to 1989 it can be said that 40 % of nitrogen uptake in rotation with beans, 50 % of nitrogen uptake in rotation with alfalfa originates from symbiotic fixation, respectively. The other source of nitrogen is probably atmospheric deposition and non-symbiotic fixation.

Kontaktní adresa:

Ing. Jan Klíř, CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507,
161 06 Praha 6-Ruzyně, tel.: 02/360851, fax:02/365228

Z VĚDECKÉHO ŽIVOTA

2. MEZINÁRODNÍ PRACOVNÍ KONFERENCE O ANTINUTRIČNÍCH FAKTORECH (ANFs) V SEMENECH LUSKOVIN

Ve dnech 1. až 3. prosince 1993 probíhala v holandském Wageningenu v Mezinárodním zemědělském centru druhá pracovní konference o antinutričních látkách v luskovinách. Pořadatelé konference byly katedry a ústavy zdejší Zemědělské univerzity. Workshop se konal po pěti letech jako druhý v pořadí a komplexně svým programem pokrýval problematiku antinutričních látek (ANFs) u luskovin. O šíři záběru vypovídají jednotlivá jednání:

Sekce I: Analytické metody (bílkovinné ANFs; taniny, vicin, konvicin; alkaloidy)

Sekce II: Způsob účinku a negativní efekty u zvířat (inhibitory trypsinu, lektiny, antigenita, taniny, alkaloidy)

Sekce III: Redukce obsahu ANFs (šlechtění rostlin, zpracovatelské technologie, biotechnologie)

Každé skupině antinutričních látek byla věnována zvláštní pozornost od analytických metod před způsob jejich účinku až po možnosti snižování obsahu antinutričních látek jak v surovém produktu (klasické šlechtění, biotechnologie), tak v různých formách krmiv (biotechnologie, zpracovatelské technologie). Každá sekce začínala úvodní přehlednou přednáškou, pokračovala krátkými referáty a stručně prezentovanými postery.

Z uvedených témat poměrně hodně prostoru zabraly výsledky týkající se bílkovinných ANFs (inhibitory trypsinu, chymotrypsinu) a taninů, méně často byla zastoupena problematika alkaloidů a lektinů. Frekvence prezentací neurčuje menší či větší význam dané skupiny antinutričních látek pro výživu, vyjadřuje snad jen množství práce, které bylo příslušnému výzkumu věnováno. Velká pozornost byla též zaměřena na výzkum výživy zvířat ve vztahu k obsahu ANFs v luskovinách.

Za zmínku stojí tento zajímavý výsledek: Inhibitory trypsinu (chymotrypsinu) jsou již dlouho známé jako negativní faktory výživy zvířat (blokují trávicí enzymy v zažívacím traktu, způsobují hypertrofii pankreasu). Na druhé straně jsou to jedny z mála bílkovinných komponentů semen luskovin bohaté na sirné aminokyseliny (cystein) a dokonce se jim přisuzuje protirakovinový účinek. Tento příklad může sloužit jako ukázka toho, že pohled na antinutriční faktory není a nemůže být jednoznačný a že bude třeba dalšího výzkumu k objasnění vztahů těchto látek jak uvnitř rostliny, tak k jejich možné, resp. nutné redukci při zpracování semen luskovin k dalšímu použití.

Z příspěvků prezentovaných na konferenci byla sestavena publikace, vydaná pod názvem *Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds*, která shrnuje všechny nejnovější poznatky v uvedené oblasti z celého světa a může tak sloužit jako cenný zdroj informací.

Konference se zúčastnilo 128 výzkumných a vědeckých pracovníků z 23 zemí světa, účast zástupců české vědy a výzkumu, kteří se problematikou antinutričních látek zabývají, neodpovídala bohužel významu konference.

RNDr. Jaromír Stejskal
Výzkumný ústav technických plodin a luskovin, 787 01 Šumperk

KINETIC STUDY OF HERBICIDE ADSORPTION

J. Kozák, O. Vacek, J. Janků

University of Agriculture, Praha

A kinetic study of the adsorption of herbicide chlortoluron [3-(3-chlor-4methylphenyl)-1,1-dimethylurea] was performed on eight soils. Adsorption was carried out at three temperatures: 5, 25 and 40 °C. The rate constants were calculated from linearised equation of hyperbolic tangent. The values of rate constants were used to calculate thermodynamic constants E^x , ΔH^x , ΔS^x and ΔG^x of adsorption. Two time intervals were distinguished: 0 - 15' and 0 - 120'. The thermodynamic constants made it possible to evaluate the strength of bonding. Low influence of temperature on the initial phases of adsorption indicated that physical bonding prevailed. In a few cases the endothermic character of adsorption was observed. An increase in accessibility of hydrophobic bonding sites was suggested as the explanation.

The fate of organic chemicals in soil is greatly influenced by the extent of its adsorption. Adsorption process shows distinct changes with the time of interaction between sorbate and sorbent. For the purpose of kinetic analyses, four subsequent processes of adsorption, the following has been recognised: 1) macrotransport, 2) microtransport, 3) physical adsorption and 4) chemisorption (H a m a k e r , T h o m p s o n , 1972). For the processes controlled by diffusion and measuring after sufficiently short time intervals according to equation (C r a n k , 1956) the adsorbed amount should be proportionate to the square root of time (eq. 1):

$$1 - E = \frac{6}{\pi^{1/2}} \frac{(Dt)^{1/2}}{a^2} \quad [1]$$

where: E - fraction of approach to the equilibrium

D - diffusion coefficient

t - time

a - radius of the homogeneous spaces into which diffusion can occur

If the equation does not provide valid results, mechanisms other than intraaggregate transport are assumed to control the adsorption process. K h a n (1973)

suggested in these cases the use of the generalised equilibrium theory as proposed by Fava, Eyring (1956):

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} = 2k(1 - \Phi) \sinh [b(1 - \Phi)] = y \quad [2]$$

where: Φ - fraction of amount adsorbed at a_t/a_e

a_t - amount adsorbed in time t

a_e - amount adsorbed at equilibrium

k - adsorption rate constant ($\Phi = 0$)

b - constant related to the extent of the surface stress energy as a result of the placement of molecules

This equation was applied, e.g. in our previous work (Kozák, 1986). Moreale, Bladel (1979) suggested transformation of the relationship between the adsorbed amount and time into linear equation of hyperbolic tangent:

$$q = \frac{q_{\max} Bt}{1 + Bt} \quad [3]$$

where: q - adsorbed amount

$q_{\max}$ - adsorbed amount at equilibrium

t - time

B - constant

Exponential function was found for the description of the rate of adsorption as a most suitable:

$$\frac{\partial q}{\partial t} = k(q_{\max} - q)^N \quad [4]$$

where: k - rate constant

N - order of reaction

Thermodynamic approaches to adsorption phenomenon are very useful for evaluating processes involved in the energetic of adsorption. The energy of activation E^x can be calculated using the Arrhenius equation:

$$k = Ae^{-E^x/RT} \quad [5]$$

where: k - rate constant

T - absolute temperature

R - gas constant

E^x - activation energy for the process under study

A - constant related to the frequency of collisions

The change of enthalpy ΔH can be calculated:

$$\Delta H^x = E^x - RT \quad [6]$$

Entropy of activation can be obtained using thermodynamic form of Eyring's equation (H a l a , R e i s e r , 1966):

$$k = \left(\frac{KT}{h} \right) \exp \left(\frac{\Delta S^x}{R} \right) \exp \left(- \frac{\Delta H^x}{RT} \right) \quad [7]$$

where: k - rate constant of adsorption

K - Boltzman's constant

h - Planck's constant

T - absolute temperature

ΔS^x - entropy of activation

Free energy of activation ΔG^x can be obtained from equation (K e l l ö , T k á ě , 1972):

$$G^x = H^x - T\Delta S^x \quad [8]$$

Details are given in K o z á k (1989). The aim of this contribution was to evaluate the adsorption kinetics of a model organic chemical represented by herbicide chlortoluron [3-(3-chlor-4methylphenyl)-1,1-dimethylurea] and to show usefulness of thermodynamic data for the evaluation of adsorption process.

MATERIAL AND METHODS

Adsorption kinetics were evaluated for the soils characteristics of which are given in the Tab. I. In the following text the above-mentioned soils are reported using the corresponding numbers. Particle size analyses were performed by the densitometric method (V a l l a et al., 1980), organic matter content by the oxidimetric method (V a l l a et al., 1980); specific surface area by the K u t í l e k (1962) method using water vapour as the sorbate; pH_{KCl} by electrometric method in 1:1 suspensions.

Kinetic studies were performed with the herbicide chlortoluron of 99.9% purity. The water solubility of this compound was 70 mg.l^{-1} (25°C). All experiments were carried out at three temperatures 5, 25 and 40°C , respectively ($\pm 1^\circ\text{C}$). Times of interactions were 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 30 minutes, 1, 2, 12 and 24 hours, 3, 7, 10 and 21 days. 5 ml of $10 \text{ }\mu\text{g.g}^{-1}$ herbicide solution was added to 0.5 g of soil and the sample was shaken for the corresponding time intervals in teflon centrifuge tubes. After centrifugation the concentrations of supernatants were determined by means of HPLC.

I. Selected characteristics of soils

No.	Soil (Locality)	Clay content (%)	Specific surface area (m ² .g ⁻¹)	pH _{KCl}	C _{ox} (%)
1	Calcic Chernozem (Brázdim)	31.5	72.43	6.55	1.61
2	Orthic Luvisol (Střemy)	18.3	55.86	6.87	1.22
3	Dystic Cambisol (Červený Potok)	10.6	38.62	4.16	1.87
4	Orthic Podsol (Bělá pod Bezdězem)	4.5	22.36	3.72	4.64
5	Eutric Regosol (Vavříneč)	6.8	15.16	7.14	1.45
6	Eutric Regosol (Na Štěpáně)	13.0	30.27	7.25	1.42
7	Eutric Regosol (Chloumek)	15.0	18.05	7.64	1.02
8	Eutric Regosol (Červená Píška)	9.8	14.82	6.99	0.12

RESULTS

Because in our previous study, in which eq. (2) was applied, non satisfactory results were obtained, experimental data were processed by eq. (3). For these purposes it was linearised as follows:

At the condition $a = q_{\max}$ and $b = B$,

$$y = \frac{abx}{1 + bx} = \frac{bx \cdot a}{bx \left(\frac{1}{bx} + 1 \right)} = \frac{a}{\frac{1}{bx} + 1} \quad [9]$$

and thus:

$$\frac{1}{y} = \frac{1/bx + 1}{a} = \frac{1}{a} \left(\frac{1}{bx} + 1 \right) = \frac{1}{abx} + \frac{1}{a} \quad [10]$$

$$\frac{1}{y} \rightarrow y; \quad \frac{1}{x} \rightarrow x; \quad \frac{1}{a} \rightarrow a_0; \quad \frac{1}{ab} \rightarrow a_1 \quad [11]$$

and thus:

$$a = \frac{1}{a_0}; \quad b = \frac{a_0}{a_1} \quad [12]$$

A computer program was prepared for computation of parameters $q_{\max}$ and B , regression coefficient for evaluation of fit of experimental data to the theoretical curves, rate constant and the order of reaction. The program made it possible to choose any time interval for computation. As a guideline could be used the value of correlation coefficient between experimental data and theoretical curve.

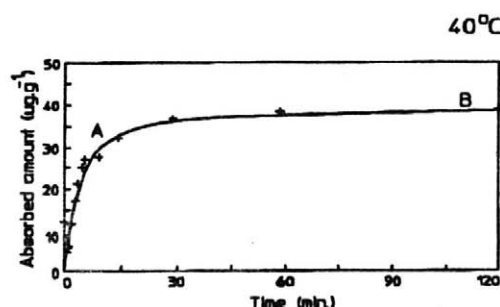
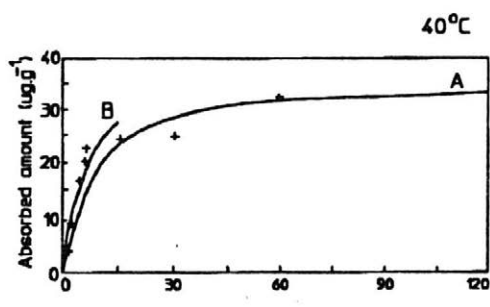
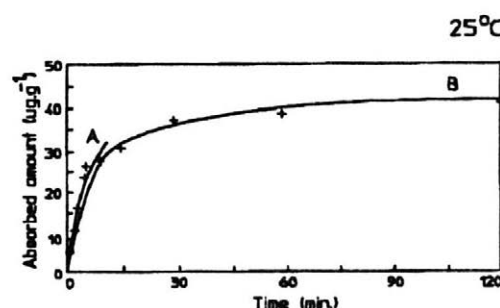
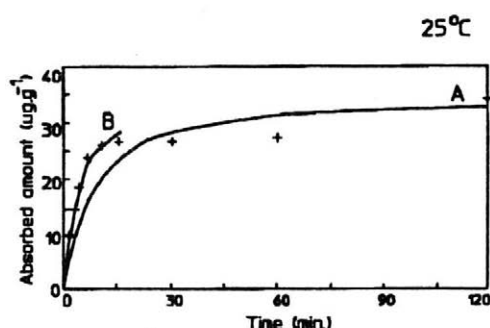
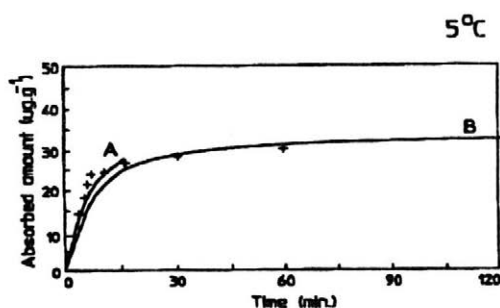
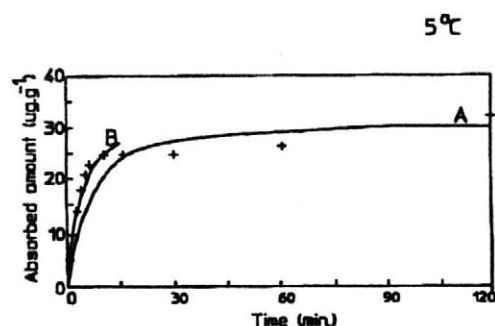
It was possible to describe adsorption kinetics of chlortoluron in two time intervals. At first the interval 0 - 120' was chosen. Our previous study showed after that with the time the curve describing rate of sorption became linear. The typical examples of curves describing the rate of adsorption obtained for soil No. 1 and No. 2 are shown on Figs 1 and 2, respectively (lines denoted as A).

If the time interval 0 - 120' had been chosen, in many cases the used model was not suitable to describe the initial high rate of adsorption. The situation was much improved when the time interval changed to 0 - 15' (lines denoted as B). The rate constants for both time intervals were computed and the results are given in the Tabs II and III, respectively. In all cases the order of reaction reached the value 2 approximately which is reasonable from the point of view of physical principles of adsorption phenomenon. Based on the values of rate constants k , the thermodynamic constants of adsorption were calculated and the results are given in the Tabs II and III.

DISCUSSION

The evaluation of the chlortoluron adsorption kinetics by means of linearised equation of hyperbolic tangent proved to be very useful. This approach made it possible to plot adsorbed amount versus time and not versus square - root of time as in the case of Fava-Eyring equation. The initial phase of adsorption was therefore described in details and time interval 0 - 15' was distinguished. The results showed that a large amount of chlortoluron was sorbed in a very short time. Another advantage of exploitation of the eq. (3) was that actual value of the reaction - order were determined, which indicated the influence of herbicide concentration on the rate of adsorption.

The thermodynamic constants calculated for both time intervals indicated a small influence of temperature and thus a weak bonding due to physical adsorption. Negative values of E^x indicated the exothermic character of the adsorption process. This was apparent especially for soils No. 3, 5, 6, 7 and 8 in both time intervals. Those soils were characterised by low clay fraction and organic matter contents. On the other hand, for soils No. 1 and 4 lesser influence of temperature on the rate of



1. Adsorption kinetics (soil No. 1)

2. Adsorption kinetics (soil No. 2)

adsorption was apparent. Those soils were characterised by higher contents of clay fraction and organic matter. In case of soil No. 2 even positive values of E^x were obtained. This was probably a result of intraparticle transport (energy consuming process). K u k o w s k i, B r ü m m e r (1987) pointed out that influence of temperature on adsorption kinetics is a very complex process and under some conditions both exo- and endothermic processes could take place. The similar conclusions were made also by other authors (F r e e d et al., 1962; C h e u n g et al., 1979; M o r e a l e, B l a d e l, 1979). M o r e a l e, B l a d e l (1979) explained this phenomenon by consumption of energy during penetration of sorbate to the adsorption sites situated in the matrix of organic matter.

II. Thermodynamic characteristics of adsorption of chlortoluron in the time interval 0 - 15'

Soil No.	Temperature	$k \cdot 10^5$	E^x	H^x	G^x	S^x
	(°C)	(s ⁻¹)	(KJ mol ⁻¹)			(KJ mol ⁻¹ .deg ⁻¹)
1	5	11.1	-1.94	-4.48	95.25	-334.5
	25	11.3				
	40	12.0				
2	5	2.8	5.07	2.43	97.93	-320.4
	25	3.8				
	40	3.5				
3	5	7.3	-6.11	-8.71	96.97	-354.5
	25	5.6				
	40	5.5				
4	5	9.5	-0.75	-3.39	96.34	-334.5
	25	8.3				
	40	9.3				
5	5	15.1	-5.36	-7.95	95.12	-345.8
	25	11.8				
	40	11.8				
6	5	2.8	-15.41	-18.0	99.39	-393.9
	25	2.1				
	40	1.3				
7	5	4.1	-2.85	-5.4	96.59	-342.1
	25	6.6				
	40	3.6				
8	5	1.8	-21.35	-23.95	105.76	-435.1
	25	0.16				
	40	0.83				

In case of soil No. 2 (Luvisol), the positive values of E^x could be explained by higher content of clay fraction and by the fact that these soils are characterised by higher occurrence of hydrophobic coatings on soil particles. In case of soil No. 4 in the time period 0 - 120' the positive value of E^x was observed. This could be related to the higher content of organic matter. The herbicide molecules, after easy available adsorption sites, were occupied had to penetrate to the less accessible sites.

III. Thermodynamic characteristics of adsorption of chlortoluron in time interval 0 - 120'

Soil No.	Temperature	$k \cdot 10^5$	E^x	H^x	G^x	S^x
	(°C)	(s ⁻¹)	(KJ mol ⁻¹)			(KJ mol ⁻¹ ·deg ⁻¹)
1	5	6.8	-1.88	-4.48	-96.88	-340.1
	25	5.8				
	40	6.3				
2	5	4.1	3.68	1.05	95.88	-322.3
	25	5.3				
	40	4.8				
3	5	11.6	-19.89	-22.48	97.22	-401.5
	25	5.1				
	40	4.6				
4	5	8.5	2.72	0.13	96.92	-324.7
	25	6.0				
	40	10.3				
5	5	7.8	-1.82	-10.22	97.05	-359.8
	25	5.5				
	40	5.5				
6	5	7.8	-5.28	-7.87	97.3	-352.7
	25	5.0				
	40	6.3				
7	5	20.3	-12.73	-15.32	94.41	-368.1
	25	15.8				
	40	10.8				
8	5	5.5	-11.39	-14.3	98.52	-377.6
	25	3.0				
	40	3.3				

The H^x values indicated physical adsorption in all cases. The ΔS^x values suggest a decrease in the degrees of freedom or arrangement for chlortoluron molecules on the adsorbent surface.

Low influence of temperature on the rate of adsorption and in a few cases even positive values of E^x could be explained by increased effect of hydrophobic bonding. Scanning electron micrographs of the humic and fulvic acid fractions show that this active fraction of organic matter has a fibrous, fabric or sponge-like

structure (Schnitzer, 1978). According to Stevenson (1972) the soil organic matter contains polymers of molecular weight as high as 300 000; certain portions of these polymers are hydrophobic. Compounds of low water solubility are preferentially adsorbed to these hydrophobic areas. This mechanism was suggested, e.g. for adsorption of dinitroanilide herbicides, as reported by Weber, Monaco (1972) and Carringer et al. (1975) for nonionic herbicides of low water solubility.

In our study this mechanism should be responsible for the higher rate of adsorption at higher temperatures by soils with higher organic matter content. The higher temperature probably caused a disruption of the intraparticle H-bonding and thus, an increase in accessibility of hydrophobic adsorption sites.

CONCLUSIONS

The linearised equation of hyperbolic tangent was successfully exploited for description of adsorption kinetics of chlortoluron herbicide on eight soils. The procedure made it possible to characterise the first phase of adsorption in more details and to calculate the rate of reaction more accurately. The thermodynamic constants of adsorption allowed evaluation of the strength of bonding. Low influence of temperature on the initial phases of adsorption indicated that physical bonding prevailed. In a few cases the endothermic character of adsorption was observed. An increase in accessibility of hydrophobic bonding sites was suggested as the explanation. The method can be exploited for description of adsorption kinetics of organic chemicals on soils.

References

- CARRINGER, R. D. - WEBER, J. B. - MONACO, T. J.: Adsorption - desorption of selected pesticides by organic matter and montmorillonite. *J. Agric. Fd Chem.*, 23, 1975: 568-572.
- CHEUNG, M. W. - MINGELGRIN, U. - BIGGAR, J. U.: Equilibrium and kinetics of desorption of picloram and parathion in soil. *J. Agric. Fd Chem.*, 27, 1979: 1201-1206.
- CRANK, J.: The mathematics of diffusion. London, Oxford Clarendon Press 1956.
- FAVA, A. - EYRING, H.: Equilibrium and kinetics of detergent adsorption - a generalised equilibrium theory. *J. Phys. Chem.*, 60, 1956: 890-898.
- FREED, V. M. - VERNETTI, J. - MONTGOMERY, M.: Proc. U. K. Weed Control Conf., 1962. In: HAMAKER, J. W. - THOMPSON, J. M.: Adsorption. In: GORING, C. A. J. - HAMAKER, J. W. (eds): Organic Chemicals in the Soil Environment. New York, Marcel Dekker, 1, 1972: 49-145.
- HALA, E. - REISER, A.: Fyzikální chemie 2. Praha, Academia 1966: 276 p.
- HAMAKER, J. W. - THOMPSON, J. M.: Adsorption. In: GORING, C. A. J. - HAMAKER, J. W. (eds): Organic Chemicals in the Soil Environment. New York, Marcel Dekker, 1, 1972: 49-145.
- KELLÖ, V. - TKÁČ, A.: Fyzikálna chémia. Bratislava, Alfa 1972: 380-420.
- KHAN, S. U. Equilibrium and kinetic studies of the adsorption of 2,4-D and picloram on humic acid. *Can. J. Soil Sci.*, 53, 1973: 429-464.

