

ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH
INFORMACÍ

ROSTLINNÁ VÝROBA

PLANT PRODUCTION

1

ROČNÍK 40 (LXVII)
PRAHA 1994
CS ISSN 0370-663X

ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD
SLOVENSKÁ AKADEMIA PÔDOHOSPODÁRSKYCH 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)

RNDr. Vladimír Š k r d l e t a , CSc. (Mikrobiologický ústav AV ČR, Praha, 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

NÁRODNÍ KNIHOVNA



1000169382

PRODUKCE OZIMÉ A JARNÍ PŠENICE NA LEHKÝCH PŮDÁCH PŘI RŮZNÉM VODNÍM REŽIMU, HNOJENÍ DUSÍKEM A ZPRACOVÁNÍ PŮDY

J. Šimon

Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně

Na lehkých půdách Polabí se ověřoval v polních polafykteriálních pokusech vliv různého vodního režimu, hnojení dusíkem a zpracování půdy na strukturu a výši výnosu zrna ozimé (odrůda Zdar) a jarní (odrůda Jara) pšenice. V průměru sedmiletého období se zvýšil výnos zrna závlahou u ozimé pšenice o 27 %, u jarní pšenice o 34 %. Hnojení N se podílelo na přírůstu výnosu (oproti variantě bez hnojení N) u ozimé pšenice bez závlahy 75 až 83 %, v závlaze od 50 do 100 %, u jarní pšenice bez závlahy o 18 až 47 % v závlaze o 15 až 50 %. Minimální zpracování půdy oproti tradiční orbě působilo na výnosy zrna ozimé pšenice kladně (na variantě bez závlahy zvýšení o 8 %), u jarní pšenice mělo na výnosy zrna depresivní vliv (pokles výnosů na variantách bez hnojení N o 13 %, resp. 10 %).

Zavlažování ozimé a jarní pšenice má u nás největší význam zejména ve všech sušších oblastech nebo na stanovištích s lehkými půdami. Je proto zcela opodstatněná potřeba shromažďovat nové poznatky o účinku doplňkových závlah a dalších faktorech agrotechniky na těchto stanovištích ve vztahu k tvorbě a výši výnosu zrna uvedených obilnin.

V současné době je kromě zpřesňování vlivu vodního režimu a hnojení N na výnosy zrna třeba věnovat pozornost i působení zpracování půdy a dalším péstebním opatřením u zavlažovaných obilnin (S l a v í k , 1986; Š i m o n , 1987 aj.).

MATERIÁL A METODA

Polní polyfaktoriální pokusy se uskutečnily v letech 1982 až 1988 ve VÚRV Praha-Ruzyně na pracovišti v Tišicích (okres Mělník). Pokusné pozemky se nacházejí v Polabské oblasti, v sušším teplém okrsku řepařsko-žitného výrobního typu s nadmořskou výškou 168 m. Základní klimatická charakteristika stanoviště: dlouholetý úhrn srážek za rok činí 531 mm, za vegetační období 349 mm, roční průměr teploty vzduchu je 8,5 °C, za vegetační období 14,9 °C.

Půda na pokusných polích náleží k drnové černozemi vytvořené na štěrkopískové terase s průměrnou mocností humózního horizontu 0,4 až 0,5 m. Základní agrochemické vlastnosti orní vrstvy jsou: obsah humusu 2,5 %, pH (KCl) 6,5 až 7,7, P (Egner) 250 až 500 mg a K (Schachtschabel) 80 až 150 mg na 1 kg půdy. Sledované

obilniny se pěstovaly v tomto osevním postupu: kukuřice na zrno (chlévkový hnůj 40 t.ha⁻¹), ozimá pšenice, jarní pšenice. Velikost sklizňových parcel činila 15 m² při čtyřech opakováních.

V pokusech se sledovaly tyto faktory:

a) vodní režim (v):

v₁ - bez závlahy, jen přirozené srážky,

v₂ - závlaha, závlahový režim se udržoval na 40 % VVK;

b) hnojení N (h);

c) zpracování půdy (z).

Použité množství dodané závlahové vody uvádí tab. I, jednotlivé stupně hnojení N tab. II. Hnojení fosforečnými a draselnými hnojivy bylo na všech variantách jednotné ve výši P 47 a K 132 kg.ha⁻¹.

I. Množství dodané závlahové vody – Amount of supplied irrigation water

Rok ¹	Použité množství závlahové vody ² (mm)		Srážky v jednotlivých měsících ⁵				Suma ⁶ (3. - 6.)
	ozimá pšenice ³	jarní pšenice ⁴	3.	4.	5.	6.	
1982	142	173	42	14	25	80	161
1983	109	85	19	54	94	40	207
1984	183	148	26	45	49	52	172
1985	136	97	23	24	100	39	186
1986	98	103	25	19	103	31	178
1987	73	39	20	35	80	91	226
1988	140	134	39	9	24	139	211

¹year, ²applied amount of irrigated water, ³winter wheat, ⁴spring wheat, ⁵precipitation in different months, ⁶sum

II. Stupňované hnojení dusíkem – Graded nitrogen fertilization

Obilnina ¹	Dávky N ⁴ (kg.ha ⁻¹)					
	série ⁵ I			série II		
	h ₁	h ₂	h ₃	h ₁	h ₂	h ₃
Ozimá pšenice ²	0	40	80	0	80	120
Jarní pšenice ³	0	50	100	0	100	150

¹cereal, ²winter wheat, ³spring wheat, ⁴N rates, ⁵series

Zpracování půdy:

- z₁ - tradiční způsob, tj. podmítka + seťová orba na 220 mm a běžná předseťová příprava půdy;
z₂ - minimální zpracování půdy; pro ozimou pšenici kypření půdy kultivátorem + prutové válce, pro jarní pšenici jen podmítka na 150 mm.