- KOZÁK, J.: Adsorption of chlortoluron: A kinetic study. In: Soil in relation to the phytomass production and landscape formation. Trans. 6th Czechoslov. Soil Sci. Conf., 2, 1986: 428-433.
- KOZÁK, J.: Chování herbicidů v půdách. [Doktorská dizertace.] Praha, 1989: 31-84. - Vys. Šk. zeměd.
- KUKOWSKI, H. - BRÜMMER, G.: Investigation on ad- and desorption of selected chemicals in soils. [Report.] Kiel Univ., 1987: 1-83.
- KUTÍLEK, M.: Nová metoda pro stanovení specifického povrchu půdy. Rostl. Výr., 8, 1962 (6): 767-772.
- MOREALE, A. - BLADEL, R. VAN: Behavior of 2,4-D in Belgian soils. J. Envir. Qual., 9, 1979: 627-633.
- SCHNITZER, M.: Humic substances: Chemistry and reactions. In: SCHNITZER, M. - KHAN, S. U. (eds): Soil Organic Matter. New York, Elsevier Sci. Publ. 1978: 1-64.
- STEVENSON, F. J.: Organic matter reactions involving herbicides in soil. J. Envir. Qual., 1, 1972: 333-343.
- VALLA, M. - KOZÁK, J. - DRBAL, J.: Cvičení z půdoznalství II. Praha, SPN 1980: 35-50, 65-70.
- WEBER, J. B. - MONACO, T. J.: Review of the chemical and physical properties of the substituted dinitroaniline herbicides. Proc. South. Weed Sci. Soc., 25, 1972: 31-37.

Received on November 7, 1993

KOZÁK, J. - VACEK, O. - JANKŮ, J. (Vysoká škola zemědělská, Praha):

Kinetická studie adsorpce herbicidu.

Rostl. Výr., 40, 1994 (4): 333-342.

Kinetická studie adsorpce chlortoluronu proběhla na vzorcích z humusových horizontů osmi půd při třech teplotách: 5, 25 a 40 °C. Rychlostní konstanty byly vypočítány podle linearizované rovnice hyperbolické tangenty, která byla upravena pro tento účel. Tento postup umožnil podrobný popis počátečních stadií adsorpčního procesu. Byl připraven program pro výpočet základních parametrů této rovnice, který umožňuje zahrnout pro výpočet jakýkoliv časový úsek. Měřitkem je hodnota korelačního koeficientu mezi experimentálními daty a teoretickou křivkou. Současně byly vypočteny termodynamické konstanty adsorpce: aktivační energie E^x , změna enthalpie ΔH^x , změna entropie ΔS^x a volná energie aktivace ΔG^x . Rozbor průběhu sorpce ukázal, že značná část chlortoluronu je adsorbována ve velmi krátké době, i když tento proces pokračuje. Hodnoty termodynamických konstant ukazovaly na malý vliv teploty na průběh adsorpce. V některých případech byl pozorován endotermní charakter sorpce. Pro vysvětlení byla navržena hypotéza o zvýšeném podílu hydrofobní vazby, související se zvýšeným obsahem organické hmoty. Navržená metoda může být uplatněna při studiu kinetiky sorpce organických chemikálií v půdách.

Contact Address:

Prof. ing. Josef K o z á k , DrSc., Vysoká škola zemědělská, 165 21 Praha 6-Suchdol,
tel.: 02/3382757, fax: 02/3382757

VLIV VYBRANÝCH PESTICIDŮ NA AKTIVITU ENZYMU GLUTAMÁTKINÁZY V LISTECH OZIMÉ PŠENICE

J. Tábořský, L. Vašáková

Vysoká škola zemědělská, Praha

Při regulaci aktivity enzymu glutamátkinázy [E.C.2.7.2.11] v listech ozimé pšenice vybranými pesticidy bylo zjištěno, že přípravky Arelon, Bayleton a Impact při koncentraci 0,1 % v inkubační směsi působily jako parciální inhibitory. Přípravky Aminex, Baytan, Starane a Tilt se při této koncentraci projevíly jako totální inhibitory. Při koncentraci přípravků 0,01 % v inkubační směsi zůstala totální inhibice nezměněna u přípravků Aminex a Tilt, u přípravků Bayleton, Impact a Starane se inhibiční působení snížilo. Arelon se v této koncentraci choval jako aktivátor glutamátkinázy. Dále byl zjišťován vliv pesticidů na aktivitu glutamátkinázy v přítomnosti L-prolinu v inkubační směsi. Žádný z pesticidů použitých v experimentu neuvolnil L-prolin z efektorového centra glutamátkinázy a nezrušil jeho alosterickou inhibici.

Prolin (2-pyrrolidinkarboxylová kyselina) se v organismech nejčastěji syntetizuje z kyseliny glutamové. Enzym glutamátkináza [E.C.2.7.2.11] katalyzuje první reakci biosyntetické cesty vzniku prolinu, při níž se kyselina glutamová mění na gama-glutamylfosfát. Jde o klíčový (regulační) enzym biosyntézy prolinu. Glutamátkináza je oligomerní enzym o molekulové hmotnosti přibližně 254 000, regulovaný zpětnovazebnou inhibicí L-prolinem. Optimální pH pro aktivitu glutamátkinázy v ozimé pšenici je 7,2. K_m (Michaelisova konstanta) pro kyselinu glutamovou je $1,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol.l}^{-1}$ (V a š á k o v á, 1980). Aktivita glutamátkinázy je regulována celou řadou anorganických a organických látek i dalšími faktory, jako je např. teplota a světlo.

Biosyntéza prolinu je zvlášť intenzivní při nízkých teplotách (H e b e r et al., 1973), za sucha (P e t o g, 1981), v prostředí se zvýšenou koncentrací solí (G ö r i n g, T h i e n, 1978), ale i např. při kvetení (V a l l é e et al., 1977). Ve všech těchto uvedených případech se obsah prolinu v rostlinách několikanásobně zvýšil. Rostlina tedy může prolin využívat jako zdroj energie (vodík z jeho molekuly může sloužit v respiračním řetězci k syntéze adenosintrifosfátu). Prolin se tak stává významným faktorem zvyšování odolnosti rostlin k překonání stresových podmínek prostředí.

Je zřejmé, že se prolin účastní fyziologických a biochemických pochodů, které mají významný vztah k odolnosti rostlin. Proto jsme se v této práci zaměřili na studium působení vybraných pesticidů na aktivitu glutamátkinázy.

MATERIÁL A METODA

K pokusům byly použity listy 14denních rostlin ozimé pšenice (*Triticum sativum* L.) mrazuvzdorné odrůdy Mironovská. Rostliny byly vypěstovány na pařeňištní zemině v dřevěných truhlících ve skleníku na denním světle při teplotě 20 až 25 °C.

Z listů rostlin byly standardní metodou připraveny acetonové prášky (F e r e n č í k et al., 1981), které byly extrahovány 0,05 mol.l⁻¹ draselnofosfátovým tlumičem pH = 7,2. Centrifugací (0 °C, 20 min, 22 000 g) byly získány supernatanty, ze kterých byla krystalickým síranem amonným vysolena frakce glutamátkinázy. Vysrážené bílkoviny byly odděleny odstředěním (0 °C, 10 min, 6 000 g). Sediment obsahující aktivní glutamátkinázu byl rozpuštěn v potřebném objemu extrakčního tlumiče. Amonné ionty, které ovlivňují aktivitu glutamátkinázy, byly odstraněny dialýzou (0 °C, 24 h) v extrakčním tlumiči (V a š á k o v á , 1980).

Aktivita glutamátkinázy byla stanovena spektrofotometricky hydroxamátovou metodou (Y o s h i n a g a et al., 1975). K inkubaci byla použita modifikovaná směs o objemu 1 ml (V a š á k o v á , 1980) tohoto složení:

0,1 ml 0,2 mol.l⁻¹ ATP
0,05 ml 0,4 mol.l⁻¹ MgSO₄.7H₂O
0,1 ml 4 mol.l⁻¹ NH₂OH.HCl
0,05 ml 0,4 mol.l⁻¹ L-glutamové kyseliny
0,2 ml 0,25 mol.l⁻¹ draselnofosfátového tlumiče pH = 7,2
0,1 ml pesticidu o koncentraci 0,1 % nebo 0,01 %, resp. 0,1 ml destilované H₂O
0,4 ml enzymového preparátu v 0,05 mol.l⁻¹ draselnofosfátovém tlumiči

Při pokusech s L-prolinem měla inkubační směs toto složení:

0,05 ml 0,4 mol.l⁻¹ ATP
0,05 ml 0,4 mol.l⁻¹ MgSO₄.7H₂O
0,05 ml 4 mol.l⁻¹ NH₂OH.HCl
0,05 ml 0,4 mol.l⁻¹ L-glutamové kyseliny
0,2 ml 0,25 mol.l⁻¹ draselnofosfátového tlumiče pH = 7,2
0,1 ml pesticidu o koncentraci 0,01 %, resp. 0,1 ml destilované H₂O
0,1 ml 0,5 mol.l⁻¹ L-prolinu, resp. 0,1 ml destilované H₂O
0,4 ml enzymového preparátu v 0,05 mol.l⁻¹ draselnofosfátovém tlumiči

Inkubace pokusných a kontrolních variant proběhla na třepacím ultratermostatu (30 °C, 90 min). Reakce byla zastavena přidávkou 1,5 ml vybarvovacího činidla (Y o s h i n a g a et al., 1975). Vysrážené bílkoviny byly odstraněny centrifugací. Intenzita zabarvení vytvořeného hydroxamátu byla měřena spektrofotometricky při vlnové délce 540 nm. Aktivita glutamátkinázy byla vyjádřena v procentech aktivity oproti kontrolní variantě. Uvedené výsledky jsou aritmetickým průměrem ze dvou měření.

Charakteristika použitých pesticidních přípravků:

- 1) **Název:** Aminex Pur
Obsah účinné látky: MCPA 28 %
Výrobce: Istrochem, Bratislava, Slovensko
Zařazení: herbicid
- 2) **Název:** Arelon 75 WP
Obsah účinné látky: izoproturon 75 %
Výrobce: Hoechst, Frankfurt nad Mohanem, Německo
Zařazení: herbicid
- 3) **Název:** Bayleton 25 WP
Obsah účinné látky: triadimefon 25 %
Výrobce: Bayer, Leverkusen, Německo
Zařazení: fungicid
- 4) **Název:** Baytan Universal 19,5 WS
Obsah účinných látek: fuberidazol 2 %
imazalil 2,5 %
triadimenol 15 %
Výrobce: Bayer, Leverkusen, Německo
Zařazení: mořidlo osiva
- 5) **Název:** Impact Super
Obsah účinných látek: flutriafol 47 g/l
chlorothalonil 300 g/l
Výrobce: ICI Agrochemicals, Fernhurst, Velká Británie
Zařazení: fungicid
- 6) **Název:** Starane 2
Obsah účinné látky: fluroxypyr 200 g/l
Výrobce: Dow Elanco, Vídeň, Rakousko
Zařazení: herbicid
- 7) **Název:** Tilt 250 EC
Obsah účinné látky: propiconazole 250 g/l
Výrobce: Ciba-Geigy, Basilej, Švýcarsko
Zařazení: fungicid

Pro naše experimenty jsme zvolili dvě hodnoty koncentrací pesticidních přípravků v inkubační směsi: 0,1 a 0,01 %. Při volbě těchto hodnot jsme vycházeli z doporučených koncentrací pro aplikaci použitých přípravků v praxi.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Na aktivitu glutamátkinázy působí celá řada látek. Z dostupné literatury jsme nezjistili žádné údaje pojednávající o vlivu vybraných pesticidů na aktivitu glutamátkinázy.

V našich pokusech jsme zjistili, že glutamátkináza z listů ozimé pšenice byla parciálně inhibována při 0,01% koncentraci pesticidy Bayleton, Impact a Starane. Jako totální inhibitory se projevíly při obou koncentracích pesticidy Aminex, Baytan a Tilt. Pouze Arelon působil při 0,01% koncentraci jako aktivátor glutamátkinázy; bylo dosaženo 130,5% aktivity oproti kontrole (tab. I).

I. Aktivita glutamátkinázy v listech ozimé pšenice v přítomnosti vybraných pesticidů – Glutamate kinase activity in winter wheat leaves in the presence of selected pesticides

Varianta ¹	Koncentrace přípravku ² (%)	
	0,1	0,01
	aktivita ³ (%)	
Kontrola ⁴ (bez pesticidu ⁵)	100,0	100,0
Aminex Pur	0,0	0,0
Arelon 75 WP	53,8 ± 0,9	130,5 ± 0,6
Bayleton 25 WP	51,9 ± 0,8	93,9 ± 0,8
Baytan Universal 19,5 WS	0,0	0,0
Impact Super	25,0 ± 0,8	72,0 ± 0,7
Starane 2	0,0	63,4 ± 0,7
Tilt 250 EC	0,0	0,0

¹variant, ²concentration of preparation, ³activity, ⁴control, ⁵without pesticide

Vzhledem k tomu, že v přítomnosti některých pesticidů byla zaznamenána určitá aktivita glutamátkinázy, sledovali jsme i aktivitu glutamátkinázy v přítomnosti těchto pesticidů a 0,5 mol.l⁻¹ roztoku L-prolinu při 30 °C. Zajímalo nás, zda některý pesticid tzv. vypne inhibiční působení L-prolinu, který v uvedené koncentraci a při 30 °C působí na glutamátkinázu plně inhibičně na základě inhibice zpětnou vazbou. Některé látky při určité koncentraci (KCl, NaCl, K₂SO₄, beta-indolyloctová kyselina, sacharóza aj.) dokáží uvolnit 0,5 mol.l⁻¹ L-prolin z efektorového centra glutamátkinázy, čímž se jeho inhibiční působení ruší a glutamátkináza je aktivní (V a š á k o v á, V o m a s t k o v á, 1990). Žádný z pesticidů však inhibiční působení 0,5 mol.l⁻¹ L-prolinu v inkubační směsi nevypnul, aktivita glutamátkinázy byla tudíž u všech variant v přítomnosti L-prolinu nulová (tab. II).

Výsledky naší práce ukazují působení vybraných pesticidů na metabolismus rostliny, zejména na oblast metabolismu aminokyselin. Zjistili jsme, že sledované pesticidy blokují částečně nebo zcela biosyntézu prolinu. Můžeme tedy vyvodit

II. Aktivita glutamátkinázy v listech ozimé pšenice v přítomnosti vybraných pesticidů a L-prolinu v inkubační směsi při 30 °C (koncentrace L-prolinu 0,5 mol.l⁻¹, koncentrace pesticidů 0,01 %) – Glutamate kinase activity in winter wheat leaves in the presence of selected pesticides and L-proline in incubation mixture at 30 °C (concentration of L-proline 0.5 mol.l⁻¹, concentration of pesticides 0.01 %)

Varianta ¹	Aktivita ² (%)
Kontrola ³	100,0
Kontrola + L-prolin	0,0
Arelon 75 WP	113,0 ± 0,6
Arelon 75 WP + L-prolin	0,0
Bayleton 25 WP	78,2 ± 0,7
Bayleton 25 WP + L-prolin	0,0
Impact Super	67,3 ± 0,7
Impact Super + L-prolin	0,0
Starane 2	58,6 ± 0,8
Starane 2 + L-prolin	0,0

¹variant, ²activity, ³control

závěr, že uvedené pesticidy ovlivňují jeden z faktorů, který se podílí na odolnosti a produkci rostlin.

L i t e r a t u r a

- FERENČÍK, M. et al.: Biochemické laboratorní metody. Bratislava, Alfa; Praha, SNTL 1981.
- GÖRING, H. - THIEN, B. H.: Dependence of proline accumulation by roots and shoots of corn seedlings on water stress. *Biochem. Physiol. Pfl.*, 172, 1978: 311-314.
- HEBER, U. et al.: Effects of freezing on biological membranes *in vivo* and *in vitro*. *Biochem. Biophys. Acta*, 291, 1973: 23-27.
- PETOG, J.: Genotypic responses in *Sorghum* to drought stress. III. Free proline accumulation and drought resistance. *Crop. Sci.*, 16, 1981: 428-431.
- VALLÉE, J. C. et al.: Mise en évidence d'un effet régulateur de la proline exogène sur le cycle du glycolate chez *Nicotiana tabacum* cv. Xanthi. *Physiol. Pl.*, 40, 1977: 269-275.
- VÁŠÁKOVÁ, L.: Studium počáteční reakce biosyntézy prolinu a její regulace v ozimé pšenice ve vztahu k nízkoteplotnému otužování. [Kandidátská dizertace.] Praha, 1980. - Vys. Šk. zeměd.
- VÁŠÁKOVÁ, L. - VOMASTKOVÁ, M.: Regulace aktivity glutamátkinázy [E.C.2.7.2.11] v ozimé pšenici beta-indolyloctovou kyselinou a sacharózou. Sbor. Vys. Šk. zeměd. Praha, 1990: 31-39.

TÁBORSKÝ, J. - VAŠÁKOVÁ, L. (University of Agriculture, Praha):

The effect of selected pesticides on the activity of glutamate kinase enzyme in winter wheat leaves.

Rostl. Výr., 40, 1994 (4): 343-348.

The regulation of glutamate kinase [E.C.2.7.2.11] enzyme was studied in winter wheat leaves by selected pesticides (Aminex Pur, Arelon 75 WP, Bayleton 25 WP, Baytan Universal 19.5 WS, Impact Super, Starane 2, and Tilt 250 EC). Glutamate kinase catalyzes the first reaction of proline biosynthesis from glutamine acid, that is conversion of glutamine acid into gamma-glutamyl phosphate. Winter wheat plants were cultivated in the glasshouse to 14 years of age (3 right leaves). Acetone powders, which were extracted by 0.05 mol.l⁻¹ of potassium phosphate buffer at pH = 7.2 for 30 minutes, were prepared from the leaves. Extracts were centrifuged for 20 minutes, at 22,000 g, 0 °C. Supernatants obtained were salted out by crystalline ammonium sulphate and after centrifugation for 10 minutes, at 6,000 g, 0 °C the sediments were dissolved in minimum-required volume of 0.05 mol.l⁻¹ of potassium phosphate buffer and then used to determine glutamate kinase activity. Glutamate activity was determined by hydroxamate method after Yoshinaga et al. (1975). Modified incubation mixture of 1 ml volume (Vašáková, 1980) was used for incubation.

In regulation of glutamate kinase enzyme activity in winter wheat leaves by selected pesticides it was found out that the preparations Arelon, Bayleton and Impact acted as partial inhibitors at 0.1 % concentration in an incubation mixture. The preparations Aminex, Baytan, Starane and Tilt were manifested as complete inhibitors at the above concentration. The complete inhibition remained unchanged with the preparations Aminex and Tilt (at the concentration of preparations 0.01 %), and with the preparations Bayleton, Impact and Starane the inhibitory action was reduced. Arelon in this concentration acted as the promoter of glutamate kinase (Tab. I). Moreover, the effect of pesticides on the glutamate kinase activity has been studied in the presence of L-proline in incubation mixture. None of the pesticides used in the experiment released L-proline from effector's centre of glutamate kinase and eliminated its allosteric inhibition (Tab. II).

Kontaktní adresa:

Ing. Jan T á b o r s k ý, Vysoká škola zemědělská, 165 21 Praha 6-Suchbát, tel.: 02/3382646, fax: 02/393703

THE EFFECT OF ANAEROBIC FARMYARD MANURE TREATMENT ON THE SURVIVAL OF SOME PATHOGENIC ORGANISMS

B. Šarapatka

Palacký University, Faculty of Natural Sciences, Olomouc

The present paper deals with the impact of treatment of farmyard manure for biogas production on the survival of pathogens. The technological process of manure fermentation can be divided into two steps; namely, the aerobic stage when the biological material is warmed up to the temperature of 50 to 60 °C for 5 to 7 days; and the anaerobic one which lasts approximately 30 days and is characterized by biogas generation and its further utilization. The objective of our research was to study both the survival and the elimination of *Ascaris lumbricoides* eggs and spores of the fungi *Paecilomyces marquandii*, *Penicillium lanosum*, *Fusarium solani* and *Trichophyton mentagrophytes*. The experimental organisms were placed in special containers and inserted into the fermentation unit at two depths (1,800 and 400 mm, respectively). They were either sealed in glass ampoules to eliminate direct contact with the fermenting material (thermal treatment only), or put into special chambers to allow direct contact with the fermentation process by-products. As the temperatures recorded in the fermentation chambers rarely exceeded 50 °C, the average survival of the organisms sealed in glass ampoules was nearly the same as that of control treatments. The average survival of the pathogens placed in special chambers and exposed both to temperature and fermentation by-products was generally lower than that of cells kept in glass ampoules. The survival rates of *Ascaris lumbricoides*, *Paecilomyces marquandii*, *Penicillium lanosum*, *Fusarium solani* and *Trichophyton mentagrophytes* treated in ampoules and chambers were 14.40, 72.00, 56.25, 100.00, 75.00 %, and 5.80, 12.50, 14.56, 0.00, 0.00 %, respectively.

An important part of most agricultural livestock farming systems is the treatment or disposal of farmyard manure and its full utilization in view of maintaining soil fertility. Currently, there is a search for nontraditional methods, e.g. anaerobic treatment of straw farmyard manure with the subsequent generation of biogas.

In our trials, the principles of the „Olomouc system of farmyard manure treatment“ were adopted. The patentee of this device is Ing. M. Ž i l k a from the town of Olomouc. It is a discontinuous system where in the loaded farmyard manure heats spontaneously up to the fermentation temperature of 50 to 60 °C. Afterwards, the fermentation chamber is sealed to allow the anaerobic process to take place. A description of the technology and equipment has been reported before (cf.

Žilková, 1987; Šarapatková, 1992). A result of the fermentation process is a high-quality farmyard manure compared to the product derived from the traditional storage method (Petříková, 1987). A by-product of the fermentation process is biogas which can serve as an alternative to conventional energy sources on the farm.

In recent years much effort has been made to evaluate various types of farmyard manure fermentation units including a study on the effect of anaerobic conditions on weed seed germination and pathogen viability. The fermentation taking place from the mesophilic through the thermophilic stages either destroyed the germination power of weed seeds completely or at least reduced it markedly (Šarapatková et al., 1993). The present paper deals with the impact of fermentation on pathogen survival and viability.

Recent knowledge on pathogen survival

The effect of temperature and duration of the heat treatment on microorganisms has been studied by many researchers. Gotaas (1956) and Marendiak et al. (1987) reported that temperatures of 55 to 65 °C are capable of destroying common pathogens. Other researchers found that microorganisms could be killed during the anaerobic fermentation of slurry under rather low temperature regimes. Brown et al. (1977) reported 82 to 99 % *Salmonella* elimination at 22 to 37 °C while Olsen, Larsen (1987) described the decimation of various microorganisms at 35 °C during 7 days.

Demuyneck et al. (1984) conclude that thermophilic digestion significantly improves the reduction of pathogens as compared to mesophilic digestion. Pike (1982) reported that at temperatures of 20 to 25 °C, a 90 % reduction of bacteria, parasite ova and viruses required 1 month, 6 months and more than 2 months, respectively. The decimation of *Cooperia oncophora*, *Ocsophagostanum* spp. and *Ascaris suum* is described by Olsen (1985). These parasites lived up to 35 days at 35 °C and only 1 hour at 53 °C.

Pike, Davis (1985) demonstrated a complete devitalization of *Taenia saginata* eggs at 35 °C within 20 days, but a number of authors have found survival of *Ascaris suum* following the heat treatment.