U obilnin se sledoval výnos zrna, slámy a struktura výnosu. Kromě produkčních ukazatelů se dále ověřovaly obsahy živin v rostlinné fytohmotě, v půdě a jiné ukazatele. Ostatní použitá agrotechnika na pokusných parcelách byla jednotná a řídila se běžnými pokusnickými zvyklostmi.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Ozimá pšenice

Přírůstky výnosu zrna ozimé pšenice za sedmileté období vlivem závlahy v jednotlivých pokusných sériích shrnuje tab. III. Výnosy zrna zavlažované ozimé pšenice dosáhly za celé sledované období v průměru 5,59 t.ha⁻¹, což představuje zvýšení o 27 % oproti výnosům zrna ozimé pšenice bez závlahy.

Docílené přírůstky výnosu zrna ozimé pšenice závlahou na lehkých půdách se zcela shodují s výsledky, kterých dosáhli u téže plodiny ve stejných podmínkách S l a v í k (1986) a V a š á t (1987), a jsou zcela srovnatelné s výnosy zrna ozimé

III. Přírůstky výnosů zrna ozimé pšenice (odrůda Zdar) vlivem závlahy – Winter wheat grain yield increments (cv. Zdar) under irrigation

Pokusná série ¹	Pokusný rok ²	Výnos zrna ³ (t.ha ⁻¹)		Přírůstek výnosu závlahou ⁶	
		bez závlahy ⁴	v závlaze ⁵	t.ha ⁻¹	%
I	1982	2,82	5,56 ^x	2,74	97,2
	1983	4,96	6,01 ^x	1,05	21,2
	1984	3,87	5,35 ^x	1,48	38,2
	$\bar{x}$	3,88	5,64	1,76	45,4
II	1985	5,43	6,33 ^x	0,90	16,6
	1986	3,82	4,79 ^x	0,97	25,4
	1987	5,53	5,81	0,28	5,1
	1988	4,38	5,29 ^x	0,91	20,8
	$\bar{x}$	4,79	5,56	0,77	16,1
Celkový průměr ⁷		4,40	5,59	1,19	27,0

x statistická významnost při⁸ P = 0,05

¹experimental series, ²experimental year, ³grain yield, ⁴without irrigation, ⁵under irrigation, ⁶yield increment by irrigation, ⁷total average, ⁸statistical significance at

pšenice v závlahách na jižní Moravě (B a ň o c h , 1973; M a t ě j í k o v á , 1974) nebo na jižním Slovensku (D e r c o , B á r t a , 1975; D e r c o , 1976). O příznivém účinku závlahy na výnos zrna ozimé pšenice na lehkých půdách rozhodoval více termín aplikace než množství použité závlahové vody (Š i m o n , 1986).

Při sledování vlivu stupňovaného hnojení N na výnosy zrna ozimé pšenice bylo zjištěno (tab. IV), že v podmínkách bez závlahy došlo použitými dávkami N (do 100 kg.ha⁻¹) oproti variantám bez hnojení N ke zvýšení výnosu o 75 až 83 %, přičemž za optimální lze považovat dávky N 40 až 60 kg.ha⁻¹.

IV. Vliv hnojení N na výnosy zrna ozimé a jarní pšenice (průměr pokusných sérií) – The effect of N fertilization on winter and spring wheat grain yields (average of experimental series)

	Pokusná série ¹	Jednotka ²	Dávky N ³ (kg.ha ⁻¹)			
			h ₁	h ₂	h ₃	h ₄
Ozimá pšenice ⁴	I bez závlahy ⁶	t.ha ⁻¹	0	40	80	-
			2,65	4,62	4,36	-
		%	100	174,3	164,3	-
		t.ha ⁻¹	4,47	5,78	6,68	-
			100	129,3	149,3	-
	II bez závlahy	t.ha ⁻¹	0	-	100	150
			3,04	-	5,65	5,68
		%	100	-	185,8	186,8
		t.ha ⁻¹	3,37	-	6,47	6,83
			100	-	192,1	202,7
Jarní pšenice ⁵	I bez závlahy	t.ha ⁻¹	0	50	100	-
			3,19	3,78	3,27	-
		%	100	118,5	102,5	-
		t.ha ⁻¹	5,24	5,98	6,07	-
			100	114,1	115,8	-
	II bez závlahy	t.ha ⁻¹	0	-	100	150
			3,52	-	5,18	5,01
		%	100	-	147,2	142,3
		t.ha ⁻¹	3,85	-	5,63	5,87
			100	-	146,2	152,5

¹experimental series, ²unit, ³N rates, ⁴winter wheat, ⁵spring wheat, ⁶without irrigation, ⁷under irrigation

V závlaze vykazalo hnojení N zvýšení výnosu zrna ozimé pšenice v rozpětí od 50 do 100 %, přičemž za optimální lze ve sledovaném období označit dávku N kolem 80 kg.ha⁻¹. Z hlediska ekonomicky efektivní aplikace N (suboptimální) lze pro zavlažovanou ozimou pšenici považovat úroveň hnojení N od 40 do 80 kg.ha⁻¹ a za tzv. racionální dávku N 40 kg.ha⁻¹.