A complex of physical, chemical and biological factors during anaerobic treatment is important for liquidation of pathogenic microorganisms (Finstein et al., 1980).

Our aim regarding the anaerobic fermentation technology was to eliminate the viability of pathogenic organisms in farmyard manure. There was some investigation on the effect of liquid manure anaerobic treatment on pathogenic microorganisms' viability (Forshell, 1983; Leuze et al., 1984; Munch, Schlundt, 1983).

The survival of pathogens under conditions of anaerobic fermentation of straw-farmyard manure was reported by Novák (1990). According to his results 41.6 % of samples of fresh farmyard manure were positive for certain parasites before fermentation with the percentage dropping to 20.5 % following treatment.

MATERIAL AND METHODS

A study of the effect of treatment of farmyard manure on pathogen survival was conducted on the co-operative farm at Výšovice (the district of Prostějov, Czech Republic) where a fermentation unit was constructed according to Ing. M. Žilka's design. The following pathogens were used in our experiments:

1. *Ascaris lumbricoides*: a human and porcine parasitic nematode whose eggs were obtained by dissecting female adults from slaughter pigs intestines. The eggs were repeatedly washed in sterile distilled water until all organic remains were discarded to get clear supernatant. A dense egg suspension was then divided into an experimental portion and a control portion. The control treatment was kept in 2% formalin, a standard culture medium suitable for infectious larvae development. The only criterion for the eggs to be used in the experiment was their appearance. Unfertilized eggs present in the egg suspension were not taken into consideration.

2. *Paecilomyces marquandii* spores: strain no. 6 belonging to the collection of ovidical fungi maintained in the Parasitology Department of Medical Faculty in Olomouc. This fungus was used in four experimental treatments.

3. *Penicillium lanosum* spores: strain no. 45 obtained from the collection of ovidical fungi. The pathogen was used in four variants.

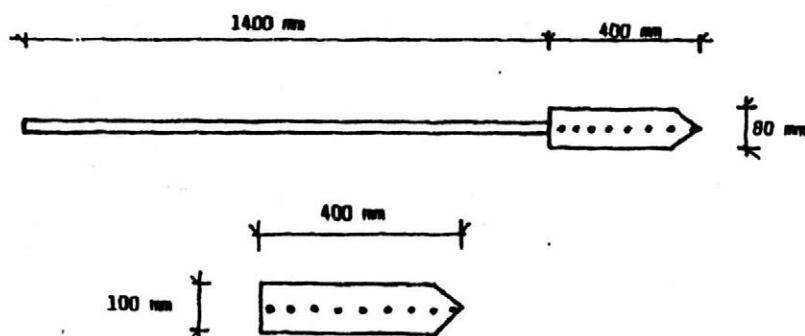
4. *Fusarium solani* spores: a phytopathogenic fungus, strain no. 95 coming from the above collection. It was used in only one variant.

5. *Trichophyton mentagrophytes* spores: a human pathogen fungus, strain no. B 731 belonging to the collection of dermatophytes maintained in the Biological Institute of Medical Faculty in Olomouc. The fungus was used in only one variant.

The experimental organisms were exposed to the fermentation process in two different ways. Specimens of the microorganisms we sealed in glass ampoules to prevent direct contact with the treated biological material and the fermentation process products. The organisms, thus exposed, could be affected only by the heat generated within a certain layer of the fermentation chamber. The microorganisms we also placed in special chambers normally used for isolation of ovidical fungi from the soil (Lýsek, 1968, 1976). The chamber design allowed, for the full penetration of gaseous and liquid products of the fermentation mixture, as well as their direct contact with live model objects.

To eliminate a loss of the experimental microorganisms inside a large-scale fermentation chamber the cells and sealed ampoules were put into hollow, cylindrical, metal probes with several rows of perforations enabling a free flow of waste

products through the probes. The metal probes were either clamped to steel connecting tubes with threads or inserted without any modifications into the fermentation unit at the depths of 1,800 mm and 400 mm, respectively. A thermistor sensor inside each metal probe was attached to a meter outside the fermentation unit via connecting tubes. This made it possible to record temperatures inside the probes during the course of the trials (Fig. 1). The duration of the respective experiments was not constant ranging between 22 and 36 days depending on the operational conditions of the cooperative farm.



1. Design of the probes used to expose test microbes to the environmental conditions inside the fermentation unit

The survival of the exposed *Ascaris lumbricoides* eggs was assessed only by their appearance and according to their morphological characters determined under a light microscope. A preliminary estimation of embryo viability was carried out immediately after completion of the fermentation process and removal of the probes from the fermentation units. The remaining eggs were then kept in a formalin-based culture media at room temperature for 1 month. Afterwards, an assessment was made of the final developmental stage of the eggs and their viability according to morphological criteria. Fully developed, undamaged eggs containing live larvae were considered infectious, while those bearing morphological symptoms of embryo and eggshell disintegration or showing no signs of development even after 1 month of incubation were designated as dead. A large group of eggs which appeared intact, developed into embryos. However, later on, their development ceased. Such eggs were regarded as damaged, and not considered to represent further risk to parasitosis spread.

Spore survival of the fungi under study was estimated by means of standard microbiological techniques on Sabouraud's glucose agar. The major criterion was the ability of the spores to germinate.

RESULTS AND DISCUSSION

The experimental results are summarized in Tab. I, and Figs 2 and 3. Figs 2 and 3 present mean data of four trials carried out over the course of one year. The experiments were conducted on-farm, and it was necessary to fully respect its running operations. This especially influenced the total length of the treatment inside the fermentation unit which ranged from 29 to 45 days. As mentioned above, the process of anaerobic treatment of farmyard manure consists of two stages, namely the aerobic stage lasting approximately 5 to 7 days, when the material is warmed up to the temperature of 50 to 60 °C, and the anaerobic stage (ca. 30 days) which is characterized by a gradual temperature decline. It is well-known that eggs of parasitic worms are killed at about 50 to 60 °C. The optimum temperature range for the development of *Ascaris lumbricoides* is between 24 and 30 °C. At temperatures above 38 °C the eggs are still viable but the embryos inside cease developing. Temperatures above 50 °C are lethal.

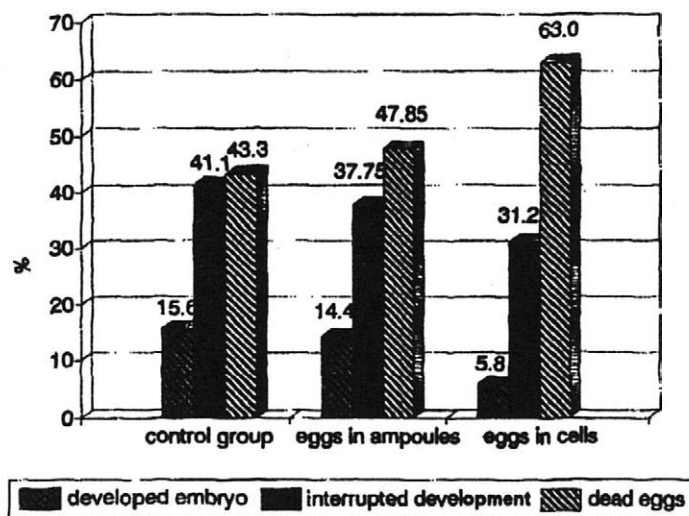
I. Duration of the experiments and temperature conditions

Trial	Duration (days)	Fermentation period (days)	Temperature (°C)		Month
			maximum	minimum	
1	45	35	47	19	January
2	29	22	49	25	May
3	33	33	30	22	December
4	43	36	44	32	October

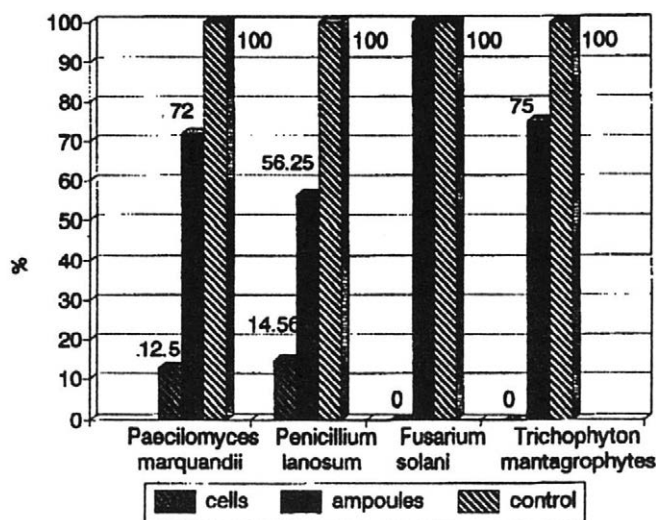
The 60 °C temperature expected to be reached during the first step of the fermentation process would be lethal even for vegetative stages of the fungi used in our study. However, this temperature is less lethal for spores of the fungi depending on the exposure.

Tab. I gives a summary of temperature thresholds in the respective trials. It is evident that the theoretically expected temperature (60 °C) was not recorded in any trial. This is in agreement with the data on the survival of the microorganisms in sealed ampoules which had been exposed only to the temperature inside the fermentation chambers at both stages of the fermentation process. The viability of *Ascaris lumbricoides* eggs treated in the sealed ampoules was practically identical with that of control eggs, and nearly the same as the survival level of the experimental fungi.

2. Effect of the fermentation process on survival of *Ascaris lumbricoides* eggs



3. Effect on the fermentation process on survival of fungal spores



The survival rates of the spores in the sealed ampoules approached those of the control values. Thus, it can be concluded that the temperatures achieved in our trials did not exercise an adverse effect on the survival of the test microorganisms (Figs 2 and 3). As the fermentation units were sealed, free oxygen was quickly depleted followed by disintegrative anaerobic processes and a gradual temperature decline inside the units. Following the early stages in which lactic, butyric, acetic and propionic acids are produced, the major by-products of this biodegradative process are primarily methane and carbon dioxide. In view of the failure to reach thermophilic temperatures, the loss of viability in the exposed test organisms was mainly affected by the above substances. Both gaseous and liquid products of the fermenta-

tation process could penetrate freely through the probes ensuring direct contact with the model organisms.

The gaseous products are fluently delivered from the closed fermentation unit to serve as a rich energy source. In our trials the biogas output was about 24 m³/unit/day. Lactic, acetic, butyric and propionic acids were produced in trace quantities of 0.016, 0.33, 0.02, and 0.16 %, respectively.

A comparison of the data given in Figs 2 and 3 shows that survival of the microorganisms kept in special chambers was generally lower. This was due not only to thermal treatment, but also to a lack of free oxygen and direct action of gaseous and liquid by-products. Under such conditions only one third of *Ascaris lumbricoides* eggs completed their development as compared to the control.

The results of the experiments dealing with the selected fungi were very promising. In all the treatments in which the fungi were subjected to contact with the fermentation products the peak level of survival was about 14 % of the treated spores. For the phytopathogenic strain of *Fusarium solani* and the dermatophyte *Trichophyton mentagrophytes* the actions of the fermentation products were fully lethal.

CONCLUSIONS

To study the effect of the treatment of farmyard manure on various pathogens using the so called „Olomouc method“ according to Ing. M. Žilka a series of four trials was accomplished. The selection of microorganisms was as follows: *Ascaris lumbricoides*, a human and porcine parasitic nematode, fungi *Paecilomyces marquandii* and *Penicillium lanosum*, phytopathogenic fungi *Fusarium solani* and a dermatophyte *Trichophyton mentagrophytes*. The temperatures recorded during the fermentation process were not high enough to adversely affect the viability of experimental eggs and spores both of which survived at rates approaching those of unexposed controls. There was a significant decrease in the survival rate of those experimental organisms which were exposed simultaneously to higher temperatures as well as to direct contact with gaseous and liquid products during the fermentation process. In spite of the fact that our trials were strictly dependent on the operating conditions of the agricultural farm it might be concluded that the technology adopted for treatment of farmyard manure was able to markedly reduce the viability and, thus, the potential spread of the pathogens. Such a process might further contribute to a reduction in the input of chemicals in agriculture.

Acknowledgement

I gratefully acknowledge numerous discussions, ideas, leading, assistance and the evaluation of results which were kindly given by Prof. L ý s e k from the Laboratory of Parasitology, Medical Faculty of Palacký University. Many thanks belong to Mrs. N a v r á t i l o v á for laboratory work.

References

- BROWN, N. L. et al.: Methane generation from human, animal and agricultural wastes. Washington, Nat. Acad. Sci. 1977.
- DEMUYNCK, M. - NYNS, E. J. - NAVEAU, H. P.: A review of the effects of anaerobic digestion on odor and on disease survival. In: GASSER, J. K. R. (ed.): Composting of agricultural and other wastes. London, New York, Elsevier Appl. Sci. Publ. 1984.
- FINSTEIN, M. S. - CIRELLI, J. - SULER, D. J.: Microbial ecosystems responsible for anaerobic digestion and composting. J. Wat. Pollut. Control Fed., 52, 1980 (11): 2675-2685.
- FORSHELL, L. P.: Survival of *Salmonellae* and *Ascaris suum* eggs in a thermophilic methane gas production unit. In: Proc. Joint workshop of expert groups of the CEC DVG and FAO, Stuttgart, 1983: 217-222.
- GOTAAS, H. B.: Composting. Sanitary disposal and reclamation of organic wastes. WHO, Monogr. Ser. (Geneva), 1956 (31): 205 p.
- LEUZE, M. - KOCH, K. - WEKERLE, J.: Influence of mesophilic anaerobic digestion and pasteurization of raw and digested sludge on viruses occurring in human and domestic animals. In: Proc. Inactivation of microorganisms in sewage sludge by stabilization processes, Hohenheim, 1984: 2-27.
- LÝSEK, H.: Novýj metod izyskanija mikroorganizmov gubitělno dějstvujučich na jajca geogelmintov v počve. Med. Parazit. (Moskva), 37, 1968: 183-187.
- LÝSEK, H.: Autodehelminthitization of soil in lowland deciduous forest. Acta Univ. Palack. (Olomouc), Fac. Med., 79, 1976: 51-57.
- MARENDIAK, D. - KOPČANOVÁ, L. - LEITGEB, S.: Poľnohospodárska mikrobiológia. Bratislava, Príroda 1987: 433 p.
- MUNCH, B. - SCHLUNDT, J.: On the reduction of pathogenic indicator bacteria in animal slurry and sewage sludge subjected to anaerobic digestion or chemical disinfection. In: Proc. Joint workshop of expert groups of the CEC DVG and FAO, Stuttgart, 1983: 130-149.
- NOVÁK, P.: Anaerobní fermentace exkrementů hospodářských zvířat z veterinárního hygienického hlediska. Agric. Univ. Veter. Fac. Brno, Ph. D. Thesis 1990: 151 p.
- OLSEN, J. E.: The effect of mesophilic or thermophilic anaerobic digestion of slurry on the survival of pathogenic bacteria, indicator bacteria and intestinal parasites. In: EGNEUS, H. - ELLEGARD, A. (eds): Bioenergy 84. Vol. 3. Biomass conversion. London, 1985: 401-405.
- OLSEN, J. E. - LARSEN, H. E.: Bacterial decimation times in anaerobic digestion of animal slurries. Biol. Wast., 21, 1987: 153-168.
- PIKE, E. B.: Long term storage of sewage sludge. In: BRUCE, A. M. - HAVELAAR, A. H. - HERMITE, P. (eds): Proc. Disinfection of sewage sludge: technical, economic and microbial aspects, Zurich, Dordrecht, Reidel Publ. Co. 1982: 212-224.
- PETŘÍKOVÁ, V.: Vlastnosti organických hnojiv po výrobě bioplynu. Rostl. Vyr., 33, 1987 (11): 1165-1172.
- PIKE, E. B. - DAVIS, R. D.: Stabilization and disinfection - their relevance to agricultural utilization of sludge. In: Sewage sludge stabilization and disinfection, Chichester, Ellis Horwood 1985: 61-91.
- ŠARAPATKA, B.: Methanogeneze olomouckým systémem jako biotechnologická metoda v zemědělské soustavě a ochraně životního prostředí. Agric. Univ. Brno, Ph. D. Thesis 1992: 234 p.

ŠARAPATKA, B. - HOLUB, M. - LHOTSKÁ, M.: The effect of farmyard manure anaerobic treatment on weed seed viability. Biol. Agric. Hort. Acad. Publ. 10, 1993: 1-8.

ŽILKA, M. Úprava chlévské mrvy s produkcí bioplynu. In: Proc. Conf. Possibilities of biogas production and utilization, Palacký Univ. Olomouc, 1987: 39-71.

Received on November 15, 1993

ŠARAPATKA, B. (Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, Olomouc):

Vliv anaerobního ošetřování chlévské mrvy na přežívání některých patogenních organismů.

Rostl. Výr., 40, 1994 (4): 349-357.

Práce řeší vliv anaerobního ošetřování chlévské mrvy s produkcí bioplynu na přežívání patogenních organismů. Je to vedle získání bioplynu a produkce velmi kvalitního organického hnojiva jedna z předností popisované technologie. Výrazný efekt tohoto způsobu zpracování byl zjištěn i při likvidaci semen plevelů.

Technologicky je proces fermentace rozdělen do dvou fází: fáze aerobní se zahrátím materiálu na teplotu 50 až 60 °C, která trvá 5 až 7 dní, a fáze anaerobní, trvající v průměru 30 dní, při které dochází k tvorbě a následnému využití bioplynu.

Výzkum řešil přežívání, resp. likvidaci vajíček *Ascaris lumbricoides* a spor hub *Paecilomyces marquandii*, *Penicillium lanosum*, *Fusarium solani* a *Trichophyton mentagrophytes*.

Pokusné organismy byly ve speciálních zásobnících vkládány do dvou hloubek kvasné jednotky dvěma způsoby: v zatavených ampulích bez přímého kontaktu s fermentovaným materiálem (ovlivněno pouze teplotou) a ve speciálních komůrkách s přímým kontaktem s fermentovaným materiálem.

Jelikož v kvasných jednotkách nebylo dosahováno optimální teploty nad 50 °C (ve skutečnosti v rozmezí 30 až 49 °C), byla životnost pokusných objektů v zatavených ampulích v podstatě shodná s kontrolní skupinou.

V komůrkách, v nichž se kromě teploty na procesu podílely i produkty fermentace, byla ve všech případech průměrná životnost organismů nižší než ve skleněných ampulích (např. u *Ascaris lumbricoides* bylo v ampulích plně vyvinutých embryí 14,4 %, v komůrkách pouze 5,8 %, u *Paecilomyces marquandii* 72 %, resp. 12,5 %, u *Penicillium lanosum* 56,25 %, resp. 14,56 %, u *Fusarium solani* 100 %, resp. 0 % a u *Trichophyton mentagrophytes* 75 %, resp. 0 %).

Contact Address:

Ing. Bořivoj Š a r a p a t k a , CSc., Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta,
tř. Svobody 26, 771 46 Olomouc, tel.: 068/5222451, fax: 068/28047



ADEKO a. s. Vám nabízí

- ☐ **FINANČNÍ LEASING**
- ☐ **ZPROSTŘEDKOVATELSKOU OBCHODNÍ
ČINNOST**
- ☐ **PORADENSTVÍ V OBLASTI PODNIKÁNÍ,
FINANCOVÁNÍ A ORGANIZACE**

**ADEKO a. s.
Slezská 7
120 56 Praha 2**

tel.: 258 342 fax: 207 229



ANALÝZA VLIVU VYBRANÝCH AGROTECHNICKÝCH OPATŘENÍ NA VÝNOS A KVALITU PRODUKCE OVSA

F. Tichý, S. Palík

Výzkumný ústav obilnářský, Kroměříž

V pokusech VÚO Kroměříž, založených ve výrobním typu bramborářsko-ovesném v letech 1979 až 1985, byl sledován vliv výsevků, stupňovaných dávek dusíku a aplikace Retacelu. Účinek těchto opatření byl hodnocen jednak z hlediska rozdílu ve vztahu ke kontrole, jednak podle charakteru jejich působení na výnos a kvalitu zrna ovsa. Analyzovaná opatření zvyšovala výnos v tomto sestupném pořadí: dávka dusíku 120, 90 kg.ha⁻¹; aplikace Retacelu; výsevek 5,5 a 4,5 mil. klíčivých zrn.ha⁻¹. Vyšší dávky dusíkatého hnojení měly pozitivní vliv na produkční odnožování rostlin, u nižších dávek byl pozitivně ovlivněn i počet zrn v latě. Pro dané půdně-povětrnostní podmínky byla zjištěna efektivní dávka 90 kg N.ha⁻¹ s průkazným vlivem na zvýšení výnosů. Přírůstek obsahu bílkovin byl po aplikaci 120 kg N.ha⁻¹ průkazně vyšší než u nižších dávek dusíku. Pokud byl dusík využit pro tvorbu výnosu, nezvýšil výrazněji obsah bílkovin v sušině zrna. Další analyzovaná opatření průkazně neovlivňovala obsah bílkovin v zrně.

V současné době je problematice pěstební technologie ovsa věnována menší pozornost navzdory skutečnosti, že význam ovsa jako součásti lidské výživy ve formě cereálních potravin bude narůstat. Zrno ovsa by se mělo stát součástí každodenní lidské výživy, která kromě svého efektu na snížení rizika civilizačních nemocí umožňuje také přísun nezbytných esenciálních látek nedostupných lidskému organismu, které jsou v zrně zastoupeny ve významném množství (esenciální aminokyseliny, mastné kyseliny). Z tohoto pohledu se ukazuje jako důležité studovat vliv agrotechnických opatření na výnos zrna a obsah hrubých bílkovin v jeho sušině.

O úspěšnosti pěstování ovsa v našich podmínkách spolurozhodují vhodné pěstební technologie, které minimalizují poléhání porostů a snižují škodlivost napadení oběma generacemi bzunky ječné. V pěstebních technologiích lze přímo regulovat zejména výsevek, dávky dusíku a aplikaci morforegulačních či pesticidních přípravků.

Výsevek ovsa, jak uvádí K a s a j e v a (1978), kolísá v SRN od 100 do 190 kg.ha⁻¹ v závislosti na odrůdě, agrotechnice a podmínkách pěstování. T r n k a (1978) doporučuje pro BVT a HVT výsevek 5 mil. klíčivých zrn.ha⁻¹, M i n k l e i (1978) pro raný výsev jen 4 mil. klíčivých zrn.ha⁻¹. U l m a n n (1982, 1988) potvrdil odrůdovou výnosovou reakci na výsevek v podmínkách BVT. M ü l l e r ,

N i e n d o r f (1987) doporučují volit na lehkých půdách nižší normu výsevu v rámci doporučeného rozptěť.

Výše doporučených dávek dusíku kolísá podle jednotlivých autorů v závislosti na podmínkách pěstování od 60 do 120 kg.ha⁻¹ (M i n k l e i , 1978; K u k r e š , 1980; V e z , 1980; K u b l e r , 1982). V našich podmínkách doporučil U l m a n n (1982, 1988) pro odrůdy Pan a Flämingsnova 90 kg N.ha⁻¹, pro odrůdu Veles pak 120 kg N.ha⁻¹.