Naše výsledky vcelku korespondují s poznatky z jiných stanovišť (D e r c o , 1976; R ú č k a , B í z i k , 1977) jen s tím rozdílem, že tato tzv. racionální úroveň dávek N se v Polabí u pšenice na zavlažovaných lehkých půdách nachází podstatně níže. Je to dáno zřejmě intenzivnější mikrobiologickou činností těchto půd a rychlejším uvolňováním dusíku z půdní organické hmoty.

Z výsledků sledování vlivu různého zpracování půdy je patrné, že výnosy zrna ozimé pšenice v podmínkách bez závlahy byly při minimálním zpracování půdy oproti tradičnímu způsobu každoročně vyšší, v průměru let o 0,32 t.ha⁻¹, tj. o 8,6 %. V závlaze činilo zvýšení výnosu zrna na variantě s minimálním zpracováním půdy oproti orbě v průměru let jen 0,09 t.ha⁻¹, tj. 1,6 % (tab. V).

Z výsledků vyplývá, že mělké kypření půdy do 150 mm mělo pro ozimou pšenici po kukuřici na zrno na lehkých půdách zcela rovnocenný efekt a v některých letech bylo i statisticky významně lepší než orba na 250 mm. To znamená, že mělké kypření

V. Vliv sledovaných faktorů na výnosy zrna a slámy ozimé pšenice (průměr let 1982 až 1984) – The effect of studied factors on grain yields and straw of winter wheat (average for the years 1982 to 1984)

Faktor ¹		Výnos zrna ²		Výnos slámy ³		Poměr zrno : sláma ⁴
		t.ha ⁻¹	%	t.ha ⁻¹	%	
Vodní režim ⁵	v ₀	3,88	100,0	3,74	100,0	0,98
	v ₁	5,64	145,4	5,88	157,2	1,04
Hnojení N ⁶ - bez závlahy ⁸	h ₁	2,65	100,0	2,70	100,0	1,02
	h ₂	4,62	174,3	4,18	154,8	0,90
	h ₃	4,35	164,2	4,35	161,1	1,00
Hnojení N - v závlaze ⁹	h ₁	4,47	100,0	4,58	100,0	1,03
	h ₂	5,78	129,3	6,05	132,1	1,05
	h ₃	6,68	149,4	6,99	152,6	1,05
Zpracování půdy ⁷ ; bez závlahy	z ₁	3,72	100,0	3,70	100,0	1,01
	z ₂	4,04	108,6	3,78	102,2	0,94
Zpracování půdy - v závlaze	z ₁	5,60	100,0	5,94	100,0	1,06
	z ₂	5,69	101,6	5,82	98,0	1,02

¹factor, ²grain yield, ³straw yield, ⁴ratio grain : straw, ⁵water regime, ⁶N fertilization, ⁷soil tillage, ⁸without irrigation, ⁹under irrigation

půdy se ukázalo jako zcela ekvivalentní seťové orbě a může znamenat úsporu pohonných hmot i urychlené setí a vzcházení ozimé pšenice (Š i m o n et al., 1989).

Výsledky analýzy struktury výnosu zrna zavlažované ozimé pšenice na lehkých půdách (tab. VI) ukázaly, že závlaha se podílela na zvýšení produktivních odnoží jen do 12 %.

Pokusy jednoznačně prokázaly, že závlaha má statisticky významný vliv na tvorbu počtu zrn v klasu a tímto výnosovým prvkem se podstatně prosazuje ve výnosu zrna. U sledované ozimé pšenice se vlivem závlahy zvýšil počet zrn v klasu od 13 do 22 %. To se logicky projevuje ve výrazném stabilizačním vlivu závlahy na výnosy zrna (Š i m o n , 1980; S l a v í k , 1982).

Závlaha měla vesměs negativní vliv na hmotnost 1000 zrn ozimé pšenice na lehkých půdách. Pokles hmotnosti 1000 zrn u zavlažované ozimé pšenice zaznamenali také B a ň o c h , R o d (1961), H á j e k (1974). Za jeden z důvodů poklesu HTS se označuje skutečnost, že v závěrečných fázích růstu ozimé pšenice není již možné dostatečně regulovat optimální vláhový režim (Š i m o n , 1983).

Z analýzy struktury výnosu zavlažované ozimé pšenice na lehkých půdách vyplývá, že úroveň výnosových prvků je v jednotlivých letech rozdílná. V sušších ročnících se na výnosu zrna více podílel počet klasů na ploše (přes 700 na 1 m²). V jiných letech i při výnosech zrna kolem 8 t.ha⁻¹ porosty vykazovaly 550 až 600 klasů na 1 m². Jednoznačně se potvrdilo, že přehoustlé nebo řídké porosty (těžký klas) ozimé pšenice jsou v závlahových podmínkách náchylné k poléhání, a to nejen při vysoké intenzitě srážek, ale i při realizaci samotné závlahy (Š i m o n , 1983).

Jarní pšenice

U zavlažované jarní pšenice odrůdy Jara se v průměru sedmi let dosáhlo výnosu zrna 5,46 t.ha⁻¹, zatímco bez závlahy činil průměrný výnos zrna jen 4,08 t.ha⁻¹. Vlivem závlahy za sledované období se výnosy zrna jarní pšenice oproti variantám bez závlahy zvýšily o 34 % a přírůstky výnosu zrna závlahou byly ve většině pokusných let statisticky významné (tab. VII). Působení závlahy na výnosy zrna jarní pšenice však vykazovalo ve vztahu k množství srážek výraznější rozdíly než u ozimé pšenice. Ve sledovaném období se ukázalo jako optimální pro jarní pšenicu na lehkých půdách Polabí řízení závlahy na 40 % VVK. Tento výsledek je v souladu jak s poznatky, které publikoval S l á m a (1978), tak s výsledky pokusů na lehkých půdách v okolí Münchebergu (R i c h t e r , 1970).