Jak uvádějí H o f n e r , B r u c k n e r (1980), reaguje oves zkrácením stébla jen na relativně pozdní aplikaci morforegulačních přípravků vzhledem k poměrně vysokému obsahu kyseliny giberelové. U l m a n n (1988) dosáhl po aplikaci 4 l Retacelu.ha⁻¹ v 6. růstové fázi zvýšení výnosu u ovsa Pan v BVT o 0,29 t.ha⁻¹ hlavně díky vyššímu počtu zrn v latě.

MATERIÁL A METODA

Cílem práce bylo stanovit a analyzovat z pokusů VÚO Kroměříž pořadí vlivu základních agrotechnických opatření na výnos a kvalitu ovsa ve výrobním typu bramborářsko-ovesném v lokalitě Březová. Jde o lokalitu s nadmořskou výškou 525 m, s půdou hlinitopísčitou až šterkovitou. Březová leží na úpatí Lopeníku (vysokého 920 m) v Bílých Karpatech na moravsko-slovenském pomezí. Průměrná roční teplota je 7,6 °C, průměrné roční srážky 843 mm. Vzhledem k nutné komplexnosti údajů byly pro analýzu použity výsledky pokusů z let 1979 až 1985. (V současné době je tato stanice zrušena.) V analýze byl sledován vliv výsevků: 3,5 (kontrola), 4,5, 5,5 mil. klíčivých zrn.ha⁻¹, dávek dusíku: 60 (kontrola), 90, 120 kg.ha⁻¹ (v čistých živinách), aplikace Retacelu: bez aplikace (kontrola), 4 l.ha⁻¹ ve fázi F 6 na úroveň výnosu a kvalitu produkce ovsa. Pro analýzu byly vybrány odrůdy Flämingsnova a Pan pěstované po ozimé pšenici.

Působení agrotechnických opatření bylo hodnoceno ze dvou hledisek:

- absolutních rozdílů mezi hodnotami kontroly a hodnotami ovlivněnými zvýšenými vstupy; testováno bylo nezávislým a párovým *t*-testem na hladinách významnosti 0,05 a 0,01; podle těchto absolutních rozdílů bylo stanoveno pořadí vlivu agrotechnických opatření na výnos a kvalitu produkce (obsah hrubých bílkovin v sušině zrna ovsa);
- charakteru působení zvýšených vstupů ve srovnání s kontrolou; k tomuto účelu byla použita lineární regresní analýza a modifikovaná metoda hodnocení stability výnosů (R o d e t a l., 1974).

Vypočítané přímky charakterizující vliv analyzovaného agrotechnického opatření na výnos a kvalitu produkce jsou porovnávány s přímkou kontrolní, která je zavedena tak, že půlí úhel mezi osami *x* a *y*. Při sestavování přímky porovnávaného vlivu faktoru se na osu *x* nanášejí hodnoty kontroly a na osu *y* jsou nanášeny ze

stejných pokusů jim odpovídající vypočítané hodnoty ovlivněné působením agrotechnického opatření. Výsledky byly interpretovány podle grafického znázornění klasifikace znaků (R o d et al., 1974), jak udává obr. 1.

1. Grafické znázornění klasifikace znaků – Diagram of parameter classification (R o d et al., 1974)

Číslo ¹	Schéma ²	d_i/d_2	d_i/b_i	Označení ³
1		+/+	$+d_i \neq 0$ $b_i > 1$	nadprůměrný ⁴ intenzitu zvyšuje ⁶
2		+/0	$+d_i \neq 0$ $b_i \approx 1$	nadprůměrný ⁴ shodný ⁷
3		+/-	$+d_i \neq 0$ $b_i < 1$	nadprůměrný ⁴ intenzitu snižuje ⁹
4		0/+	$d_i \approx 0$ $b_i > 1$	průměrný ⁵ intenzitu zvyšuje ⁶
5		0/0	$d_i \approx 0$ $b_i \approx 1$	průměrný ⁵ shodný ⁷
6		0/-	$d_i \approx 0$ $b_i < 1$	průměrný ⁵ intenzitu snižuje ⁹
7		-/+	$-d_i \neq 0$ $b_i > 1$	podprůměrný ⁸ intenzitu zvyšuje ⁶
8		-/0	$-d_i \neq 0$ $b_i \approx 1$	podprůměrný ⁸ shodný ⁷
9		-/-	$-d_i \neq 0$ $b_i < 1$	podprůměrný ⁸ intenzitu snižuje ⁹

b_i - regresní koeficient přímky porovnávaných opatření¹⁰

¹number, ²scheme, ³designation, ⁴above-average, ⁵average, ⁶intensity is increased, ⁷coincident, ⁸below-average, ⁹intensity is decreased, ¹⁰regression coefficient of the line of treatments compared

Vysvětlivky viz tab. I, II - Explanations see Tabs I, II

Podrobnou metodiku používaných pokusů uvádí U l m a n n (1982, 1985). Pokusy byly založeny metodou vhodnou pro párové hodnocení nebo byly vybrány k tomu použitelné varianty.

VÝSLEDKY

Z výnosových složek měl počet zrn v latě vysoce průkazný vliv na výnos. Významně byl tímto výnosovým prvkem ovlivněn počet obilek na 1 m^2 ($r = 0,92^{**}$). Byla zjištěna neprůkazná negativní korelace mezi počtem lat na 1 m^2 a počtem zrn v latě. Se stoupajícím počtem lat klesal počet zrn v latě.

Vliv na výnos zrna

Výsledky analýzy hodnocení pořadí vlivu agrotechnických opatření na výnos ovsa ve VTBo po obilnině uvádí tab. I. V těchto výrobních podmínkách byl výnos nejvíce ovlivněn dusíkatým hnojením, nejméně výsevkem.

Všechna analyzovaná agrotechnická opatření zvyšovala výnos v tomto pořadí: 120, 90 kg N.ha⁻¹, aplikace Retacelu, výsevek 5,5 a 4,5 mil. klíčivých zrn.ha⁻¹. Vyšší dusíkaté hnojení mělo pozitivní vliv na produkční odnožování rostlin, u nižších dávek byl pozitivně ovlivněn i počet zrn v latě. Ve srovnání s kontrolní dávkou 60 kg N.ha⁻¹ bylo dosaženo při aplikaci 90 a 120 kg N.ha⁻¹ vyššího výnosu o $d_i = 0,30$ a $0,37 \text{ t.ha}^{-1}$. Z uvedeného je zřejmé, že mezi dávkami 90 a 120 kg N.ha⁻¹ byl jen nevýrazný výnosový rozdíl ($0,07 \text{ t.ha}^{-1}$). U nejvyšší dávky 120 kg N.ha⁻¹ se projevila negativní korelace mezi počtem produktivních odnoží a počtem zrn v latě, z čehož vyplývá neefektivnost aplikace této dávky dusíku ve VTBo. Charakter působení obou dávek dusíku byl shodný s kontrolou.

Aplikace Retacelu v 6. růstové fázi v dávce 4 l.ha^{-1} zvýšila výnos o $d_i = 0,27 \text{ t.ha}^{-1}$. Byla tím zvýšena produktivní hustota v průměru o 20 lat na 1 m^2 a počet zrn v latě byl zvýšený o 1,9. Aplikace Retacelu neprůkazně zvyšovala úroveň výnosu. Vyšší výsevky 5,5 a 4,5 mil. klíčivých zrn.ha⁻¹ v průměru analyzovaného období v porovnání s kontrolním výsevkem 3,5 mil. klíčivých zrn.ha⁻¹ zvyšovaly výnos o $d_i = 0,23$ a $0,12 \text{ t.ha}^{-1}$. Vyššími výsevky byla zabezpečena vyšší produktivní hustota porostu. Produktivnost laty měla však klesající tendenci v souladu se stupňovanými výsevky. Výrazněji se však snižoval počet zrn v latě než HTZ. Výsledky nejsou v jednotlivých letech jednoznačné, byla zjištěna odrůdová reakce na výsevek. Výsevek 5,5 mil. klíčivých zrn.ha⁻¹ zvyšoval neprůkazně výši výnosu, charakter působení výsevu 4,5 mil. klíčivých zrn.ha⁻¹ byl shodný s kontrolou.

Vliv na kvalitu produkce

Hlavním kvalitativním znakem nutriční a krmné hodnoty ovsa je obsah bílkovin s nejvyšší biologickou hodnotou ze všech obilnin. Možnost ovlivnění obsahu hrubých bílkovin v sušině zrna ovsa ve výrobním typu bramborářsko-ovesném ukazuje tab. II.

V porovnání s ostatními druhy obilnin poskytuje oves v průměru nejvyšší obsah hrubých bílkovin v sušině zrna (v našem případě 14,18 %). Byla zjištěna neprůkazná záporná korelace ($r = -0,377$) mezi výnosem zrna a obsahem bílkovin v něm.

I. Výsledky regresní analýzy a *t*-testů při hodnocení vlivu vybraných agrotechnických opatření na výnos ovsa ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$) ve VTBo (Březová) – Results of the regression analysis and *t*-tests in evaluating effects of selected treatments on grain yield ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$) of oat in the potato-oat growing region (Březová)

Vliv agrotechnických opatření na výnos ¹	Počet případů ²	Průměrný výnos ovlivněný opatřením ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$) ³	Průměrný výnos kontroly ⁴ ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)	Diference výnosů ⁵ ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)	Pořadí vlivu opatření ⁶	Parametry přímky ⁷		Korelační koeficient ¹⁰ r	Koeficient determinace ¹¹ r^2	Test na sklon přímek ¹²	Testy na vzdálenost mezi přímkami ¹³		
						absolutní člen ⁸ a	regresní koeficient ⁹ b_i				<i>t</i> -test nezávislý ¹⁴	<i>t</i> -test párový ¹⁵	d_1/d_2
Výsevek ¹⁶ 4,5 mil. ha^{-1}	7	3,65	3,53	+0,12	5	0,0787	1,0084	0,9265 ^{xx}	0,9265	0,0487	0,2446	1,2472	+/0
Výsevek 5,5 mil. ha^{-1}	7	3,76	3,53	+0,23	4	-0,3157	1,1518	0,9603 ^{xx}	0,9221	0,9823	0,4626	1,9665	+/+
Aplikace ¹⁷ 90 kg N. ha^{-1}	7	3,72	3,42	+0,30	2	0,4279	0,9614	0,9555 ^{xx}	0,9129	0,2193	0,6436	3,0494 ^{xx}	^{xx} +/0
Aplikace 120 kg N. ha^{-1}	7	3,79	3,42	+0,37	1	0,5447	0,9498	0,8465 ^x	0,7165	0,1716	0,7659	1,9205	+/0
Aplikace Retacelu	7	4,01	3,74	+0,27	3	-0,3866	1,1775	0,9461 ^{xx}	0,8950	1,9723	0,5993	2,1719	+/+

d_i = diference ve vzdálenosti přímek¹⁸

d_2 = rozdíl regresních koeficientů přímek¹⁹ (+1); 0 = shoda s kontrolou²⁰

^x (^{xx}) průkaznost při²¹ 0,05; resp. 0,01

$b_i \sim <0,9 - 1,1>$ = shoda s kontrolou²⁰

¹ effect of treatments on yield, ² number of cases, ³ average yield affected by treatment, ⁴ average yield of the control, ⁵ difference in yield, ⁶ sequence of treatment effect, ⁷ line parameters, ⁸ absolute expression, ⁹ regression coefficient, ¹⁰ correlation coefficient, ¹¹ coefficient of determination, ¹² test for line slope, ¹³ tests for line distance, ¹⁴ independent *t*-test, ¹⁵ paired *t*-test, ¹⁶ seeding rate, ¹⁷ application, ¹⁸ difference in line distance, ¹⁹ difference in regression coefficients of lines, ²⁰ coincidence with the control, ²¹ significance at

II. Výsledky regresní analýzy a *t*-testů při hodnocení vlivu vybraných agrotechnických opatření na obsah bílkovin (N.6,25) v % v sušině zrna ovsa ve VTBo (Březová) – Results of the regression analysis and *t*-tests in evaluating effects of selected treatments on protein content (N.6.25) in grain dry matter (%) of oat in the potato-oat growing region (Březová)

Vliv agrotechnických opatření na obsah bílkovin v sušině zrna ovsa ¹	Počet případů ²	Obsah bílkovin ovlivněný opatřením ³ (%)	Obsah bílkovin kontroly ⁴ (%)	Diference obsahu bílkovin ⁵ (%)	Pořadí vlivu opatření ⁶	Parametry přímky ⁷		Korelační koeficient ¹⁰ <i>r</i>	Koeficient determinace ¹¹ <i>r</i> ²	Test na sklon přímek ¹²	Testy na vzdálenost mezi přímkami ¹³		
						absolutní člen ⁸ <i>a</i>	regresní koeficient ⁹ <i>b_i</i>				<i>t</i> -test nezávislý ¹⁴	<i>t</i> -test párový ¹⁵	<i>d₁/d₂</i>
Výsev ¹⁶ 4,5 mil.ha ⁻¹	7	14,22	14,22	-	4	-1,5973	1,1125	0,9781 ^{xx}	0,9568	0,0210	0,0037	0,0218	0/+
Výsev ¹⁶ 5,5 mil.ha ⁻¹	7	14,12	14,22	-0,10	3	0,8663	0,7324	0,9225 ^{xx}	0,8509	0,0557	0,1326	0,4761	-/-
Aplikace ¹⁷ 90 kg N.ha ⁻¹	7	14,12	13,96	+0,16	2	2,4978	0,8329	0,9533 ^{xx}	0,9087	0,4935	0,3944	2,0283	+/-
Aplikace 120 kg N.ha ⁻¹	7	14,47	13,96	+0,51	1	3,0999	0,8143	0,9802 ^{xx}	0,9609	1,2603	0,7935	5,4811 ^{xx}	^{xx} +/-

Vysvětlivky viz tab. I - Explanations see Tab. I

¹effect of treatments on protein content in grain dry matter of oats, ²number of cases, ³protein content affected by treatment, ⁴protein content of the control, ⁵difference in protein content, for 6 - 21 see Tab. I

Maximálního obsahu bílkovin bylo dosaženo po aplikaci $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, kdy bylo dosaženo v porovnání s kontrolní dávkou $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ zvýšení o $d_i = 0,5 \%$. Dávka $90 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ zvyšovala obsah bílkovin v sušině zrna pouze o $d_i = 0,16 \%$.

Je zřejmé, že přírůstek obsahu bílkovin byl po aplikaci vyšší dávky ($120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$) výraznější než u nižších dávek dusíku. Další analyzované faktory průkazně neovlivňovaly obsah bílkovin v zrně ovsa. Kromě výsevu $4,5 \text{ mil. klíčivých zrn} \cdot \text{ha}^{-1}$ všechna analyzovaná opatření neprůkazně snižovala hladinu obsahu hrubých bílkovin v sušině zrna ovsa.

DISKUSE

Ovlivnění výnosu a kvality produkce ovsa průběhem povětrnosti v jednotlivých letech je prioritní. Jde o složitý systém, v němž se na konečném výsledku (výnosu a kvalitě produkce) podílí vzájemné působení řady faktorů pěstitelem ovlivnitelných i neovlivnitelných.

Příkladem (1986) uvádějí, že vysoké výnosy obilnin, jejich stabilita, resp. technologická a nutriční hodnota zrna jsou stále více ovlivňovány technologií pěstování a sklizně jiných plodin v rámci celé rostlinné výroby. Převážná část plochy ovsa je pěstována po obilnině. Každý agrotechnický zásah můžeme interpretovat jako vytváření podmínek pro maximální intenzitu fotosyntetického procesu, a tudíž musíme podstatu rostlinné produkce spatřovat ve fotosyntetické produkci organické hmoty. Cílem agronoma musí být dosažení optimální produkční hustoty porostu podle úrovně produktivity prostředí, a tím i vysokého počtu zrn na jednotce plochy.

Analýzou bylo zjištěno, že ve sledovaných letech měl z výnosových složek počet zrn v latě vysoce průkazný vliv na výnos. Tichý et al. (1992) udávají maximální výnos v letech, kdy průběh povětrnosti umožnil raným výsevem zvýšit produktivitu prostředí. V těchto ročních byl rozhodujícím výnosovým prvkem počet lat na 1 m^2 . Je nutné upozornit na velkou variabilitu vzájemné kompenzace výnosových prvků ovsa v jednotlivých letech, ovlivněnou rozdílným průběhem povětrnosti.

V podmínkách s nižší produktivností prostředí bylo dusíkaté hnojení stanoveno na prvních místech v pořadí vlivu na výnos a obsah hrubých bílkovin v sušině zrna. Odolnost k poléhání u nově povolených odrůd ovsa nedosahuje úrovně předních odrůd ozimé pšenice a jarního ječmene (Ullmann, 1986). Při stanovení optimální dávky dusíku je třeba velmi pozorně analyzovat řadu faktorů majících vliv na odolnost rostlin k poléhání (půdní a klimatické podmínky, odrůda, předplodina apod.). Platí zásada, že při rovnoměrné aplikaci hnojiv a optimálním průběhu povětrnosti by nemělo dusíkaté hnojení vyvolat polehnutí rostlin, ale maximálně přispět k využití výnosového potenciálu. Podle zmíněného autora kolísá optimální dávka dusíku u ovsa zpravidla v rozmezí 60 až $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Moudrý (1991) uvádí, že dávky dusíku by neměly přesáhnout $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ po dobré a $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ po

horší předplodině. Z analýzy vyplývá jako efektivní pro tvorbu výnosu zrna ovsa dávka $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Je zřejmé, že pokud je dusík využíván na tvorbu výnosu ovsa, nezvyšuje výrazněji obsah hrubých bílkovin v sušině zrna a naopak. Tento závěr potvrzuje Prugar (1977), který u ovsa též uvádí, že obsah bílkovin v zrně kolísá velmi silně v závislosti na lokalitě a meteorologických podmínkách během vegetace a v jednotlivých letech. Ze všech dosavadních výsledků lze pro praxi vyvodit závěr, že u ovsa je možné dosáhnout vysokého obsahu bílkovin v zrně až při takových dávkách živin (především dusíku), které u dané odrůdy převyšují dávky potřebné k tvorbě maximálních výnosů.

Z analyzovaných agrotechnických opatření byla zjištěna na dalším místě aplikace Retacelu $4 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ ve fázi F 6. V průměru sledovaného období zvyšovala aplikace Retacelu počet lat na 1 m^2 a počet zrn v latě, a tím i výnos. Roky, v nichž byl aplikován tento regulátor růstu, lze rozdělit na dvě skupiny. U první skupiny aplikovaný Retacel v porovnání s kontrolou snižoval polehnutí porostů, a tím bylo dosaženo vyššího výnosu. U druhé skupiny let nedošlo k polehnutí porostů a v interakci s průběhem povětrnosti došlo ke zvýšení nebo snížení úrovně výnosu ve srovnání s kontrolou.

Na předposledním a posledním místě byl zjištěn pozitivní vliv normy výsevu 5,5 a 4,5 mil. klíčivých $\text{zrn} \cdot \text{ha}^{-1}$ na výnos v porovnání s kontrolní úrovní výsevu 3,5 mil. klíčivých $\text{zrn} \cdot \text{ha}^{-1}$. Výsevné množství, které je potřebné k dosažení požadované hustoty, je závislé na půdních a klimatických podmínkách, úrovni předseťové přípravy, hnojení a také na době setí. Na rozdíl od ostatních druhů obilnin je produktivní odnoživost u ovsa nižší a k zabezpečení optimálního počtu produktivních lat na jednotce plochy jsou nutné vyšší výsevky, zejména u méně polehavých odrůd.

Znalost pořadí vlivu vybraných agrotechnických opatření na výnos zrna a obsah hrubých bílkovin v jeho sušině umožní jejich realizaci ve zjištěném pořadí důležitosti při vědomí přístupu ke každé konkrétní situaci jako jedinečné.

Literatura

- HOFNER, W. - BRUCKNER, U.: Einfluss von Wachstumsregulatoren auf Ertrag und Ertragskomponenten bei Getreide. Kali-Briefe (Buntehof), 15, 1980 (5): 277-285.
- KASAJEVA, K. A.: Norma vysevy zernovych kultur kak prijem formirovanija produktivnogo steblostoja. Sel. Choz. za Rubež., 1978 (4): 5-8.
- KUBLER, E.: Beeinflussung der Haferertrages durch Fruchtfolgestellung, Genotyp, Stickstoffdüngung und Saatmenge. Kali-Briefe (Buntehof), 16, 1982 (3): 139-149.
- KUKREŠ, N. P.: Povyšenija urožaja i kačestva zerna ovsa pri udobreniju. Chim. sel. Choz., 18, 1980 (2): 11-14.
- MINKLEI, W.: Qualität des Nahrungshaferproduktion verbessern. Getreidewirtschaft, 12, 1978 (12): 279-281.

- MOUDRÝ, J.: Zásady pěstování potravinářského ovsa v ČR. In: Sbor. Ref. Kroměřížské obilnářské dny III, 1991.
- MÜLLER, K. - NIENDORF, H.: Hochstertragskonzeption bei Hafer im VEB Pethus. Saat u. Pflanzgut, 28, 1987 (10): 160.
- PŘIKRYL, K. et al.: Agrobiologické principy tvorby výnosu obilnin. In: Sbor. Ref. Kroměřížské obilnářské dny I, 1986.
- PRUGAR, J. et al.: Kvalita rostlinných produktů. Praha, SZN 1977.
- ROD, J. et al.: Analýza vnitřních vazeb zemědělských plodin - výnosové struktury a jejich stabilita. [Závěrečná zpráva.] Hrušovany u Brna, VÚZA 1974.
- TICHÝ, F. - ULMANN, L. - PALÍK, S.: Analýza tvorby výnosu ovsa ve vztahu k hlavním faktorům povětrnosti v horském výrobním typu. Rostl. Výr., 38, 1992 (6): 447-455.
- TRNKA, M.: Oves. In: SCHMIDT, L. et al.: Odrůdová agrotechnika polních plodin. Praha, SZN 1978: 101-113.
- ULMANN, L.: Technologie pěstování nových odrůd ovsa. [Závěrečná zpráva.] Kroměříž, VÚO 1982.
- ULMANN, L.: Technologie pěstování nových odrůd ovsa. [Závěrečná zpráva.] Kroměříž, VÚO 1985.
- ULMANN, L.: Progresivní směry pěstební technologie žita a ovsa. In: Sbor. Ref. Kroměřížské obilnářské dny I, 1986.
- ULMANN, L.: Soubor intenzifikačních faktorů ovsa. [Závěrečná zpráva.] Kroměříž, VÚO 1988: 1-40.
- VEZ, A.: Fumure azotée des cereales de printemps. Resultats des essais 1975-1979. Rev. suisse Agric., 12, 1980 (4): 133-137.

Došlo 5. 11. 1993

TICHÝ, F. - PALÍK, S. (Cereal Research Institute, Kroměříž):

Analysis of the influence of selected agronomic treatments on oat grain yield and its quality.

Rostl. Výr., 40, 1994 (4): 359-368.