Vliv N na výnosy zrna jarní pšenice (tab. IV) se různil v závislosti na vodním režimu půdy. V podmínkách bez závlahy se v průměru let výnosy zrna jarní pšenice zvýšily použitým hnojením N o 18 až 47 %, při aplikaci dávky N 150 kg.ha⁻¹ však již došlo u jarní pšenice k výnosové stagnaci.

V závlaze se stupňovaným hnojením N dosáhla jarní pšenice přírůstků výnosu zrna o 15 až 50 %. Výnosové výsledky u zavlažované jarní pšenice na lehkých půdách ukazují na určitou možnost substituce hnojení N závlahou. V dlouhodobém průměru byl výnos zrna jarní pšenice v podmínkách bez závlahy při dávce N 100 kg.ha⁻¹ nižší (4,22 t.ha⁻¹) oproti výnosu zrna jarní pšenice při závlaze bez použití hnojení N (4,54 t.ha⁻¹).

VI. Vliv závlahy na strukturu výnosu zrna ozimé a jarní pšenice (průměr pokusných sérií) – The effect of irrigation on the structure of winter and spring wheat grain yield (average of experimental series)

Pokusná série ¹		Počet klasů (ks.m ⁻²) ²			Počet zrn v klasu (ks) ³			Hmotnost 1000 zrn ⁴ (g)		
		⁵ bez závlahy	⁶ v závlaze	⁷ index (%)	bez závlahy	v závlaze	⁸ index (%)	bez závlahy	v závlaze	⁹ index (%)
Ozimá pšenice ⁸	I	537	604	112,5	16,9	20,6	121,8	42,8	45,2	105,6
	II	607	629	103,6	18,9	21,8	113,3	41,6	40,7	96,9
Jarní pšenice ⁹	I	625	635	101,6	17,6	23,4	137,1	32,3	38,8	120,0
	II	606	602	99,3	21,6	23,7	109,7	35,1	35,8	102,2

⁵index = zvýšení (snížení) závlahou, bez závlahy – increase (decrease) by irrigation, without irrigation = 100 %

¹experimental series, ²number of spikes (pieces per m²), ³number of grains per spike (pieces), ⁴1000-kernel weight, ⁵without irrigation, ⁶under irrigation, ⁷index, ⁸winter wheat, ⁹spring wheat

VII. Přírůstky výnosu zrna jarní pšenice (odrůda Jara) vlivem závlahy – Winter wheat grain increments (cv. Jara) due to irrigation

Pokusná série ¹	Pokusný rok ²	Výnos zrna ³ (t.ha ⁻¹)		Přírůstek výnosu závlahou ⁶	
		bez závlahy ⁴	v závlaze ⁵	t.ha ⁻¹	%
I	1982	2,65	5,53 ^x	2,88	108,7
	1983	4,30	5,10 ^x	0,80	18,6
	1984	3,28	6,65 ^x	3,37	102,7
	$\bar{x}$	3,41	5,76	2,35	68,9
II	1985	4,68	5,98 ^x	1,30	27,8
	1986	4,40	5,30 ^x	0,90	20,5
	1987	4,52	4,79	0,27	6,0
	1988	4,75	4,87	0,12	2,5
	$\bar{x}$	4,57	5,11	0,54	11,8
Celkový průměr ⁷		4,08	5,46	1,38	33,8

^x statistická významnost při⁸ $P = 0,05$

For 1 - 8 see Tab. III

Výnosy zrna jarní pšenice při minimálním zpracování půdy (jen podmínka na 150 mm) bez ohledu na vláhový režim (tab. VIII) byly na variantách bez hnojení N oproti orbě průkazně nižší než v závlaze (o 13 %, resp. 10 %).

Stupňováním dávek N, pokud nevedlo k poléhání porostu jarní pšenice, se rozdíl v intenzitě zpracování půdy vyrovnávaly pouze v podmínkách bez závlahy. Kompenzace výnosového poklesu způsobeného minimálním zpracováním půdy u zavlažované jarní pšenice zvyšováním dávek N se ukázala jako bezvýsledná, neboť měla vždy za následek zvýšené poléhání porostu (Š i m o n , 1985).

Z rozboru struktury výnosu zrna jarní pšenice při závlaze v porovnání se strukturou výnosu zrna bez závlahy (tab. IV) vyplynulo, že u odrůdy Jara se použitím závlahy počet klasů na ploše prakticky nezměnil. Počet rostlin a dále i počet klasů na ploše je u jarní pšenice zřejmě více ovlivňován výsevkem než závlahou (Š i m o n , 1983).

Závlaha se u jarní pšenice stejně jako u ozimé pšenice především velmi výrazně projevila ve zvýšeném počtu zrn v klasu, přičemž u odrůdy Jara oproti variantám bez závlahy činil nárůst počtu zrn v klasu 10 až 37 %, tj. o dvě až šest zrn.

Vliv závlahy na hmotnost 1000 zrn jarní pšenice byl kolísavý s velkými ročníkovými rozdíly, a to v kladném i záporném smyslu.