The aim of this study was to analyze and to determine the sequence of the influence of basic cultural practices on the oat grain yield and its quality. The data of field experiments carried out in the potato-oat growing region in 1979 to 1985 were used. The following cultural practices were studied: seeding rates: 3.5 (control), 4.5 and 5.5 million germinable kernels.ha⁻¹, nitrogen rates: 60 (control), 90 and 120 kg of primary nutrients.ha⁻¹, Retacel application: without application (control), 4 l.ha⁻¹ at the phasis F 6. Flämingsnova and Pan varieties, which were grown after winter wheat, were selected for this analysis. Effects of the agronomic treatments were evaluated from the following two aspects:

- absolute differences between values of the control and those influenced by increased inputs; for testing an independent and paired comparison *t*-test at the significance levels of 0.05 and 0.01 were used; based on these absolute differences, the sequence

of influence of agronomic treatments on the grain yield and quality (crude protein content in dry matter of oat grain) was determined;

- a character of affecting increased inputs as compared to the control; for this purpose, a linear regression analysis and modified method for estimating the yield stability were used.

All of the agronomic treatments analyzed influenced the yield in the following order: 120, 90 kg N.ha⁻¹, Retacel application, seeding rates 5.5 and 4.5 million germinable kernels.ha⁻¹. Higher nitrogen rates showed positive effects on the productive tillering of plants.

Only an insignificant yield difference (0.7 t.ha⁻¹) was recorded between the application rates of 90 and 120 kg N.ha⁻¹. The highest nitrogen rate (120 kg.ha⁻¹) caused a negative correlation between a productive stem number and grain number per panicle. Thus, the application of this nitrogen rate in the potato-oat growing region is not effective.

Retacel applied at the 6th growth stage at the rate of 4 l.ha⁻¹ increased the yield by 0.27 t.ha⁻¹. That increased productive density by 20 panicles per 1 m² and grain number per panicle by 1.9. The application of Retacel showed insignificant effects on the grain yield. Higher seeding rates 5.5 and 4.5 million germinable kernels.ha⁻¹ increased the yield by 0.23 and 0.12 t.ha⁻¹, respectively, on average for the period analyzed. The higher seeding rates gave increased productive density of the stand. The panicle productivity, however, tended to lower values with increased seeding rates. A grain number per panicle was reduced more than 1,000-kernel weight.

Evaluating the grain protein content, insignificant negative correlation ($r = -0.377$) was found between the grain yield and grain protein content. Maximum protein content was obtained after applying 120 kg N.ha⁻¹; the yield was 0.5 % higher as compared to the control rate of 60 kg N.ha⁻¹. The rate of 90 kg N.ha⁻¹ increased protein content in grain dry matter by 0.16 % only. That suggests that the increase in grain protein was more apparent after applying 120 kg N.ha⁻¹ than lower nitrogen rates. The other factors analyzed did not show significant effects on the grain protein content in oats.

Kontaktní adresa:

Ing. František T i c h ý , CSc., Výzkumný ústav obilnářský, Havlíčkova 2787,
767 41 Kroměříž, tel.: 0634/426111, fax: 0634/22725

DYNAMIKA VÝVOJE KOŘENOVÉ A NADZEMNÍ BIOMASY U ODRŮD LNU S ODLIŠNOU DÉLKOU VEGETAČNÍ DOBY

M. Pavelek¹, B. Kocourková²

¹Výzkumný ústav technických plodin a luskovin, Šumperk

²Vysoká škola zemědělská, Brno

V tříletých polních pokusech byla u pěti odrůd lnu (*Linum usitatissimum* L.) hodnocena dynamika tvorby kořenové a nadzemní biomasy ve vztahu k průběhu vegetační doby. Odrůdy byly podle průběhu vegetační doby rozděleny do tří skupin (rané až velmi rané - Te-39/79, Horan; středně rané - SL-1582 a pozdní - Regina, Fany). Ve fázi stromečku, rychlého růstu, butonizace, kvetení a zelené zralosti byla sledována čerstvá a suchá hmotnost kořenové a nadzemní biomasy a stanoven její poměr. Výsledky potvrdily statisticky významné rozdíly jednak mezi odrůdami a jednak mezi skupinami odrůd počínaje fází rychlého růstu a poskytují představu o tvorbě výnosu v různých fázích vegetace lnu.

Význam a úloha kořenového systému plodin v procesu tvorby výnosu jsou zřejmé. V literatuře lze nalézt množství údajů o jednotlivých parametrech kořenů, z nichž rozhodující je poměr kořenů k nadzemní části, který v sobě integruje vztah ostatních parametrů kořenů k růstu a vývoji nadzemních orgánů (B l á h a , H a b e r l e , 1990). Tato myšlenka je v literatuře citována přibližně již 200 let (B l á h a , V a n č u r a , 1990). Rozhodující pozornost je přitom věnována zvětšování podílu kořenů na celkové hmotnosti rostliny za současného zlepšování dalších parametrů, jako je hloubka pronikání kořenů do půdy, zvětšování celkového a aktivního povrchu kořenů apod. (B l á h a , H a b e r l e , 1990).

U lnu byla problematika kořenové soustavy ve srovnání s jinými plodinami věnována poměrně malá pozornost. Existují práce z 20. let publikované v SSSR (M o d e s t o v , 1920, 1932; K a č i n s k i j , 1925; K r a s o v s k a j a , 1926; L e b e d i n c e v a , D o r o š e n k o , 1927 - cit. D a v i d j a n , 1958), zabývající se závislostí rozvoje kořenového systému na délce dne ve vztahu k nadzemní části. Podobné problematice byla věnována pozornost také u nás. V r z a l o v á (1961) pozorovala v případě krátkého dne zkrácení kořenů. Zmíněná autorka je představitelkou naší školy, která se kořenovým systémem lnu začala zabývat v 60. letech na VŠZ v Brně. Prokázala, že při různé půdní vlhkosti existují odrůdové rozdíly ve formování kořenového systému (V r z a l o v á , 1969). Dále zjistila pozitivní korelaci mezi délkou stonku a celkovým a aktivním povrchem kořánů

a negativní korelaci mezi obsahem vlákna a celkovým a aktivním povrchem kořání (V r z a l o v á , 1975).

Velmi důležitý je vztah kořenového systému k odolnosti proti poléhání, a tím zároveň ke kvalitě vlákna. Současné odrůdy jsou charakteristické mohutnějším kořenovým systémem, dobrou odolností proti poléhání, ale také průměrnou kvalitou vlákna v porovnání s dřívějšími poléhavými, ale vysoce jemnými a kvalitními odrůdami. Na tuto problematiku upozorňují R o s e n b e r g (1983, 1984) a V r z a l o v á , K o c o u r k o v á (1985).

V současné době je proto ve vztahu ke kvalitě vlákna důležité vymezit proporcionálně optimální poměr mezi rozvojem kořenové soustavy a nadzemní částí rostliny tak, aby bylo dosaženo vysokého výnosu vlákna a zároveň jeho dobré kvality. Tato cesta je možná při zachování průměrného výnosu stonku a zvýšení podílu vlákna ve stonku. Vzhledem k tomu, že obsah vlákna je nezávislý na délce vegetační doby, ale závisí především na genotypu (P a v e l e k , 1990, 1991a), lze tohoto cíle dosáhnout především vhodným výběrem komponentů do křížení při znalosti zákonitostí tvorby kořenové soustavy u odrůd s různě dlouhou vegetační dobou. Další výsledky v této oblasti prokazují, že tvorba kořenové soustavy u lnu je odrůdovým znakem s úzkou spojitostí k období rychlého růstu do fáze tvorby poupat (K o c o u r k o v á , 1991).

MATERIÁL A METODA

V tříletých blokových polních pokusech (1989 až 1991) byly hodnoceny odrůdy přadného lnu Te-39/79, Horan, SL-1582, Regina a Fany z hlediska dynamiky tvorby kořenové a nadzemní biomasy ve fázi stroměčku, rychlého růstu, butonizace, kvetení a zelené zralosti. Pro hodnocení kořenové části bylo použito půdních monobloků velikosti 0,15 x 0,15 x 0,30 m.

Ze čtyř opakování byla získána vstupní data pro znaky zhodnocené analýzou rozptylu: délka vegetační doby (setí - květ, setí - zrání), hmotnost čerstvého kořene, hmotnost suchého kořene, hmotnost čerstvé nadzemní části, hmotnost suché nadzemní části přepočítané na jednu rostlinu a vyjádřené v g. Porovnáním hmotnosti sušiny kořene a sušiny nadzemní části byl vyjádřen poměr kořenové a nadzemní biomasy. Výsledky byly zpracovány vícefaktorovou analýzou rozptylu a vyjádřeny graficky.

VÝSLEDKY

Na základě výsledné analýzy rozptylu (tab. I, II) bylo možné rozdělit odrůdy do tří skupin. Do skupiny raných až velmi raných odrůd byly zařazeny odrůdy s relativně nejkratší vegetační dobou (Te-39/79, Horan), které se v průběhu tří let odlišovaly průkazně až vysoce průkazně od skupiny pozdních odrůd, do které byly

I. Délka vegetační doby (setí - květ, setí - zrání); analýza rozptylu – Vegetation period duration (sowing - flowering, sowing - maturing); analysis of variance

Zdroj variability ¹	Stupně volnosti ²	F-test ³		Významnost ⁷	
		setí ⁴ - kvetení ⁵	setí - zrání ⁶	setí - kvetení	setí - zrání
Odrůdy ⁸ (O)	4	7,94	23,58	**	**
Roky ⁹ (R)	2	88,84	500,73	**	**
Interakce ¹⁰ O x R	8				

* $P < 0,05$

** $P < 0,01$

¹source of variability, ²degrees of freedom, ³F-test, ⁴sowing, ⁵flowering, ⁶maturing, ⁷significance, ⁸varieties, ⁹years, ¹⁰interaction

II. Délka vegetační doby (setí - květ, setí - zrání); absolutní hodnoty – Vegetation period duration (sowing - flowering, sowing - maturing); absolute values

Odrůda ¹	Délka vegetační doby ²		Skupina odrůd ⁶
	setí ³ - kvetení ⁴	setí - zrání ⁵	
Te-39/79	71,42	107,00	VR - R
Horan	71,42	106,42	VR - R
SL-1582	72,08	109,92	SR
Regina	74,58	110,67	P
Fany	74,50	109,75	P
Významné kontrasty ⁷	3, 4 : 1, 2 *	3, 5, 4 : 1, 2**	

* $P < 0,05$

** $P < 0,01$

VR - skupina velmi raných odrůd - group of very early varieties

R - skupina raných odrůd - group of early varieties

SR - skupina středně raných odrůd - group of medium early varieties

P - skupina pozdních odrůd - group of late maturing varieties

¹variety, ²vegetation period duration, ³sowing, ⁴flowering, ⁵maturing, ⁶group of varieties, ⁷significant differences

zařazeny odrůdy Regina a Fany. Poslední nšl. SL-1582 lze v rámci těchto odrůd zařadit do skupiny středně raných odrůd.

Z analýzy rozptylu hmotnosti čerstvé nadzemní biomasy vyplývá, že byla vysoce průkazně ovlivněna pokusnými roky, odrůdami i růstovými fázemi. Vysoce průkazná byla rovněž interakce odrůd s fázemi (tab. III). Bez ohledu na skutečnost, že

III. Hmotnost čerstvé nadzemní biomasy; analýza rozptylu – Fresh aboveground biomass weight; analysis of variance

Zdroj variability ¹	Stupně volnosti ²	F-test ³	Významnost ⁴
Odrůdy ⁵ (O)	4	5,90	**
Roky ⁶ (R)	2	16,42	**
Růstové fáze ⁷ (RF)	4	134,52	**
Interakce ⁸ O x RF	16	2,83	**

* $P < 0,05$

** $P < 0,01$

¹source of variability, ²degrees of freedom, ³F-test, ⁴significance, ⁵varieties, ⁶years, ⁷growth phenophases, ⁸interaction

IV. Hmotnost čerstvé biomasy kořene; analýza rozptylu – Fresh underground biomass weight; analysis of variance

Zdroj variability ¹	Stupně volnosti ²	F-test ³	Významnost ⁴
Odrůdy ⁵ (O)	4	3,82	**
Roky ⁶ (R)	2	19,81	**
Růstové fáze ⁷ (RF)	4	30,70	**
Interakce ⁸ O x RF	16	1,12	

* $P < 0,05$

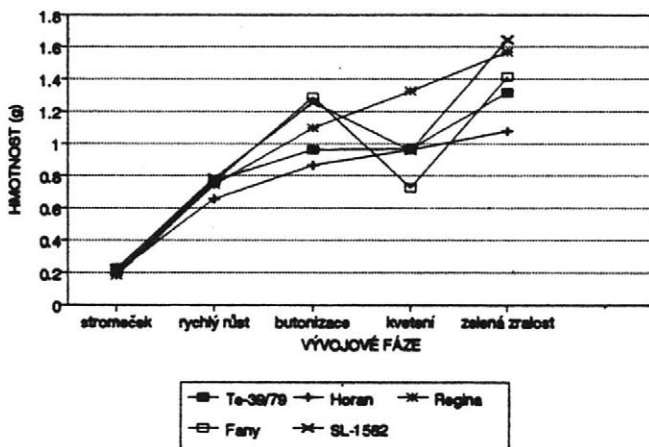
** $P < 0,01$

For 1 - 8 see Tab. III

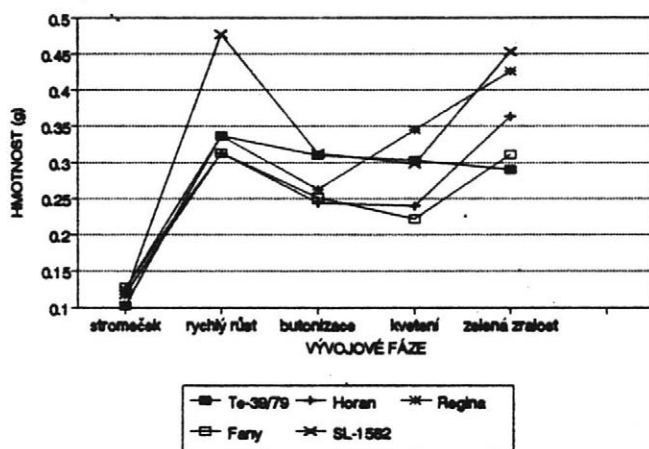
při hodnocení růstových analýz musíme počítat vždy s vlivem ročníku, bylo nejzajímavější posouzení vlivu jednotlivých odrůd a fází. Při posouzení odrůd bez ohledu na pokusné roky a fáze dosahovala nejvyšších hodnot hmotnosti čerstvé biomasy nadzemní části odrůda Regina a nejnižších Horan ($P < 0,01$), což dokumentuje obr. 1, z něhož je patrné, že k hlavní diferenciaci v tvorbě nadzemní biomasy dochází od fáze rychlého růstu do fáze butonizace, ve které je již skupina velmi raných a raných odrůd (Te-39/79, Horan) předstihována skupinou středně raných odrůd (SL-1582) a skupinou pozdních odrůd (Regina, Fany). Co se týká růstových fází, bylo dosaženo nejvyšších hodnot logicky na konci vegetace, ve fázi zelené zralosti se sestupným řazením odrůd v pořadí SL-1582, Regina, Fany, Te-39/79, Horan (obr. 1).

Hmotnost čerstvé kořenové biomasy byla vysoce průkazně ovlivněna pokusnými roky, odrůdami a největší měrou růstovými fázemi (tab. IV), interakce odrůd s rů-

1. Čerstvá nadzemní biomasa
(dynamika tvorby v průběhu ve-
getace) – Fresh aboveground
biomass (dynamics of creation
during the vegetation period)



2. Čerstvá podzemní biomasa
(dynamika tvorby v průběhu ve-
getace) – Fresh underground
biomass (dynamics of creation
during the vegetation period)



Vysvětlivky k obr. 1 a 2 - Explanations to Figs 1 and 2:

vývojové fáze - development phenophases

stromček - early leave stage

butonizace - flower buds

zelená zralost - green maturity

hmotnost - weight

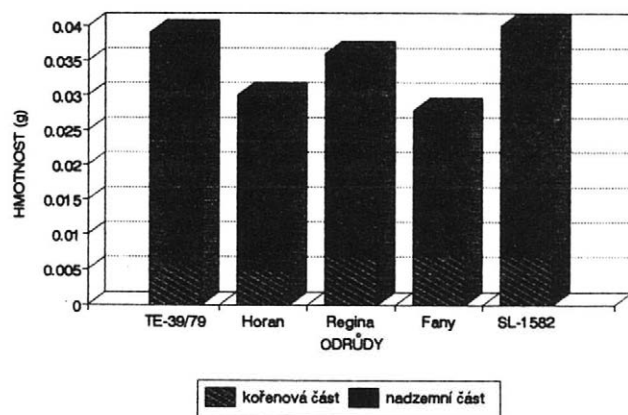
rychlý růst - rapid growth

kvetení - flowering

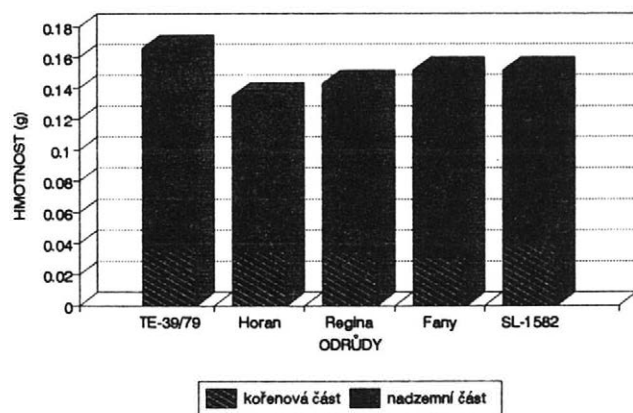
stovými fázemi však byla u kořenové části neprůkazná. Nejvyšších hodnot dosahovala bez ohledu na pokusné roky a fáze středně raná odrůda SL-1582. Co se týká růstových fází, bylo shodně jako v předchozím případě dosaženo nejvyšších hodnot ve fázi zelené zralosti.

Křivka nárůstu biomasy čerstvého kořene má prakticky obdobný průběh u všech odrůd s maximem v období rychlého růstu, kdy došlo k první diferenciaci odrůd (obr. 2). Maximální nárůst v této fázi prokázalo středně rané nšl. SL-1582, které

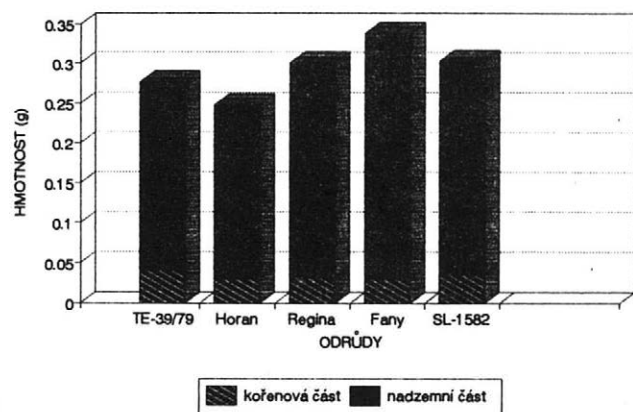
3. Poměr kořenové a nadzemní biomasy (fáze stroměčku) – Ratio root : shoot (early leave stage phenophase)



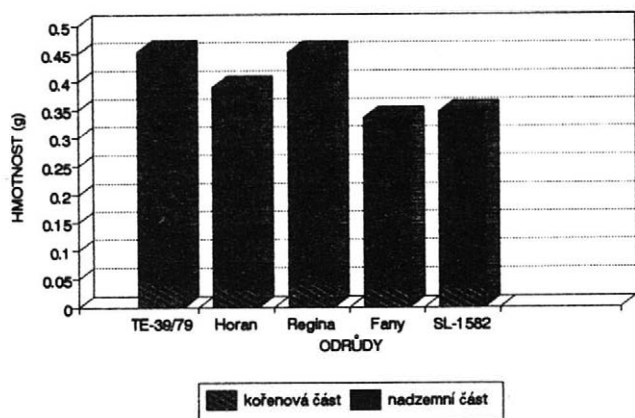
4. Poměr kořenové a nadzemní biomasy (fáze rychlého růstu) – Ratio root : shoot (rapid growth phenophase)



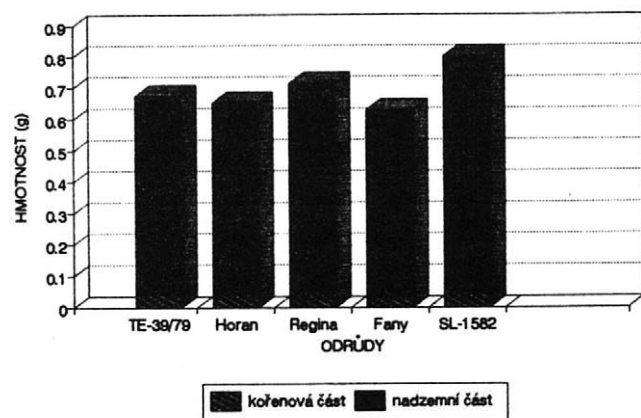
5. Poměr kořenové a nadzemní biomasy (fáze butonizace) – Ratio root : shoot (flower buds phenophase)



mělo nejlépe sladěné křivky nárůstu nadzemní i kořenové biomasy (obr. 1, 2) a současně prokázalo nejlepší dynamiku tvorby kořenové soustavy z celého hodnoceného souboru odrůd (obr. 2).



6. Poměr kořenové a nadzemní biomasy (fáze kvetení) – Ratio root : shoot (flowering phenophase)



7. Poměr kořenové a nadzemní biomasy (fáze zelené zralosti) – Ratio root : shoot (green maturity phenophase)

Vysvětlivky k obr. 3 až 7 - Explanations to Figs 3 to 7:

odrůdy - varieties

kořenová část - underground biomass

hmotnost - weight

nadzemní část - aboveground biomass

Lepším ukazatelem pro zhodnocení podílu kořenové biomasy na celkové nadzemní biomase je poměr hmotnosti sušiny kořene a sušiny nadzemní části. Z grafického vyjádření je zřejmé, že nejvyšší podíl kořenů na celkové biomase byl zjištěn ve fázích stromčku a rychlého růstu, ke konci vegetace se snižoval ve prospěch nadzemní biomasy (obr. 3 až 7). Rozdíly mezi odrůdami i skupinami odrůd byly minimální a neprůkazné. Nejvyšší podíl kořenů na celkové biomase nadzemní části byl zjištěn u odrůdy Fany, od fáze rychlého růstu také u nšl. SL-1582 a odrůdy Regina. Ke konci vegetace se podíl kořenové biomasy na celkové biomase nadzemní části markantně snižoval.

Na tvorbu sušiny nadzemní části měly největší a vysoce průkazný vliv jednotlivé růstové fáze s nejvyššími hodnotami zjištěnými ve fázi zelené zralosti (tab. V).