VIII. Vliv sledovaných faktorů na výnosy zrna a slámy jarní pšenice (průměr let 1982 až 1984) – The effect of studied factors on spring wheat grain and straw yields (average for the years 1982 to 1984)

Faktor ¹		Výnos zrna ²		Výnos slámy ³		Poměr zrno : sláma ⁴
		t.ha ⁻¹	%	t.ha ⁻¹	%	
Vodní režim ⁵	v ₀	3,41	100,0	6,33	100,0	1,86
	v ₁	5,76	168,9	9,65	152,4	1,68
Hnojení N ⁶ - bez závlahy ⁸	h ₁	3,20	100,0	5,31	100,0	1,67
	h ₂	3,78	118,1	6,90	129,9	1,83
	h ₃	3,27	102,2	6,80	128,1	2,08
Hnojení N - v závlaze ⁹	h ₁	5,24	100,0	8,18	100,0	1,57
	h ₂	5,98	114,1	9,78	119,6	1,64
	h ₃	6,07	115,8	11,00	134,5	1,82
Zpracování půdy ⁷ - bez závlahy	z ₁	3,52	100,0	6,26	100,0	1,78
	z ₂	3,30	93,8	6,40	102,2	1,93
Zpracování půdy - v závlaze	z ₁	5,93	100,0	10,03	100,0	1,69
	z ₂	5,59	94,3	9,28	92,6	1,67

For 1 - 9 see Tab. V

Naše pokusy prokázaly, že závlaha jarní pšenice nepřispěla ke zvyšování klasové pokryvnosti. Z výrazně kladného vlivu závlahy na počet zrn v klasu u jarní pšenice vyplývá, že zakládání, formování a tvorbu kvítků a zrn v klasu lze kromě průběhu počasí (od třetí do páté etapy organogeneze) příznivě ovlivnit závlahou, a tím do značné míry eliminovat deficit srážek.

Hmotnost 1000 zrn jarní pšenice je na lehkých půdách závlahou velmi obtížně ovlivnitelná. Při vyšších dávkách N hodnoty hmotnosti 1000 zrn zejména v závaze vykazovaly i slabou depresi (Š i m o n, 1985).

Z uskutečněného experimentu při vysokém zastoupení obilnin v osevním postupu (s kukuřicí na zrna 100 % obilnin) vyplynulo, že ve středním Polabí v podmínkách s regulovaným vodním režimem půdy lze zabezpečit poměrně vysokou produkci těchto plodin.

Výnosy zrna zavlažované ozimé i jarní pšenice byly však zčásti ovlivněny nevhodností předplodiny, přičemž po kukuřici na zrna byly výnosy ozimé pšenice v dlouhodobém průměru nižší o 10 % oproti výnosům zrna po jeteli lučním. Naše pokusy naznačily, že u zavlažované ozimé a jarní pšenice existuje možnost kompenzace nevhodné předplodiny hnojením N.

Obě pokusné série též prokázaly, že výnosy zrna u zavlažované jarní pšenice se nevyrovnaly výnosům zavlažované ozimé pšenice.

Výsledky se závlahou jarní pšenice ve středním Polabí podporují názor, že jarní pšenice bude v těchto závlahových soustavách zřejmě i nadále jen doplňkovou obilninou. Určitou přednost pěstování jarní pšenice v závlahách oproti ozimé pšenici lze spatřovat hlavně v možnosti jejího pěstování po méně vhodných předplodinách.

L i t e r a t u r a

- BAŇOCH, Z.: Efektivnost závlahy ozimé pšenice na středně těžkých půdách. [Závěrečná zpráva.] Hrušovany u Brna, VÚZA 1973: 64 s.
- BAŇOCH, Z. - ROD, J.: Výzkum některých agrotechnických a jiných opatření pro lepší využití závlah u pšenice. In: Věd. Práce Výzk. Úst. kmiv. Pohořelice, 1961: 127-164.
- DERCO, M. et al.: Základy rastlinnej výroby v závlahových podmienkach. Bratislava, Príroda 1976: 318 s.
- DERCO, M. - BÁRTA, V.: Agrotechnika vysokých úrod hlavných jednoročných plodín v závlahových podmienkach. Agrotechnika ozimnej pšenice. [Závěrečná správa.] Bratislava, VÚZH 1975.
- HÁJEK, L.: Vliv závlahy a hnojení na některé kvalitativní ukazatele zrna ozimé pšenice. In: Problematika závlah obilnin. VI. Koord. Kom. ČAZ, Kutná Hora, 1974: 85-102.
- MATĚJÍKOVÁ, O.: Reakce ozimé pšenice na závlahový režim na půdách hlinitých. In: Problematika závlah obilnin. VI. Koord. Kom. ČAZ, Kutná Hora, 1974: 174-195.
- RICHTER, W.: Erste Ergebnisse des Berechnungseinsatzes nach verschiedenen Steuerungs methoden auf liechten Böden. Feldwirtschaft, 11, 1970 (6): 270-271.
- RÚČKA, M. - BÍZLIK, J.: Súčasný stav a perspektíva výživy a hnojenia rastlín v závlahach. In: Sbor. Ref. Výživa rastlín v závlahach, Bratislava, 1977: 9-30.
- SLÁMA, V.: Grafická metoda stanovení závlahových režimů plodin, část IV. Met. Zavád. Výsl. Výzk. Praxe, 1978 (8): 48 s.
- SLAVÍK, L.: Příspěvek k posouzení úlohy obilnin v procesu exploatace velkoplošných závlahových soustav. [Doktorská dizertace.] Praha, 1983. - Vys. Šk. zeměd.