V. Hmotnost suché nadzemní biomasy; analýza rozptylu – Dry aboveground biomass weight; analysis of variance

Zdroj variability ¹	Stupně volnosti ²	F-test ³	Významnost ⁴
Odrůdy ⁵ (O)	4	0,57	
Roky ⁶ (R)	2	1,23	
Růstové fáze ⁷ (RF)	4	128,87	**
Interakce ⁸ O x RF	16	0,74	

* $P < 0,05$

** $P < 0,01$

For 1 - 8 see Tab. III

VI. Hmotnost suché biomasy kořene; analýza rozptylu – Dry underground biomass weight; analysis of variance

Zdroj variability ¹	Stupně volnosti ²	F-test ³	Významnost ⁴
Odrůdy ⁵ (O)	4	2,90	*
Roky ⁶ (R)	2	12,03	**
Růstové fáze ⁷ (RF)	4	73,03	**
Interakce ⁸ O x RF	16	1,03	

* $P < 0,05$

** $P < 0,01$

For 1 - 8 see Tab. III

Hmotnost sušiny kořene byla ovlivněna na 1% hladině významnosti jednotlivými roky a růstovými fázemi a na 5% hladině významnosti odrůdami (tab. VI). Při porovnání odrůd bez ohledu na roky a růstové fáze dosáhlo nejlepších hodnot nšl. SL-1582 a tento trend si udržovalo prakticky po celou dobu vegetace. Pozdní odrůda Fany, která prokázala silný počáteční vývoj kořenové soustavy ve fázi stroměčku, v dalších fázích vývoje již zaostávala za ostatními odrůdami.

DISKUSE

Z výsledků jednoznačně vyplynulo, že tvorba výnosu je v závislosti na délce vegetační doby jednotlivých odrůd odlišná a je ovlivněna synchronizací rozvoje kořenového systému a nadzemní části v určitém časovém úseku vegetační doby. Toto zjištění je v souladu s obecně platným názorem o neodmyslitelnosti časové struktury a morfologické struktury rostlin (F o l t ý n , B l á h a , 1987), vysvětlujícím úzký korelační vztah mezi produktivitou a délkou vegetační periody.

Výnos u skupiny raných až velmi raných odrůd se tvořil již v prvních fázích vegetace (fáze stroměčku a rychlého růstu), ve kterých tato skupina odrůd překonávala pozdní odrůdy. Do fáze butonizace se však již tento rozdíl vyrovnával a od fáze kvetení byly tyto odrůdy překonávány skupinou pozdních odrůd, které při konečném hodnocení dosáhly vyššího výnosu ve srovnání se skupinou raných až velmi raných odrůd. Tento poznatek je u raných odrůd obecně znám jak u lnu (P a v e l e k , N o v o t n ý , 1984; P a v e l e k , Š r á m k o v á , 1988), tak u ostatních plodin (F o l t ý n , 1985). Při optimálním průběhu rozvoje kořenové i nadzemní části lze však dosáhnout relativně vysokého výnosu i při kratší vegetační době. Z tohoto pohledu dosáhlo nejlepších výsledků středně rané nšl. SL-1582, které při relativně krátké vegetační době patřilo v mezistaničních zkouškách k nejvýnosnějším (P a v e l e k , 1985).

Na základě dřívějších výsledků je u lnu z hlediska tvorby výnosu nejdůležitější nástup do fáze kvetení a vlastní průběh kvetení, který je ovlivněn genotypem (P a v e l e k , 1991a), působením teplotní uniformity (P a v e l e k , 1991b) a rovněž relativně odlišnou fotoperiodickou citlivostí odrůd (P a v e l e k , 1992), která se však v praktické pěstitelské praxi v našich zeměpisných šířkách neuplatňuje. Porovnáme-li křivky nárůstu kořenové i nadzemní biomasy u nšl. SL-1582 s ostatními odrůdami, je zřejmý optimální průběh u tohoto nšl. zejména od fáze kvetení. Kvetení u nšl. SL-1582 probíhá krátce při středně raném nástupu do fáze kvetení. Potřebná suma teplot pro nástup fáze kvetení byla u tohoto nšl. o 113 °C vyšší ve srovnání se skupinou velmi raných až raných odrůd a o 101 °C nižší ve srovnání se skupinou pozdních odrůd (P a v e l e k , 1991b). Naproti tomu pro průběh kvetení vyžadovalo středně rané nšl. SL-1582 sumu průměrných denních teplot o 139 °C nižší ve srovnání se skupinou velmi raných odrůd a dokonce o 6 °C nižší ve srovnání se skupinou pozdních odrůd.

Toto zjištění je obecně platné pro odrůdy lnu s odlišným průběhem fenofází vegetační periody v důsledku konstantních nároků na průměrnou denní teplotu pro nástup fáze kvetení v hodnotě 15 až 16 °C a pro průběh kvetení v hodnotě 19 až 21 °C (P a v e l e k , 1991b). Relativně vysokého výnosu i při kratší nebo středně dlouhé vegetační době lze tedy dosáhnout optimální proporcí rozvoje kořenového systému a nadzemní biomasy, který je dostatečně intenzivní i v průběhu kvetení a po kvetení. Tato možnost prakticky neexistuje u raných odrůd, je však běžná u pozdních odrůd, které s ohledem na pozdější nástup kvetení kvetou poměrně krátce a mají dostatek času pro tvorbu výnosu. Typickým představitelem byla pozdní odrůda Regina. Porovnáme-li však křivky dynamiky vývoje podzemní i nadzemní biomasy u této odrůdy a středně raného nšl. SL-1582 na počátku fáze kvetení, resp. v době tvorby květních poupat, potom nšl. SL-1582 vychází jednoznačně lépe.

Literatura

- BLÁHA, L. - HABERLE, J.: Význam zvěšování kořenové soustavy pro výnos a ostatní vlastnosti u obilovin. Příl. Genet. a Šlecht., 26, 1990 (1): 12 s.
- BLÁHA, L. - VANČURA, J.: Hodnocení odrůdových rozdílů v kořenovém systému pšenice. Rostl. Výr., 36, 1990 (6): 573-579.
- DAVIDJAN, G. G.: Rost korněvoj systémy lnu dolgunca v závislosti od prodloužitelnosti dnja. Tr. prikl. Bot. Genet. Selek., 31, 1958 (3): 112-120.
- FOLTÝN, J.: Architektonika porostu pšenice. II. Klas a časová struktura. Stud. Inform. ÚVTIZ, Rostl. Výr., 1985 (3): 56 s.
- FOLTÝN, J. - BLÁHA, L.: Uniformita v nárocích na teplotu v praeflorálním období pšenice ozimé. Rostl. Výr., 33, 1987 (3): 249-257.
- KOCOURKOVÁ, B.: Root system in selected flax varieties. Proc. IInd Europ. Reg. Wksh. Flax, Brno, 1991: s. 318.
- PAVELEK, M.: Výsledky mezistaničních předzkoušek, přádný len, sklizeň 1985. Šumperk, VŠÚTPL 1985: 50 s.
- PAVELEK, M.: Studium fyziologicko-genetických aspektů tvorby raných výchozích zdrojů lnu setého (*Linum usitatissimum* L.). [Kandidátská dizertace.] Šumperk, 1990. - KVŠÚTPL.
- PAVELEK, M.: Utváření a průběh fenofází u odrůd a novošlechtění lnu s odlišnou délkou vegetační periody. Len i Konop. (Šumperk), 21, 1991a: 69-79.
- PAVELEK, M.: Uniformita v nárocích na teplotu v některých fenofázích vegetační periody lnu. Len i Konop. (Šumperk), 21, 1991b: 81-88.
- PAVELEK, M.: Reakce odrůd a novošlechtění lnu na fotoperiodu. Rostl. Výr., 38, 1992 (2): 133-137.
- PAVELEK, M. - NOVOTNÝ, V.: Rezistence lnu vůči chorobám, zvýšení odolnosti proti poléhání a zlepšení ranosti. [Závěrečná zpráva.] Šumperk, VŠÚTPL 1984: 95 s.
- PAVELEK, M. - ŠRÁMKOVÁ, L.: Šlechtění lnu s vysokým výnosovým potenciálem, odolností proti poléhání a chorobám - šlechtění genotypů vhodných pro vyšší oblasti pěstování, s kvalitním vláknem. [Závěrečná zpráva.] Šumperk, KVŠÚTPL 1988: 71 s.
- ROSENBERG, L.: Výzkum a zhodnocení genotypů odolných poléhání. [Závěrečná zpráva.] Šumperk, VÚTPL 1983: 57 s.
- ROSENBERG, L.: Charakteristiky genotypů odolných vůči poléhání. VII. Genet. Konf. Brno, 1984: 26 s.
- VRZALOVÁ, J.: Reakce československých sort lnu na regulovanou délku dne. In: Sbor. Vys. Šk. zeměd. Brno, 1961: 61-75.
- VRZALOVÁ, J.: Plasticita kořání u přádného lnu za různých půdních a vláhvových podmínek. In: Sbor. Vys. Šk. zeměd. Brno, Řada A, 17, 1969: 665-671.
- VRZALOVÁ, J.: Studium kořenového systému přádného lnu ve vztahu k tvorbě nadzemní hmoty. [Závěrečná zpráva.] Brno, VŠZ 1975: 127 s.
- VRZALOVÁ, J. - KOCOURKOVÁ, B.: Analýza růstu kořenové soustavy u různě poléhavých odrůd přádného lnu. Len i Konop. (Šumperk), 20, 1985: 123-132.

Došlo 7. 12. 1993

PAVELEK, M. - KOCOURKOVÁ, B. (Research Institute of Technical Crops and Legumes, Šumperk; University of Agriculture, Brno):

The dynamics of underground and aboveground biomass development by fibre flax varieties with the different duration of vegetation period.

Rostl. Vyr., 40, 1994 (4): 369-380.

Small plot trials (11.5 m², net area 10 m²) were conducted in 1989 to 1991 to investigate the development of the root system in relation to aboveground biomass production in five fibre flax varieties (Te-39/79, Horan, Regina, Fany, SL-1582) which differed in the dynamics of plant development and yield proportions. In the early leaf, rapid growth, flower buds, flowering and green maturity stages, the production of root biomass (fresh and dry weight) was evaluated on the base of soil monoblock of the size 0.15 x 0.15 x 0.30 m. The dynamics of the production of aboveground plant parts was also evaluated and the ratio root : shoot was established.

Statistical techniques were used to determine the vegetation period (from seeding to the onset of anthesis, from seeding to the beginning of maturation), fresh underground and aboveground biomass, dry underground and aboveground biomass and the root : shoot ratio. The results were calculated per plant, subjected to analysis of variance of two-fold classification and graphically presented.

On the basis of growth characteristics the varieties were classified (Tabs I, II) as early to very early maturing (Te-39/79, Horan), medium season (SL-1582) and late maturing (Regina, Fany).

The dynamics of aboveground biomass production was different in different varieties. In the group of early varieties the aboveground biomass production increased to the stage of rapid growth. Afterwards this group was outyielded by late varieties and predominantly mid-season variety SL-1582 (Fig. 1). The highly significant influence on this character was found for varieties, years, growth phenophases and interaction varieties x growth phenophases (Tab. III).

Also the development of root biomass was different in different varieties and at different stages and was highly significantly influenced by varieties, years and especially by growth phenophases (Tab. IV). The differences became evident from the stage of rapid growth. In a group of early varieties, root biomass increased to the stage of flower buds. In a group of late varieties a tendency towards higher root biomass was manifested also in the stage of flower buds and continued to the stage of green maturity. This conclusion was applied predominantly to the Regina variety. The optimal root development during the vegetation period was found to be in medium season variety SL-1582 (Fig. 2). The optimal course of underground and aboveground biomass curve at this variety (Fig. 1, 2) was investigated.

The highest proportion of root biomass on the total plant biomass was observed in the early leaf and the rapid growth stages. Then there was a decrease to the end of the vegetation period. The results are presented in diagrams as the ratio root : shoot (Figs 3 to 7). The Fany variety obtained the best results in this characteristics especially in early

leaf and rapid growth phenophases. The similar results were obtained in varieties Regina and especially SL-1582 from the rapid growth stage. However the differences among the varieties were generally minimal and insignificant.

The dynamics of dry aboveground biomass creation was similar for all the varieties without significant differences. There was the same determination for experimental years and interaction varieties x growth phenophases too. The only growth phenophases showed high significant influence on this phenomenon (Tab. V).

The dry underground biomass weight was influenced by varieties significantly and by both years and growth phenophases highly significantly. The influence of interaction varieties x growth phenophases was insignificant (Tab. VI).

The results obtained are useful for the yield characteristics and give us the idea about the yield formation in fibre flax varieties with a different duration of vegetation period.

Kontaktní adresa:

Ing. Martin P a v e l e k , CSc., Výzkumný ústav technických plodin a luskovin,
787 01 Šumperk, tel.: 0649/4511, fax: 0649/5975

VLIV JETELE PLAZIVÉHO NA PRODUKCI PASTEVNÍHO POROSTU

L. Vítek

Vysoká škola zemědělská, Brno

V letech 1987 až 1990 byly sledovány výnosy a botanické složení pastevních porostů v centrální oblasti Českomoravské vysočiny v nadmořské výšce 580 m. Ve dvou variantách pokusných porostů byl s travami vyset jetele plazivý (*Trifolium repens*), v dalších čtyřech variantách byly vysety jen trávy *Poa pratensis*, *Festuca pratensis*, *Phleum pratense*. Porosty byly kromě jednotné dávky fosforu a draslíku hnojeny odstupňovanými dávkami dusíkatých hnojiv. U porostů s jetelem činila roční dávka 80 a 160 kg N.ha⁻¹, u porostů trav 80, 160, 240 a 320 kg N.ha⁻¹. V důsledku přítomnosti jetele plazivého se v průměru čtyř let sklídilo o 1 až 1,4 t sušiny, o 0,40 až 0,44 t dusíkatých látek a o 450 až 750 škrobových jednotek z 1 ha více než na porostech, v nichž jetele plazivý nebyl přítomen. Mezi výnosem varianty s jetelem plazivým hnojené 80 kg N.ha⁻¹ a výnosem varianty travního porostu hnojené 160 kg N.ha⁻¹ a obdobně mezi variantou hnojenou 160 a 240 kg N.ha⁻¹ nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly.

Charakteristickým rysem v evropském regionu je snaha o snížení produkce potravin a zlepšení životního prostředí. Podíl orné půdy v České republice je mnohem vyšší než v sousedních západních státech. S určitostí dojde k osetí méně úrodných půd ve středních a vyšších polohách dlouhodobými travními porosty využívanými pastvou. Rentabilita zemědělské výroby je nepříznivě ovlivňována příliš vysokými vstupy.

Jednou z cest ke zlepšení důchodové situace je využití přirozených zdrojů živin. Tato otázka je v předložené práci řešena v souvislosti s využitím jetele plazivého jako významné složky pastevního porostu. O podílu *Trifolium repens* v pastevních porostech, o působící konkurenci trav na jeho zastoupení a o jeho vlivu na výnos a nutriční hodnotu referují např. Behaeghe, Slaats (1968), Bland (1969), Hoen (1970), Scarisbrick, Ivins (1970), později pak Víték (1987), Královec, Rais (1989), Královec et al. (1990), Zapletalová (1991) a další.

MATERIÁL A METODA

Pokusné porosty byly založeny v roce 1986 metodou náhodného uspořádání dílců o velikosti 2 x 4 m ve čtyřech opakováních na pozemcích Výzkumné pícní-

nářské stanice Vysoké školy zemědělské v Brně v katastrálním území Vatín, v okrese Žďár nad Sázavou. Pozemky se nacházejí v nadmořské výšce 580 m, v bramborářské výrobní oblasti. Genetickým půdním představitelem je hnědá půda kyselá. Půdotvorným substrátem jsou orthoruly. V celém profilu je půda písčitohlinitá. Nenasycený půdní profil vykazuje pouze velmi slabé náznaky oglejení. Jde o charakteristický půdní typ dané oblasti. Chemickým rozbořem na jaře roku 1987 byl stanoven obsah P 45 mg, K 221 mg, Mg 114 mg v 1000 g půdy, pH v KCl 6,2. Hodnoty srážek a teplot jsou uvedeny v tab. I.

Pastevní směs dvou variant byla složena ze tří trav a jedné jeteloviny (*Festuca pratensis*, Otava, 25 %; *Phleum pratense*, Větrovský, 25 %; *Poa pratensis*, HŽ 18, 25 %; *Trifolium repens*, Jordan, 25 %). Další čtyři varianty byly založeny směsí stanovenou pouze ze tří uvedených trav, každá podílem 33,3 %. Množství osiva bylo stanoveno podle výsevních norem (S c h e c h t n e r , 1965). Hnojení PK bylo jednotné, roční dávka činila 40 kg P a 80 kg K na 1 ha. Fosfor byl aplikován ve formě superfosfátu, draslík ve formě draselné soli.

Hnojení dusíkem:

Porost	Varianta	Dávka (kg.ha ⁻¹)
– s jetelem plazivým	1	80
	2	160
– bez jetele plazivého	3	80
	4	160
	5	240
	6	320

Dusíkatá hnojiva ve formě dusičnanu amonného byla aplikována na jaře a po prvních třech sklizních, vždy 25 % roční dávky. Pastevní využití bylo simulováno pěti sečemi. Výnos je uveden v sušině. Dusíkaté látky a škrobové jednotky byly stanoveny podle ČSN. Druhové složení bylo stanoveno hmotnostně rozbořem vzorků čerstvé hmoty a následným usušením v laboratoři; první sklizeň proběhla vždy mezi 10. až 14. květnem, druhá sklizeň za tři týdny, třetí sklizeň za čtyři týdny, čtvrtá sklizeň za pět týdnů a pátá sklizeň přibližně za šest týdnů od předcházející seče.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Jak vyplývá z metodiky, porovnali jsme produkci sušiny, dusíkatých látek a škrobových jednotek mezi porostem, v němž je zastoupen jetel plazivý a porostem, v němž jetel plazivý zastoupen není. Na základě výsledků uvedených v tab. II je možné konstatovat, že se jetel plazivý v prvním užitkovém roce ve zkoumaných porostech vyskytoval ve velkém množství. Podíl sušiny ve variantě

I. Dešťové srážky a průměrné denní teploty (odchylky od dlouhodobého průměru) – Precipitation and average daily temperature (deviations from long-term mean)

Období ¹	Srážky ⁴ (mm)		Průměrná denní teplota ⁵ (°C)	
	za rok ⁶	za vegetační období ⁷	za rok	za vegetační období
Dlouhodobý průměr ²	736	440	6,00	12,10
1986	-12	-2	+0,82	+1,65
1987	+89	+136	+0,06	+0,75
1988	-46	-46	+1,16	+1,26
1989	-195	-51	+1,43	+1,13
1990	-239	-149	+1,46	+0,03
Průměrné roční období ³	-101	-28	+1,23	+1,21

¹period, ²long-term mean, ³average season, ⁴precipitation, ⁵average daily temperature, ⁶per year, ⁷for growing season

II. Produkce sušiny *Trifolium repens* (t.ha⁻¹) – Dry matter yield of *Trifolium repens* (t.ha⁻¹)

Varianta ¹	Rok ²	Sklizeň ³					Σ	Podíl z celkového výnosu ⁴ (%)
		1.	2.	3.	4.	5.		
1.	1987	0,64	0,85	1,07	0,93	0,56	4,05	44,2
	1988	0,05	0,04	0,14	0,27	0,38	0,88	14,7
	1989	0,09	0,36	0,19	0,11	0,27	1,02	13,8
	1990	0,20	0,24	0,20	0,11	0,05	0,80	11,9
2.	1987	0,64	0,79	1,14	1,04	0,59	4,20	39,7
	1988	0,02	0,06	0,05	0,07	0,09	0,29	4,3
	1989	0,03	0,24	0,06	0,22	0,14	0,69	8,4
	1990	0,08	0,20	0,11	0,19	0,03	0,61	7,6

¹variant, ²year, ³harvest, ⁴proportion from the total yield

hnojené 160 kg N.ha⁻¹ dosáhl téměř 40 % z celkového výnosu, ve variantě hnojené 80 kg N.ha⁻¹ byl ještě o 4 % vyšší. Absolutní výnos sklíditelné sušiny jetele plazivého se v obou případech pohyboval mírně nad hranicí 4 t.ha⁻¹. V dalších letech se jeho zastoupení v porostech obou variant značně snížilo, přičemž výraznější pokles byl zaznamenán u varianty hnojené dávkou 160 kg N.ha⁻¹. B u k v a j (1991)

naproti tomu uvádí, že průměrné zastoupení novozélandské odrůdy Huia činilo v pastevním porostu sledovaném čtyři roky 32 %. Výnos sušiny jetele plazivého byl nejvyšší ve druhém, třetím a čtvrtém, poněkud nižší v pátém a nejnižší v prvním pastevním cyklu (tab. III). Při relativním hodnocení jsme ve variantě 1 zaznamenali jeho podíl na výnosu v prvním až čtvrtém cyklu 20 až 25 %, v pátém cyklu 37 %. Ve variantě 2 v prvních třech cyklech byl zastoupen 15 až 18 %, v posledním cyklu 24 %. Je přirozené, že se tento druh počínaje druhým užitkovým rokem začal rozšiřovat obdobně, jak uvádějí např. Královec, Rais (1991), i v porostech, v nichž nebyl vyset. Jeho výskyt v pokusných variantách 3, 4, 5 a 6 byl eliminován aplikací herbicidu SYS 67 MECMIN. Vzhledem k tomu, že už ve druhém užitkovém roce došlo k výrazné redukci jetele v porostech variant 1 a 2 a že ke konci pokusného období se vyskytly v pokusných porostech rostliny nižšího vzrůstu a celkově drobnějšího habitu, domníváme se, že jde o spontánní nástup rostlin plané flóry a že použitá odrůda má omezenou vytrvalost.

Při hodnocení výnosů sušiny, dusíkatých látek a škrobových jednotek je zřejmé, že přítomnost jetele plazivého zvláště při nižší úrovni dusíkatého hnojení nahradí významné množství dusíku, které by bylo nutné pro dosažení srovnatelné produkce dodat čistému travnímu porostu. Z výsledků uvedených v tab. IV vyplývá, že produkční úroveň varianty 1 ($80 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$) je srovnatelná s produkcí dosaženou u čistého travního porostu na variantě 4 ($160 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$). Toto konstantování je potvrzeno statistickým vyhodnocením, neboť ve všech pokusných letech mezi výnosy sušiny variant 1 a 3 nebyl zjištěn průkazný rozdíl. Rovněž mezi výnosem varianty 2 ($160 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$) a varianty 5 ($240 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$) nebyl (vyjma roku 1988) stanoven rozdíl, který by mohl být pokládán za průkazný. Rozdíly ve výnosu dusíkatých látek jsou pak výraznější proto, že přítomností jetele plazivého se zvyšuje nejen produkce biomasy, ale zvyšuje se i obsah dusíkatých látek v píce.