- SLAVÍK, L.: Úloha obilnin v procesu exploatace závlahových soustav. Praha, AF VŠZ 1986.
- ŠIMON, J.: Studium interakce hlavních vegetačních faktorů. [Závěrečná zpráva.] Praha, VÚRV 1980.
- ŠIMON, J.: Působení závlahy, hnojení a výsevu na výnos biomasy jarní a ozimé pšenice. Rostl. Vyr., 29, 1983 (8): 827-837.
- ŠIMON, J.: Agrotechnické faktory a jejich vztah k měřitelným hodnotám z hlediska produkce hlavních plodin. [Závěrečná zpráva.] Praha-Ruzyně, VÚRV 1985: 43 s.
- ŠIMON, J.: Výše a struktura výnosu ozimé a jarní pšenice při minimálním zpracování lehké půdy v závlahových podmínkách. Rostl. Vyr., 32, 1986 (11): 1157-1167.
- ŠIMON, J.: Zpracování půdy a hnojení dusíkem na méně úrodných půdách. Rostl. Vyr., 33, 1987 (1): 47-55.
- ŠIMON, J. - LHOTSKÝ, J. a kol.: Zpracování a zúrodnování půd. Praha, SZN 1989: 320 s.
- VAŠÁT, V.: Volba odrůd polních plodin pro závlahové podmínky. In: Sbor. věd. Konf. Závlahy jako stabilizační faktor v zemědělské soustavě, České Budějovice, 1987: 81-88.

Došlo 21. 9. 1993

ŠIMON, J. (Research Institute for Crop Production, Praha-Ruzyně):

Winter and spring wheat production on light-textured soils at various water regime, nitrogen fertilization and soil treatment.

Rostl. Vyr., 40, 1994 (1): 1-11.

Field polyfactorial trials have been conducted in the years 1982 to 1988 at the Research Institute for Crop Production, Praha-Ruzyně, at the workplace at Tišice (the Mělník district). Experimental fields are situated in the Labe river basin, in drier warm district of the sugar-beet-rye production region with an altitude 168 m above sea level. Basic climatic characteristics of the site is as follows: annual long-time sum of precipitation is 531 mm, for the growing season 349 mm, annual average air temperature is 8.5 °C, for the growing season 14.9 °C.

The soil on the experimental fields is placed on sod Chernozem created on gravel-sand terrace with an average thickness of humose horizon 0.4 to 0.5 m. Basic agrochemical qualities of topsoil layer are as follows: humus content 2.5 %, pH value (KCl) 6.5 to 7.7, P (Egner) 250 to 500 mg and K (Schachtschabel) 80 to 150 mg per 1 kg soil. Cereals studied were cultivated in the following crop rotation: grain maize (manure 40 t.ha⁻¹), winter wheat, spring wheat. The size of harvest plots was 15 m² with four replications. These factors were examined in the trials:

a) water regime (v):

v₁ - without irrigation, solely natural precipitation,

v₂ - irrigation where regime to 40 % VVK (available water capacity) was maintained;

b) nitrogen fertilization (h);

c) soil tillage (z).

Grain yield increments of winter wheat for seven years' period due to irrigation in different experimental series are summarized in Tab. I. Grain yields of irrigated winter wheat for the complete period under review achieved 5.59 t.ha⁻¹, thus representing increase by 27 % compared with grain yields of winter wheat without irrigation.

An observation of the effect of gradated nitrogen fertilization on the winter wheat grain yields revealed that in conditions without irrigation by the N rates applied ($100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) the yield increase by 75 to 83 % was achieved compared with the variants without fertilization, while N rates 40 to $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ can be considered as optimal.

In the irrigation N fertilization showed winter wheat grain yield increase ranging from 50 to 100 %, while N rate about $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ for the studied period can be considered as optimal. In view of economically efficient N application (suboptimal), N fertilization rate from 40 to $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ can be considered as optimal one for irrigated winter wheat and so-called rational N rate is $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

The effect of various soil treatments on winter wheat grain yields in conditions without irrigation was annually higher at the minimum soil treatment against traditional manner, on an average for the years by $0.32 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, i.e. by 8.6 %. In irrigation a grain increase in the variant with minimum soil treatment was solely $0.09 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, i.e. 1.6 % (Tab. III), compared with tillage on an average for the years.

The results of structure analysis of the grain yield of irrigated winter wheat on light-textured soils are summarized in Tab. IV. In irrigated spring wheat, the Jara cultivar, the grain yield $5.46 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ was reached on an average for seven years, while without irrigation an average grain yield was only $4.08 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, i.e. the yield increase due to irrigation represented 34 %. An irrigation management to 40 % of VVK (see above) was manifested as optimal for spring wheat grown on light-textured soils of the Labe river basin during the period under study.

The effect of nitrogen on spring wheat grain yields (Tab. II) was differentiated in dependence on soil water regime. In conditions without irrigation on an average for the years, spring wheat grain yields increased by 18 to 47 % due to N fertilization, with N rate application of $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, however, the yield stagnation appeared in spring wheat.

In irrigation with gradated N fertilization the spring wheat grain yield increment was by 15 to 50 %. Spring wheat grain yields were significantly lower (by 13 % or 10 %, resp., compared with irrigation) at the minimum soils tillage (exclusively stubble ploughing to 150 mm) without respect to moisture regime (Tab. VI). The results confirming the structure of the grain yield with irrigation give Tab. IV.

It followed from the accomplished experiment with a high representation of cereals in crop rotation (with grain maize 100 % of cereals) that relatively high production of these cereals can be provided in the central Labe river basin in conditions with controlled water regime of soil.

Kontaktní adresa:

Doc. ing. Josef Š i m o n , CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507,
161 06 Praha 6-Ruzyně

INZERCE

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

Bližší informace získáte na adrese:

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

VLIV KAPKOVÉ ZÁVLAHY NA VÝNOS CHMELE

L. Slavík¹, J. Kopecký²

¹Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha

²Chmelařský institut, s. r. o., Žatec

Polním pokusem, vedeným na experimentální chmelnici Chmelařského institutu, s. r. o., v Žatci v roce 1992, byla prokázána průkazná produkční a ekonomická účinnost kapkové závlahy. Závlahový režim chmele byl řízen prognózou potřeby účinných závlahových dávek v týdenních bilančních obdobích (Slavík, 1980, 1990). V srážkově deficitním ročníku bylo dodáno 520 m³/ha závlahové vody. Lokalizovanou distribucí vody kapkovou závlahou, umístěnou nad každým řadem chmelových keřů, byla snížena dodávka vody o 67 % z celoplošné potřeby. Pět závlahovými dávkami byl dosažen výnos suchého chmele 13,16 t/ha. Účinnost závlah činí 3,56 t/ha. Jakost chmele nebyla závlahou průkazně ovlivněna. Ekonomický přínos zavlažování představuje přírůstek tržeb ve výši 41 437 Kč/ha. Vlastní náklady na provoz závlahy byly v roce 1992 650 Kč/ha a roční podíl investičních nákladů při životnosti zařízení 10 let činí 7652 Kč/ha. To dokumentuje vysokou návratnost výstavby a provozu kapkové závlahy chmele. Hospodářský efekt zavlažování byl v roce 1992 33 155 Kč/ha.

Stabilita výnosů chmele je v rozhodujících chmelařských oblastech ČR významně závislá na vývoji meteorologických podmínek ročníků, zejména na výskytu a časovém rozdělení přirozených srážek. K eliminování důsledků přírůstků na produkci chmelnic jsou budovány a provozovány doplňkové závlahy. Závlahy se uplatňují jako rozhodující stabilizační faktor, zohledňující veškeré vynaložené náklady spojené s pěstováním chmele.

Docílení požadovaných hospodářských přínosů zavlažování chmele vyžaduje:

- odborně zhodnotit podmínky určující potřebu a účinnost závlah v konkrétních stanovištních podmínkách;
- navrhnout progresivní ekonomické řešení závlahové stavby;
- v závislosti na vývoji meteorologických podmínek v reálném čase operativně rozhodovat o termínu zavlažování a o účinném množství potřebné závlahové vody.

Potřeba a účinnost závlah je odvozena z cílové funkce závlah, kterou je stabilita výnosu chmele na úrovni odpovídající produkčnímu potenciálu zavlažované chmelnice. Technické řešení závlahové stavby přechází od celoplošné závlahy postřikem k progresivním závlahovým systémům - kapkové závlaze, mikropostřiku.

Doplňkový charakter závlah v klimatických podmínkách ČR vyžaduje regionální, operativní, krátkodobé řízení závlahového režimu chmele. Výskyt přirozených srážek má stochastický charakter s významnou diferenciací v prostoru a v čase. Tím je

určována i potřeba a účinnost exploatace závlah. Rozhodování o závlahovém režimu chmele vychází z průběžné bilance krytí vláhové potřeby (potenciální evapotranspirace) přirozenými srážkami v krátkodobém bilančním období (týden, dekáda). Pro provozovatele závlah je doporučována řada metod (K u d r n a, 1969; S l a v í k, 1978, 1990; S l á m a, 1980; S a c h l, K o p e c k ý, 1984; S a s i n, 1993), jejichž teoretické základy a praktická aplikace jsou rozdílné. Volba metody závisí především na dostupnosti potřebných informací a na jejich regionální platnosti. Bilance závlahových režimů je základem regionální závlahové informační služby poskytované pěstitelům chmele.

MATERIÁL A METODA

Jsou uvedeny výsledky polního pokusu vedeného na experimentální chmelnici Chmelařského institutu, s. r. o., v Žatci v podmínkách srážkově deficitního ročníku 1992. Na ploše chmelnice byly založeny dvě vláhové varianty:

A. Zavlažovaná varianta, která je instalována jako kapková závlaha typu in-line, zavěšená na stropu chmelnicové konstrukce. Potrubí s kapkovači je připevněno k přidanému drátu (5 mm) nad každým řadem rostlin. Závlahový systém (dodavatel Hydagro, s. r. o., Praha) odebírá vodu z místní hospodářské nádrže a je vybaven filtrační stanicí, regulátory tlaku a vodoměry.

B. Kontrolní varianta bez doplňkové závlahy.

Na ploše chmelnice byla uplatňována jednotná agrotechnika, výživa a ochrana rostlin. Jediným proměnným faktorem byly podmínky zásobování chmele vodou.

Závlahový režim byl řízen prognózou potřeby účinných závlahových dávek (S l a v í k, 1980, 1990) v týdenních intervalech. Bilanci vedlo výzkumné pracoviště VÚMOP v Mělníku-Hoříně v rámci zavedeného regionálního závlahového informačního systému. Přehled meteorologických podmínek v roce 1992 (meteorologická stanice Chmelařského institutu, s. r. o., Žatec) je uveden v tab. I.