III. Podíl *Trifolium repens* na výnosu sklizní (vážený průměr let 1987 až 1990) – Proportion of *Trifolium repens* in the yield by harvest (weighted mean of 1987 to 1990)

Variant ¹	Sklizeň ²	1.	2.	3.	4.	5.
1	výnos sušiny celkem ³ ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)	0,97	1,78	1,93	1,79	0,85
	výnos sušiny jetele plazivého ⁴ ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)	0,245	0,373	0,400	0,355	0,315
	%	25	21	21	20	37
2	výnos sušiny celkem ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)	1,17	1,95	2,34	2,16	0,89
	výnos sušiny jetele plazivého ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)	0,193	0,323	0,340	0,380	0,213
	%	16	17	15	18	24

¹variant, ²harvest, ³gry matter yield in total, ⁴dry matter yield of white clover

IV. Výnos sušiny, dusíkatých látek a škrobových jednotek – Yields of dry matter, crude protein and starch units

Varianta ¹		Rok ²	Sušina ³ (t.ha ⁻¹)	Dusíkaté látky ⁴ (t.ha ⁻¹)	Škrobové jednotky ⁵ (.ha ⁻¹)
1	80 N	1987	9,18	1,93	4 754
		1988	6,00	1,23	3 134
		1989	7,36	1,25	3 859
		1990	6,75	1,31	3 788
		$\bar{x}$	7,32	1,43	3 884
2	160 N	1987	10,58	2,12	5 477
		1988	6,70	1,40	3 507
		1989	8,56	1,58	4 458
		1990	8,18	1,63	4 603
		$\bar{x}$	8,51	1,68	4 511
3	80 N	1987	7,24	1,19	3 737
		1988	5,14	0,90	2 675
		1989	6,13	0,98	3 217
		1990	5,14	0,90	2 881
		$\bar{x}$	5,91	0,99	3 128
4	160 N	1987	8,94	1,49	4 589
		1988	6,57	1,22	3 386
		1989	7,34	1,15	3 845
		1990	7,25	1,27	4 060
		$\bar{x}$	7,52	1,28	3 970
5	240 N	1987	10,55	1,87	5 347
		1988	7,92	1,60	4 080
		1989	8,78	1,71	4 631
		1990	9,07	1,73	5 076
		$\bar{x}$	9,08	1,73	4 784
6	320 N	1987	11,49	2,19	5 840
		1988	8,47	1,79	4 410
		1989	10,02	1,95	5 246
		1990	9,83	1,96	5 548
		$\bar{x}$	9,95	1,97	5 261

¹variant, ²year, ³dry matter, ⁴crude protein, ⁵starch units

Jetel plazivý v pastevních porostech či v porostech s vyšší frekvencí sklizní může, vycházíme-li z popsaných výsledků výzkumu, nahradit při nižší až střední úrovni hnojení asi 80 kg N.ha⁻¹. Produkční účinnost tohoto dusíku by v případě varianty 1 činila více než 17 kg sušiny, v případě varianty 2 více než 12 kg sušiny. Tyto hodnoty jsou obvyklé i při aplikaci minerálních dusíkatých hnojiv. Absolutní rozdíl ve výnosu dusíkatých látek mezi variantou 1 a 3 činí 0,44 t.ha⁻¹, což představuje 70 kg N.ha⁻¹, a mezi variantou 2 a 4 činí 0,40 t.ha⁻¹, což představuje 64 kg N.ha⁻¹. Hypoteticky lze pak odvodit, že při aplikaci 80 kg N.ha⁻¹ ve formě minerálních hnojiv by v prvním případě návratnost dusíku dosáhla téměř 88 %, ve druhém případě 80 %. Oba údaje jsou mimořádně příznivé, porovná-li se s hodnotami, které uvádí V e l i c h (1978). Výnos škrobových jednotek je u porostů s jetelem plazivým rovněž vyšší, a to ve variantě 1 o 24 % v porovnání s variantou 3 a o 14 % ve variantě 2 v porovnání s variantou 4.

Přítomnost jetele plazivého v porostu zvyšuje jak výnosy sušiny, tak i výnos dusíkatých látek a škrobových jednotek. Ekonomické problémy v rezortu zemědělství nutí prvovýrobu ke snižování nákladů. Jednou z cest je uplatnění méně intenzivních způsobů hospodaření. Ve vyšších oblastech se nabízí využívání travních porostů pastvou, přičemž potřebu dusíku lze zčásti hradit dusíkem rhizobiálního původu.

L i t e r a t u r a

- BEHAEGHE, T. - SLAATS, M.: Competition of plant species in young swards. I.W.O.N.L. Verslagen over Navorsingen. 35. Werkzaamheden van het National Centrum voor Graslanden Groenvoederonderzoek 1968: 91-144.
- BLAND, B. F.: White clover. *Wld Crops*, 20, 1968: 35-40.
- BUKVAJ, M.: Produkční schopnost dočasných travních porostů s vyšším podílem jetelovin v různých stanovištních podmínkách. *Rostl. Výr.*, 37, 1991 (9-10): 837-844.
- HOEN, K.: Performance in mixed swards of three perennial ryegrass and three white clover varieties at two nitrogen levels. *Ir. J. agric. Res.*, 9, 1970 (2): 215-253.
- KRÁLOVEC, J. - FRYČEK, A. - TOMAN, K. - BALÁŠ, J.: Changes in herbage output from grassland over twenty years. *Rostl. Výr.*, 36, 1990 (5): 489-500.
- KRÁLOVEC, J. - RAIS, I.: Kvalita pastevní píce při stoupajících dávkách dusíku. *Rostl. Výr.*, 37, 1991 (5): 427-434.
- SCARISBRICK, D. H. - IVINS, J. D.: Some aspects of competition between pasture species: the effect of environment and defoliation. *J. appl. Ecol.*, 7, 1970 (3): 417-428.
- SCHECHTNER, G.: Das Zusammenstellen von Saatgutmischungen für den Feldfutterbau und Dauergrünland-Neuanlagen. *Förderungsdienst*, 13, 1965 (3): 1-9.
- VELICH, J.: Výživa a hnojení travních porostů. In: KLESNÍL, A. a kol.: Intenzivní výroba píce. Praha, SZN 1978: 218-261.
- VÍTEK, L.: Využití barevných jetelovin v lučních a pastevních porostech. In: Sbor. Předn. Využití barevných jetelovin, Troubsko, VŠÚP 1987: 11-15.

ZAPLETALOVÁ, I.: Yield variability in varieties of white clover (*Trifolium repens* L.) of two taxonomic groups. Sci. Stud. (Troubsko), 12, 1991: 77-85.

ČSN 46 7092. Metody zkoušení krmiv. 1986.

ČSN 46 7093. Výživná hodnota krmiv. 1982.

Došlo 25. 10. 1993

VÍTEK, L. (University of Agriculture, Brno):

The effect of white clover on the production of pasture grassland.

Rostl. Výr., 40, 1994 (4): 381-387.

In the central part of the Bohemian-Moravian Highlands (Českomoravská vysočina) south-east of Žďár nad Sázavou at the altitude 580 m experimental trials were established in 1986. Dry matter yields, crude protein, starch units and representation of sown species were investigated within the trials in the years 1987 to 1990. White clover (*Trifolium repens*) was sown in two variants with three grasses, only grasses (*Poa pratensis*, *Festuca pratensis*, *Phleum pratense*) were sown in four variants. Phosphorus and potassium fertilizing was uniform, nitrogen fertilizers were applied in the first two variants in doses of 80 and 160 kg N.ha⁻¹, in further four variants in doses of 80, 160, 240 and 320 kg N.ha⁻¹. Experimental stands were harvested each year five times.

The lowest yields of dry matter, crude protein, and starch units were found out in variant 3 (grassland, 80 kg N.ha⁻¹), the highest in variant 6 (grassland, 320 kg N.ha⁻¹). The grassland yields, where white clover was present, were always comparable with the grassland yield fertilized with nitrogen rate higher by 80 kg.ha⁻¹ about what testifies the fact that statistically significant differences were not found in production between variants 1 and 4, and 2 and 5 (except for 1988). The highest white clover yield was recorded in the first year following the stand establishment. Its proportion was more than 40 %, in subsequent years it participated in dry matter production by 12 to 15 % in variant 1, in variant 2 by only 4 to 8 %. White clover on grasslands evidently increases the production of dry matter and starch units. The need of nitrogen can be partially substituted by nitrogen of rhizobial origin, inasmuch the white clover will be present in these stands.

Kontaktní adresa:

Doc. ing. Lubor Vítek, CSc., Vysoká škola zemědělská, Zemědělská 1, 613 00 Brno,
tel: 05/45131111, fax: 05/578427

ŽIVOTNÍ JUBILEUM PROF. ING. BOHUMILA VOTOU PALA, CSc.

Významný vědec a pedagog prof. ing. Bohumil Votou pal, CSc., se dožívá v tomto roce v plné duševní a fyzické svěžesti sedmdesátin. Narodil se 28. dubna 1924 v Havlíčkově Brodě v rodině zemědělce. Jeho rodiče vlastnili zemědělskou usedlost v Perknově s 18 ha zemědělské půdy. Po absolvování reálného gymnázia v Havlíčkově Brodě byl v roce 1943 nasazen jako pomocný dělník ve strojírně, později jako úředník v Mlékárenském družstvu v Havlíčkově Brodě. Po skončení války začal studovat na Vysoké škole zemědělského a lesnického inženýrství v Praze. V roce 1948 úspěšně ukončil studium a nastoupil na praxi ve Výzkumných ústavech bramborářských v Havlíčkově Brodě. V roce 1950 po ukončení dvouleté základní vojenské služby nastoupil do Výzkumného ústavu bramborářského v Havlíčkově Brodě, kde zprvu pracoval jako praktikant ve výzkumu, od roku 1951 do září 1953 jako odborný pracovník oddělení biologie ústavu v Kečkově. V říjnu 1953 byl pověřen vedením agrotechnického oddělení Výzkumného ústavu bramborářského na pracovišti Valeč, kde na základě studia agrotechniky brambor řešil řadu problémů z oblasti pěstování brambor a jejich užití. Podílel se též na zavádění nových progresivních technologií pěstování brambor. V roce 1963 dosáhl hodnosti kandidáta zemědělských a lesnických věd. Stal se uznávaným odborníkem jak ve vědecké oblasti, tak i v praxi.

Na základě konkurzního řízení nastoupil v roce 1964 na místo odborného asistenta na katedře rostlinné výroby a ochrany rostlin Vysoké školy zemědělské v Praze, Provozně ekonomické fakulty v Českých Budějovicích, kde pracoval na úseku pedagogickém i výzkumném. V roce 1968 se habilitoval na docenta pro obor rostlinná výroba. Na fakultě přednášel a cvičil předmět Rostlinná výroba a Využití produktů rostlinné výroby. Organizoval a vedl postgraduální studia. Vychoval celkem 130 diplomantů a na mnohých zemědělských závodech se lze setkat s jeho žáky. V roce 1989 odešel do důchodu, nadále však zůstává činný, spolupracuje s řadou zemědělských podniků především na úseku pěstování brambor. V roce 1991 byl jmenován profesorem pro obor speciální produkce rostlin.

Jubilant se mimořádně zasloužil o rozvoj vědních disciplín v oboru základního zpracování půdy a agrotechniky brambor. Zabýval se přípravou půdy pro brambory ve vztahu ke kořenovému systému brambor, vlivem teploty na mechanické poškození brambor, citlivostí odrůd k herbicidům, pěstováním a užitím topinambur. Je známým odborníkem s bohatými pedagogickými a vědeckovýzkumnými zkušenostmi a mimořádnou komplexní znalostí celé bramborářské problematiky. Je autorem řady původních vědeckých prací a odborných článků. Obhájil kolem tří desítek závěrečných zpráv výzkumných úkolů a přednesl řadu referátů na vědeckých konferencích a sympozích nejen u nás, ale i v zahraničí. Je spoluautorem knižních publikací, učebnic, skript a monografií, často oponoval závěrečné zprávy, dizertační práce a různé studie. Aktivně pracoval v komisi polních plodin ČSAZV. Byl zakladatelem Odborné skupiny bramborářské při České zemědělské společnosti, v níž 14 let vykonával funkci předsedy a nyní pracuje ve funkci vědeckého tajemníka. Je členem Vědecké rady a Šlechtitelské rady Výzkumného ústavu bramborářského i redakční rady časopisu *Bramborářství*, v květnu 1993 byl zvolen předsedou Ústředního bramborářského svazu. Za jeho dosavadní práci patří jubilantovi oprávněně poděkování.

Doc. ing. Vlastimil Raso cha, CSc.

PROGNÓZA ZNEČIŠTĚNÍ SLOŽEK ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ VLIVEM ANTROPOGENNÍ ČINNOSTI

Z. Wittlingerová¹, L. Kříž², E. Preiningerová³

¹*Vysoká škola zemědělská, Praha*

²*Vodní zdroje, Chrudim*

³*Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně*

Dosavadní monitoring makrosložek v řetězci vzduch - půda - voda v zájmovém území průmyslové aglomerace Hradec Králové - Pardubice byl zhodnocen formou matematického modelu. Nynější stav prozkoumanosti zájmového regionu umožňuje popsat v prostoru a čase distribuci iontů dusičnanů, amoniaku, síranů a chloridů v mělkých podzemních vodách. Lze doložit nárůst obsahů těchto makrosložek za období 1960 až 1992 a separovat vliv plošného a bodového znečištění pocházejícího ze zemědělské činnosti a vliv exhalací z průmyslových podniků. Takto byly např. vysvětleny nadlimitní obsahy síranů ve spodních vodách aplikací matematické simulace provozu emisního zdroje elektrárna Opatovice. Podařilo se popsat vliv orografické expozice území, která významně koreluje se zvýšenými obsahy znečišťujících látek v podzemních vodách. Popisovaný matematický model dobře charakterizuje proces znečištění půdy a mělkých podzemních vod sloučeninami síry. Byla dosažena vysoká korelace mezi zvýšením obsahů síranů v podzemních vodách a simulovaným vlivem emisního zdroje.

Sledované území je tvořeno kvarterními štěrkopískovými sedimenty, které vytvářejí mělké pravobřežní údolí řeky Labe. Půdní pokryv obsahuje vždy kvalitní humusovitou vrstvu a v nižší vrstvě spraše, sprašové hlíny, jíly nebo váte písků. Převážná část území je intenzivně zemědělsky využívána. Zároveň je od roku 1954 se stále větší intenzitou vodárensky využíván štěrkopískový kolektor, který se tak stal významným zdrojem pitné vody pro města Pardubice a částečně i Hradec Králové. V samém středu sledovaného území se nachází elektrárna Opatovice, spalující hnědé uhlí s vysokým obsahem síry. Do této oblasti se tedy soustřeďuje značný střet zájmů a udržitelný rozvoj je závislý na kvalitě vstupních informací, na schopnosti prognózovat následky vlivů hospodářské činnosti na geoekologické podmínky.

Dosud shromážděné podklady a výsledky dosavadního monitorování hydrosféry umožnily sestavit a verifikovat matematický model proudění podzemních vod, který popisuje prostup srážek zónou aerace (infiltraci), respektuje evapotranspiraci v závislosti na charakteru rostlinného pokryvu území a vytváří tak velmi dobrý

základ pro simulaci pohybu živin a znečišťujících látek. Cílem této práce bylo doložit nárůst makrosložek v podzemních vodách za období 1960 až 1992 a separovat vliv regionálních imisních zdrojů.

MATERIÁL A METODA

Rešerše archivních dat o jakosti podzemní, povrchové a srážkové vody poskytla údaje od roku 1960 (S k o ř e p a, 1987, 1989; B l a ž e k, 1992). V roce 1992 proběhlo jednorázové vzorkování kvality vod v zájmovém území, které doplnilo datový soubor o aktuální stav. Ke statistickému zpracování bylo vybráno 280 vzorkovacích bodů, pro které byly zároveň stanoveny prostorové souřadnice. Takto byly zpracovány údaje o obsazích iontů dusičnanů, amoniaku, síranů a chloridů v podzemních vodách zájmového území. Výsledkem byly mapy distribuce těchto složek v ploše za období 1960 až 1972, stav k roku 1992 a nárůst koncentrací za období 1972 až 1992. Tyto nárůsty koncentrací byly zpracovány ve formě histogramů. Největší přírůstek vykazují koncentrace síranů v podzemních vodách. Vzhledem k tomu, že v samém středu sledovaného území se nalézají 13. největší emisní zdroj v ČR - Opatovická elektrárna (Kolektiv, 1990), spalující hnědé uhlí, byl aplikován matematický model popisující opadovou křivku koncentrací SO_2 v přízemní vrstvě atmosféry. Koncentrace SO_2 z bodového zdroje se stanoví podle vztahu:

$$CA = \frac{Q}{\pi \sigma_z \sqrt{2aux}} \left[\exp\left(-\frac{h^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(2A+h)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(2A-h)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right] \quad [1]$$

kde: Q - množství exhalací (g/den)

u - rychlost větru ve výšce zdroje (m/s)

σ_z - standardní pokles koncentrace po vertikále $\sigma_z = 0,06x(1 + 0,0015x)^{-1/2}$

x - vzdálenost od zdroje (m)

A - výška inverzní vrstvy nad územím (m); jako průměrná se udává $A = 800$ m

h - výška středové osy zdroje nad povrchem terénu

Výpočet byl proveden pro výšku komínu 125 m a průměrnou rychlost větru 5 m/s (K ř í ž, R o s h a l, 1992). Parametry prostupu síranů půdní vrstvou k podzemní vodě byly stanoveny jako migrační úloha popisující přenos vláhý zónou aerace. Výchozí neovlivněné obsahy byly odhadnuty při použití vztahu popisujícího bilanci solí (R o s h a l, 1980):

$$C = \frac{O \cdot Co}{W} \quad [2]$$

kde: O - srážky (mm)

Co - obsah síranů v atmosférických srážkách (mg/l)

W - infiltrace (mm)

Pro odhad nastolení rovnovážného stavu mezi přísunem znečišťující látky a jejím transportem podzemní vodou byl použit vztah (K a c , P a s k o v s k í j , 1988):

$$t = \frac{3V}{W} \quad [3]$$

kde: V - obsah vláhy v půdním profilu (mm)

W - infiltrace (mm)

t - čas (roky)

VÝSLEDKY A DISKUSE

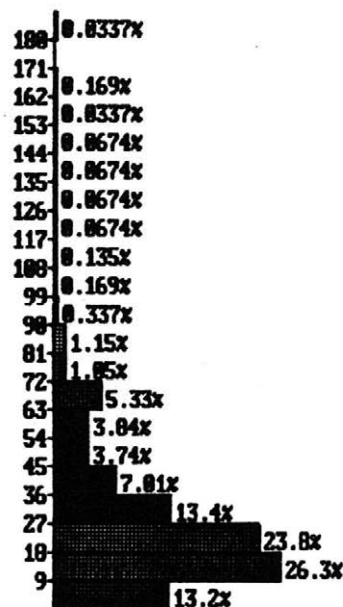
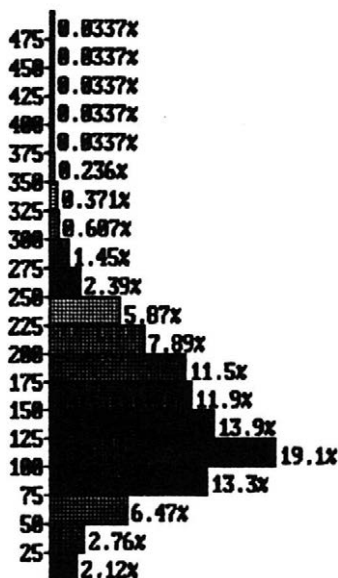
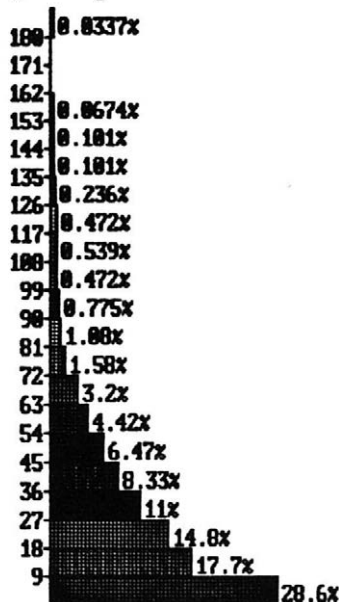
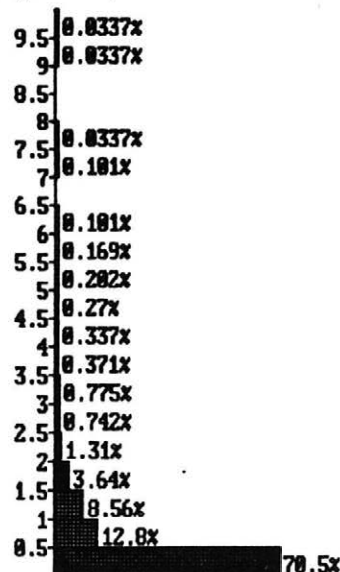
Výsledky statistického zpracování přírůstků koncentrací iontů dusičnanů, amoniaku, síranů a chloridů v podzemních vodách jsou uvedeny na obr. 1 formou histogramů. Největší změny jsou patrné u koncentrací síranů (cca 50 % plochy sledovaného území vykazuje nárůst v intervalu 100 až 200 mg/l za období 1962 až 1992). Objekty s nejvyššími koncentracemi síranů zjištěnými při účelovém vzorkování podzemních vod v roce 1992 jsou uvedeny v tab. I, přičemž dokumentované obsahy síranů neklesají pod hranici 270 mg/l, běžně dosahují hodnot nad 350 mg/l a jsou zde zastoupeny i obsahy nad 500 mg/l; přitom hodnota doporučená ČSN 75 7111 pro pitnou vodu činí 250 mg/l.

Matematická simulace provozu bodového emisního zdroje popisuje distribuci SO_2 v přízemní vrstvě atmosféry. Na obr. 2 je znázorněno prostorové schéma koncentrací SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) v ploše zájmového území.

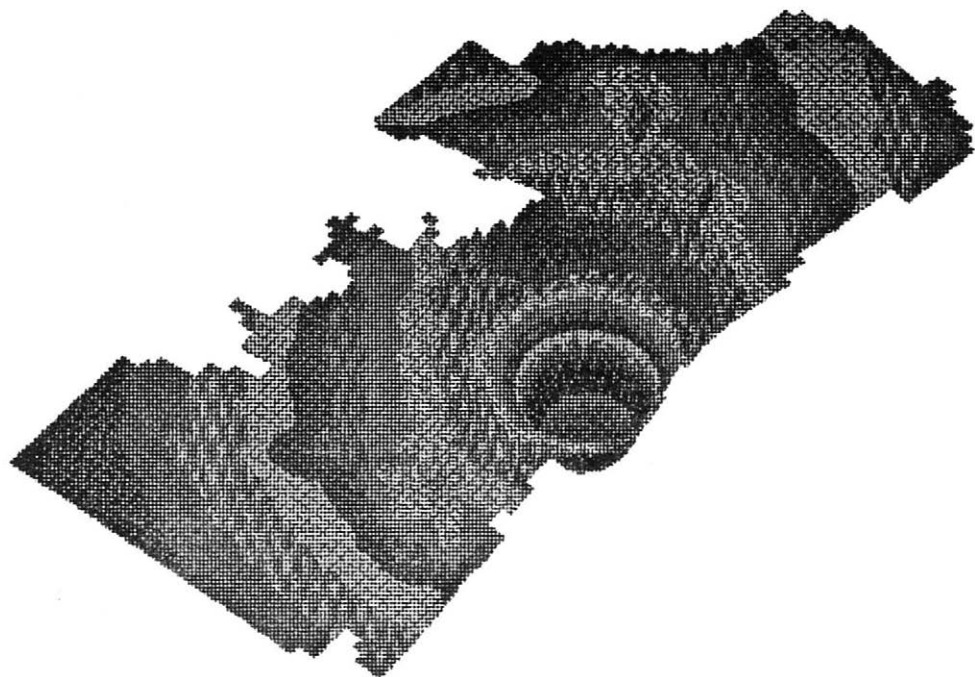
Porovnání hodnot modelových koncentrací SO_2 se skutečnou (empirickou) hodnotou koncentrací síranů v podzemních vodách uvádí obr. 3, z něhož je patrná vysoká korelace těchto hodnot. Bodový emisní zdroj je příčinou regionální změny chemického složení podzemních vod, kontaminuje půdní vrstvy a působí tak postupné zvyšování koncentrací sloučenin síry v zóně aerace.

Numerický odhad výchozích (neovlivněných) koncentrací síranů v podzemních vodách podle vztahu (2) po dosažení hodnot $C_0 = 5 \text{ mg/l}$, $O = 600 \text{ mm/rok}$ a $W = 50 \text{ mm/rok}$ činí 60 mg/l. Odhad dosažení rovnovážného stavu v zásobení zóny aerace podle vztahu (3) činí při průměrné mocnosti zóny aerace 2 m, objemové vlhkosti 15 % a infiltrace 50 mm/rok 18 let.

Tyto odhady velmi dobře korespondují s hodnotami koncentrací síranů měřenými na vodním zdroji Hrobice - Čeperka od roku 1967. Na obr. 4 je uvedena změna koncentrace síranů za období 1967 až 1992. Je patrná výchozí hodnota přibližně 70 mg/l, od konce 80. let nedochází k významnému nárůstu koncentrací. Výsledky rozborů, dokumentující kvalitu jímáných podzemních vod ze zdroje Hrobice - Čeperka, jsou uvedeny v tab. II. I zde je patrný nárůst obsahu síranů v porovnání s ostatními sledovanými ukazateli. Za povšimnutí stojí stabilita obsahu dusičnanů a dusitanů v podzemní vodě sledované zemědělsky intenzivně využívané oblasti.

mg/l Cl^- mg/l SO_4^{2-} mg/l NO_3^- mg/l NH_4^+ 

1. Histogramy nárůstu koncentrací makrosložek v podzemních vodách za období 1962 až 1992 – Histogram of growth of macrocomponent concentrations in groundwaters for the years 1962 to 1992



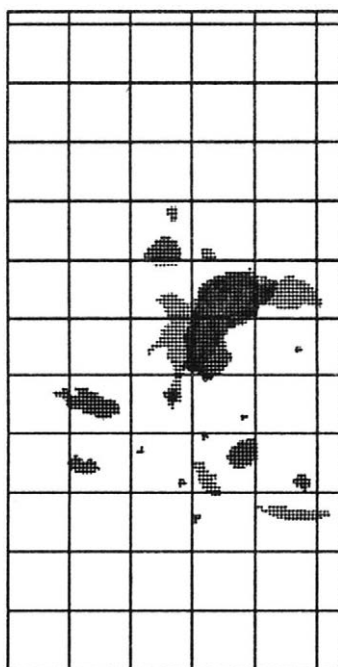
2. Prostorové schéma distribuce SO_2 v přízemní vrstvě atmosféry – Spatial diagram of SO_2 in the groundlayer of atmosphere

3. Korelace modelových a empirických hodnot v ploše zájmového území – Correlation of model and empiric values in area of special-interest territory

■ - oblast průniku modelových a empirických hodnot – field of penetration of model and empiric values

▨ - modelové hodnoty - model values

▩ - empirické hodnoty - empiric values



I. Nejvyšší koncentrace iontů (mg/l) v podzemní vodě – The highest ion concentrations (mg/l) in groundwater

Označení ¹	Lokalita ²	Typ ³	Datum ⁴ (1992)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Alkalita ⁵ (mmol/l)
L-HŘ	Libišany	S	15. 7.	175,30	24,90	0,03	100,30	546,60	72,9	4,0
SD-5	Stěblová	S	22. 7.	128,30	20,00	2,00	46,80	527,40	3,6	2,5
DL-HŘ	Dolany	S	22. 7.	312,60	13,00	0,60	136,50	527,40	161,0	2,7
SŽ-3	Staré Ždánice	S	14. 7.	180,40	18,80	0,03	66,50	522,10	31,2	4,5
HR-32	Hroboce	S	14. 7.	162,30	32,20	0,03	46,10	488,90	20,2	5,3
PD-60	Podlíšany	V	15. 7.	188,40	17,60	0,03	69,10	451,80	93,6	4,2
PL-1	Pláčice	S	18. 7.	227,50	22,50	0,03	226,20	445,20	6,0	6,3
GG-191	Gigant	V	22. 7.	154,30	18,20	0,22	43,60	441,80	23,1	3,6
SŽ-28	Staré Ždánice	S	14. 7.	199,40	17,00	0,03	68,40	434,20	68,5	5,1
L-123	Libišany	S	15. 7.	138,30	18,80	0,03	69,10	428,40	94,8	2,0
U-124	Urbanice	S	23. 7.	131,30	23,10	0,05	68,10	410,70	73,0	2,5
SŽ-136	Staré Ždánice	S	15. 7.	234,50	34,10	0,03	72,00	409,40	110,9	5,3
L-30	Libišany	S	15. 7.	180,40	17,00	0,03	82,60	405,40	24,6	5,5
PL-43	Pích	S	22. 7.	117,20	25,00	0,03	37,00	403,50	18,8	4,8
GG-VZ	Gigant	V	24. 7.	238,50	21,90	0,03	75,30	399,10	18,3	6,0
O-26	Opatovice	S	16. 7.	126,30	29,20	0,03	70,90	398,20	145,8	3,5
L-9	Libišany	S	15. 7.	167,30	18,20	0,03	61,30	397,00	107,0	3,3
SD-4	Čepetka	S	13. 7.	93,20	14,60	0,03	43,60	381,80	130,0	1,1
L-121	Libišany	S	15. 7.	112,20	20,70	0,03	36,50	376,10	91,8	2,5
PD-20	Podlíšany	S	15. 7.	194,40	21,30	0,03	49,60	370,80	130,8	6,4
BŘ-60	Březhrad	S	16. 7.	154,30	28,60	0,03	96,70	368,40	108,8	2,5
HL-B-1	Staré Ždánice	S	14. 7.	169,30	11,60	0,47	37,20	351,60	49,7	4,6

GG-3	Gigant	PS	1. 7.	74,00	24,00	0,04	46,10	333,80	0,1	1,8
ST-51	Stéblová	S	24. 7.	105,20	10,30	0,48	33,70	333,80	80,5	1,2
K-32	Krásnice	S	23. 7.	123,20	18,20	0,10	44,30	329,50	85,0	1,9
O-89	Opatovice	S	16. 7.	126,20	17,60	0,60	35,50	329,50	98,1	3,7
HK-358	Hradec Králové	S	18. 7.	199,40	20,10	10,00	64,50	329,50	44,4	5,1
HK-65	Hradec Králové	S	18. 7.	138,30	11,60	0,03	83,30	328,50	59,4	1,3
KK-1	Krásnice	V	23. 7.	131,30	19,50	0,02	59,20	324,20	41,6	3,5
Č-171	Čeperka	S	14. 7.	90,20	16,40	0,03	40,10	317,50	118,6	1,4
GG-4	Gigant	PS	1. 7.	76,00	21,00	0,04	46,00	310,30	0,2	1,8
PS-3L	Plačice	PS	15. 7.	88,20	15,20	0,03	69,80	306,90	4,7	1,7
PS-2HK	Plačice	PS	18. 7.	109,20	20,10	0,10	101,00	302,10	9,2	1,7
SD-2BŘ	Březhrad	S	18. 7.	87,20	14,00	4,13	23,00	290,00	29,2	1,7
HV-1	Podůlšany	V	21. 8.	182,30	24,30	7,20	126,20	286,70	191,0	2,5
HV-2	Dolany	V	22. 8.	195,40	45,60	0,03	77,80	286,70	51,8	5,5
PS-1L	Plačice	PS	15. 7.	95,20	14,00	0,03	73,40	286,30	3,3	1,3
PS-1HK	Plačice	PS	18. 7.	79,20	17,00	0,30	83,30	282,40	2,6	1,8
OPL-11	Oplatil	PS	28. 6.	79,20	21,30	0,03	49,60	275,20	0,1	1,7
OPL-12	Oplatil	PS	28. 6.	79,20	18,80	0,03	49,60	275,20	0,7	1,7
TN-2	Týnišť	PS	1. 7.	100,20	10,90	0,03	36,20	274,70	0,1	2,0
PR-24	Praskačka	S	23. 7.	79,20	15,20	0,02	25,50	274,20	43,3	3,4
V-7	Březhrad	V	27. 9.	132,00	18,00	1,60	138,00	274,00	0,3	2,2
O-135	Opatovice	S	16. 7.	115,20	5,50	0,03	61,00	271,40	21,3	2,9

¹symbol, ²locality, ³type, ⁴date, ⁵alkalinity

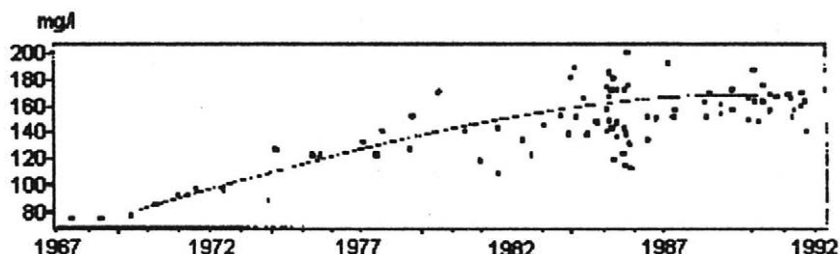
S - studna - well; V - vrt - bore hole; PS - písník - sand quarry; Z - povrchový tok - river

II. Vývoj kvality vody za období 1967 až 1992 podle laboratoře VAK Pardubice (Hrobice, Čeperka) – Development of water quality for the period from 1967 to 1992 according to the laboratory of VAK Pardubice (Hrobice, Čeperka)

Datum ¹	pH	Acidita ² (mmol/l)	Alkalita ³ (mmol/l)	Mn (mg/l)	Tvrdost ⁴ (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)
22. 7. 1967	6,40	0,30	3,10	3,56	2,28	14,43	1,47	7,50	1,60	0,11	26,94	0,01	3,00	
3. 7. 1968	6,40	0,50	3,40	3,44	2,32	13,52	2,25	6,50	1,80	1,53	26,80	0,00	3,00	74,92
28. 5. 1970	7,05	0,65	2,50	3,76	3,40	102,40	20,67	7,00	1,10	1,29	26,10	0,01		76,80
22. 6. 1975	6,60		3,25	3,76				9,55	2,38	0,21				
7. 6. 1976	6,80	0,85	3,25	3,50	2,80	82,20	18,20	10,40	2,50	0,41	28,70	0,01	1,40	122,90
12. 8. 1977	6,80	1,05	3,30	3,60	3,05			9,45	2,20	0,38	31,20	0,02	2,70	
11. 8. 1978	6,70	0,80	3,30	3,12	2,83	99,20	9,12	9,16	2,65	0,40	34,20	0,00	0,98	122,90
19. 10. 1978	6,80	0,70	3,05	3,76	0,50	101,20	13,40	6,45	1,49	0,49	28,50	0,03	2,80	140,10
21. 9. 1979	6,80	0,70	2,80	3,80	4,17	126,20	4,25	3,80	2,25	0,05	37,40	0,02	1,35	126,80
11. 10. 1979	6,80	0,80	3,10	3,04	2,89	42,20	8,50	4,30	1,54	0,44	27,80	0,02	2,10	153,60
1. 8. 1980	6,80	0,70	2,90	2,96	3,30	105,20	16,50	3,24	1,54	0,20	30,30	0,01	2,20	172,90
26. 6. 1981	6,80	0,50	2,90	3,04	3,23	108,20	7,34	10,00	2,42	0,40	37,40	0,06	1,83	140,20
2. 7. 1981	6,80	0,60	3,50	2,96	3,39	114,20	13,00	5,75	1,29	0,48	33,50	0,03	3,42	142,20
22. 6. 1982	6,70	1,00	3,10	3,04	3,12	98,20	16,50	3,00	1,76	0,76	33,90	0,02	2,83	144,10
29. 7. 1982	6,50	0,60	3,10	2,00	3,00	106,20	8,25	4,32	1,63	0,37	28,50	0,02	2,38	108,50
24. 6. 1983	6,80	0,55	3,10	2,24	2,87	99,20	9,55	4,15	1,55	0,54	28,90	0,04	2,90	134,50
21. 9. 1984	6,70	0,54	3,40	2,80	3,37	106,00	17,70	4,42	1,53	0,34	30,60	0,03	1,71	153,60
22. 9. 1986	7,02	0,55	3,55	2,80	3,62	116,20	17,70	5,36	1,54	0,49	32,00	0,02	1,99	144,00
26. 6. 1987	6,70	0,40	3,50	2,64	3,50	112,20	16,90	4,66	1,20	0,43	32,10	0,02	3,76	134,40

2. 7. 1987	6,70	0,60	3,15	2,80	3,55	108,20	20,80	10,50	2,17	0,49	38,80	0,01	4,09	153,70
10. 6. 1988	6,95	0,50	3,35	2,16	3,44	112,20	14,80	3,90	1,41	0,38	33,90	0,02	3,09	157,80
17. 6. 1988	6,70	0,90	3,15	3,20	3,19	128,30	17,80	9,10	2,32	0,02	38,30	0,03	3,19	153,70
29. 6. 1989	6,79	0,85	3,20	2,56	3,66	117,20	17,70	9,65	2,01	0,44	42,70	0,02	3,00	163,30
30. 6. 1989	6,80			2,40	3,58	114,20	18,20	3,78	1,60	0,41	32,00	0,02	3,07	153,70
10. 5. 1990	7,10	0,90	3,50	2,56	3,42	120,20	10,40	8,55	2,60	0,13	39,50	0,03	3,18	172,90
10. 5. 1990	7,10	0,50	3,50	2,40	3,48	120,20	11,70	3,86	1,66	0,03	32,10	0,03	3,53	157,70
6. 6. 1991	7,10	0,80	3,50	2,40	3,51	111,20	13,00	10,10	2,50	0,15	38,50	0,04	3,26	176,70
7. 6. 1991	7,00	0,40	3,30	2,24	3,62	120,20	15,20	4,48	1,62	0,35	32,40	0,02	12,10	174,60
6. 5. 1992	6,90	0,40	2,85	2,40	4,14	120,20	27,70	3,70	1,78	0,26	31,70	0,02	2,95	158,50
6. 5. 1992	6,80			3,20	3,58	118,20	15,60	8,05	2,73	0,21	38,10	0,04	4,26	153,70

¹date, ²acidity, ³alkalinity, ⁴hardness



4. Změna koncentrace síranů v podzemních vodách za období 1967 až 1992 – Change of sulphate concentration in groundwaters for the years 1967 to 1992

Tepelná elektrárna Opatovice s instalovaným výkonem 330 MW svým provozem způsobila nárůst koncentrací síranů v podzemních vodách. Z výchozí hodnoty 60 až 80 mg/l je po cca 30 letech provozu běžná koncentrace 200 až 300 mg/l. Současný stav je stabilní, bilance solí v zóně aerace je rovnovážná.

Zpracování dat metodami GIS (geografických informačních systémů) umožňuje aplikovat pro řešení důležitých problémů matematické prognózní modely. Ty lze následně využít pro odhad vývoje kontaminace půd, podzemních vod, acidifikace půd a pro odhad škod na zemědělské produkci v takto postihovaném území.

Literatura

- BLAŽEK, J.: Hydrogeologický rajon 112. Regionální hydrogeologický průzkum. [Závěrečná zpráva.] Chrudim, Vod. Zdroj. 1992: 3-49.
- KAC, D. M. - PASKOVSKIJ, I. S.: Meliorativnaja gidrogeologija. Moskva, Agropromizdat 1988: 256 s.
- KOLEKTIV: Životní prostředí České republiky. Praha, Academia 1990: 62 s.
- KŘÍŽ, L. - ROSHAL, A. A.: Hydrogeologický rajon 112. Ocenění zásob podzemních vod metodou matematického modelování. [Závěrečná zpráva.] Chrudim, Vod. Zdroj. 1992: 5-24.
- ROSHAL, A. A.: Metody opredelenija migracionnyh parametrov. Moskva, Vienc 1980: 62 s.
- SKOŘEPA, J.: Vývoj kvality mělkých podzemních vod s možností její obnovy na příkladu Polabí. [Kandidátská dizertace.] Praha, 1987: 32-78. - Karl. Univ. Přírodov. Fak.
- SKOŘEPA, J.: Polabí - sledování kvality. Praha, Staveb. Geol. 1989: 7-11.
- ČSN 75 7111. Pitná voda. 1986.

Došlo 1. 11. 1993

WITTLINGEROVÁ, Z. - KŘÍŽ, L. - PREININGEROVÁ, E. (University of Agriculture, Praha; Water Resources, Chrudim; Research Institute for Crop Production, Praha-Ruzyně): **Prognosis of pollution of environmental components due to anthropogenic activity.** Rostl. Výr., 40, 1994 (4): 389-399.

The present state of the investigation of the studied region allows to describe the time and area distribution of the ions of nitrates, ammonia, chlorides and sulphates in shallow groundwater. It is possible to document increasing contents of these macrocomponents in the period from 1960 to 1992 and to check the influence of the area and degree of pollution from agricultural activities and the influence of the exhalation of industrial plants. In this way, for example, the over-limit sulphates contents in groundwater have been explained by the application of the mathematical simulation for the working of the emission source of the Opatovice power station. The influence of the orographic exposure of the region was described. The exposure correlates considerably with the increased contents of pollutants in groundwater.

Kontaktní adresa:

Ing. Zdena Wittlingerová, Vysoká škola zemědělská, 165 21 Praha 6-Suchbát, tel.: 02/3382851, fax: 02/393703



Účinný za každého počasí.

ALERT je moderní kombinovaný fungicid účinný proti houbovým chorobám obilovin. **ALERT** poskytuje vysokou návratnost investovaných prostředků - zvyšuje nejen výnosy, ale i kvalitu zrna. Výsledkem kombinace dvou vysoce účinných fungicidních složek je především podstatné rozšíření spektra účinku a potlačení možnosti vzniku rezistence. Mezi jeho další přednosti patří rychlý příjem rostlinou a dokonalá translokace, vyšší účinnost v deštivém období, kurativní i eradikační účinek. Praktické balení přípravku zajišťuje jednoduchou a bezpečnou manipulaci. Účinné látky přípravku **ALERT** jsou povoleny i v zemích s nejpřísnějšími ekologickými kritérii. **ALERT** je vysoce flexibilní přípravek, který ochrání Vaši úrodu s kvalitou garantovanou značkou DuPont.



SPEKTRUM ÚČINNOSTI

stéblolam	rez pšeničná
padlí travní	rez ječná
braničnatka plevová	hnědá skvrnitost ječmene
rez plevová	fusariózy
rez travní	rhynchosporiová skvrnitost
černě	ječmene
plíseň sněžná	pruhovitost ječmene



® Reg. ochranná známka firmy
E. I. DuPont de Nemours and Co. (Inc.)

DuPont Conoco CS, spol. s r.o., 5. května 65, 140 09 Praha 4, tel.: 02/422 642, fax: 02/61 21 15 55, tlx: 121 834 dupo c
DuPont Conoco CS, spol. s r.o., Stěchovice 1320, 767 11 Kroměříž, tel.: 0634/201 48, fax: 0634/242 61
DuPont Conoco CS, spol. s r.o., Českoskalická 1836, 547 01 Náchod, tel.: 0441/20 748, fax: 0441/20617

OBSAH – CONTENTS

Kalčík J., Šantrůčková H.: Profilová distribuce forem půdního fosforu v závislosti na stupni antropogenního ovlivnění – Profile distribution of the forms of soil phosphorus in dependence on the degree of anthropogenic effect.	305
Macháček V.: Hodnocení metod pro stanovení přístupného fosforu na hnědé půdě podzolované – Evaluation of methods for determination of available phosphorus on the cambisol-podzolic soil.	315
Klíř J.: Účinnost dusíku z hnojiv a jeho bilance v osevním postupu s leguminózami – Fertilizer nitrogen efficiency and its balance in crop rotation with legumes.	323
Kozák J., Vacek O., Janků J.: Kinetic study of herbicide adsorption – Kinetická studie adsorpce herbicidu.	333
Táborský J., Vašáková L.: Vliv vybraných pesticidů na aktivitu enzymu glutamátkinázy v listech ozimé pšenice – The effect of selected pesticides on the activity of glutamate kinase enzyme in winter wheat leaves.	343
Šarapatka B.: The effect of anaerobic farmyard manure treatment on the survival of some pathogenic organisms – Vliv anerobního ošetřování chlévské mrvy na přežívání některých patogenních organismů.	349
Tichý F., Palík S.: Analýza vlivu vybraných agrotechnických opatření na výnos a kvalitu produkce ovsa – Analysis of the influence of selected agronomic treatments on oat grain yield and its quality.	359
Pavelek M., Kocourková B.: Dynamika vývoje kořenové a nadzemní biomasy u odrůd lnu s odlišnou délkou vegetační doby – The dynamics of underground and aboveground biomass development by fibre flax varieties with the different duration of vegetation period.	369
Vítek L.: Vliv jetele plazivého na produkci pastevního porostu – The effect of white clover on the production of pasture grassland.	381
Wittlingerová Z., Kříž L., Preiningerová E.: Prognóza znečištění složek životního prostředí vlivem antropogenní činnosti – Prognosis of pollution of environmental components due to anthropogenic activity.	389
Z VĚDECKÉHO ŽIVOTA – FROM THE SPHERE OF SCIENCE	
Stejskal J.: 2. Mezinárodní pracovní konference o antinutričních faktorech (ANFs) v semenech luskovin.	332
JUBILEUM – JUBILEE	
Rasocha V.: Životní jubileum prof. ing. Bohumila Votoupala, CSc. ...	388

UPOZORNĚNÍ PRO ODBĚRATELE

Od letošního roku vyřizuje veškeré služby spojené s distribucí časopisu
Rostlinná výroba vydavatel - Ústav zemědělských a potravinářských
informací Praha.

Objednávky na předplatné posílejte na adresu:

Ústav zemědělských a potravinářských informací
referát odbytu
Slezská 7
120 56 Praha 2

Vědecký časopis ROSTLINNÁ VÝROBA ● Vydává Česká akademie zemědělských věd a Slovenská akadémia pôdohospodárskych vied - Ústav zemědělských a potravinářských informací ● Vychází měsíčně ● Redaktorka: RNDr. Eva Stříbrná ● Redakce: Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02 / 257 541, fax: 02 / 257 090 ● Sazba: Studio DOMINO - ing. Jakub Černý, Pražská 108, 266 01 Beroun, tel.: 0311 / 24 015 ● Tisk: ÚZPI Praha ● © Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha 1994

Rozšiřuje Ústav zemědělských a potravinářských informací, referát odbytu, Slezská 7, 120 56 Praha 2