S ohledem na lokální distribuci závlahové vody kapkovou závlahou bylo v termínu zjištěné potřeby dodáno 33 % celoplošné potřeby vody. Údaje o dodávce závlahové vody podává tab. II.

Produkční účinnost provedených závlah byla posuzována fenologickým pozorováním utváření chmelových keřů a rozбором kontrolní sklizně. Hmotnost hlávek byla zjištěna ze čtyř nahodile vybraných dílů po 16 rostlinách. Zjištěné údaje byly statisticky posouzeny metodou *t*-testu. Rozbory kvality chmele (Wöllmerova analýza chmelových pryskyřic) zajistily laboratoře Chmelařského institutu, s. r. o., Žatec z průměrných vzorků sledovaných variant pokusu.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Závlahové dávky dodané na plochu zavlažované varianty experimentální chmelnice v podmínkách ročníku 1992 příznivě ovlivnily tvorbu hlávek chmele, což dokumentuje tab. III. Výsledky rozboru chmelových keřů při závěrečném hodnocení fenologických pozorování jsou uvedeny v tab. IV. U zavlažovaných rostlin byl celkový

I. Teplota vzduchu a úhm srážek v bilančních obdobích roku 1992 (stanice Žatec) – Air temperature and sum of precipitation in balance periods of the year 1992 (Žatec station)

Období ¹	Průměrná teplota vzduchu ² (°C)	Úhm srážek ³ (mm)
1. 4. - 13. 4.	5,5	4,6
14. 4. - 20. 4.	6,7	2,3
21. 4. - 27. 4.	12,2	0,9
28. 4. - 4. 5.	10,2	41,1
5. 5. - 11. 5.	11,6	6,7
12. 5. - 18. 5.	16,0	5,6
19. 5. - 25. 5.	17,8	1,7
26. 5. - 1. 6.	17,0	0,0
2. 6. - 8. 6.	17,7	62,6
9. 6. - 15. 6.	17,5	23,2
16. 6. - 22. 6.	19,7	2,0
23. 6. - 29. 6.	19,7	27,8
30. 6. - 6. 7.	19,7	74,9
7. 7. - 13. 7.	19,3	9,7
14. 7. - 20. 7.	21,2	2,4
21. 7. - 27. 7.	21,1	12,1
28. 7. - 3. 8.	20,3	18,2
4. 8. - 10. 8.	22,7	0,5
11. 8. - 17. 8.	17,9	4,2
18. 8. - 24. 8.	20,1	6,3

¹period, ²average air temperature, ³sum of precipitation

II. Termín zavlažování a množství dodané závlahové vody v roce 1992 – The time of irrigation and amount of irrigation water in the year 1992

Termín závlahy ¹	Závlahové množství ² (m ³ /ha)
24. 6.	100
24. 7.	100
30. 7.	130
6. 8.	110
11. 8.	80
Celkem ³	520

¹time of irrigation, ²irrigation amount, ³total

habitus keřů mohutnější, válcovitého tvaru. Chmelové hlávky byly hustěji nasazený a byly vzrostlejší. Z každé varianty pokusu byly při sklizni odebrány vzorky chmelových hlávek pro chemický rozbor. Výsledky rozborů chmele (Wöllmerova analýza chmelových pryskyřic) jsou uvedeny v tab. V. Statistickou analýzou nebyla zjištěna průkaznost rozdílů. Závlahou nebyla ovlivněna kvalita chmele.

V ČR je v dosahu středplošných a velkoplošných závlahových systémů více než 2000 ha chmelnic. O zhodnocení vybudovaných investičně náročných zařízení se rozhoduje v procesu jejich ovládání, při exploataci závlahových soustav. Rozhodujícím faktorem, který určuje produkční účinnost závlah, je závlahový režim - termín zavlažování, účinné množství závlahové vody a způsob distribuce vody plodinám.

III. Vliv kapkové závlahy na výnos chmele v roce 1992 – The effect of trickle irrigation on the hop yield in the year 1992

Varianta ¹	Průměrný výnos zeleného chmele ⁶ (kg/réva ⁸)	Výnos suchého chmele ⁷ (t/ha)
A - zavlažovaná ²	0,4232	13,16
B - kontrola ³	0,3124	9,60
Vliv závlah ⁴ (%)	+0,1108	+3,56
		+27,05
Průkaznost rozdílu ⁵		> 95 %

¹variant, ²irrigated, ³control, ⁴effect of irrigations, ⁵significance of difference, ⁶average yield of green hop, ⁷yield of dry hop, ⁸vine

IV. Průměrné hodnoty chmelových keřů ke dni sklizně (17. 8. 1992) – Average values of hop shrubs to a day of harvest (August 17, 1992)

Varianta ¹	Hmotnost biomasy 1 keře ⁴ (kg)	Délka révy ⁵ (m)	Počet pazochů ⁶ (ks)	Délka pazochů ⁷ (m)	Hmotnost pazochů ⁸ (kg)	Hmotnost listů ⁹ (kg)
A - zavlažovaná ²	0,682	7,4	96	1,76	0,287	0,914
B - kontrola ³	0,515	7,2	92	1,54	0,176	0,831

For 1 - 3 see Tab. III, ⁴biomass weight per 1 shrub, ⁵length of vine, ⁶number of axils, ⁷length of axils, ⁸weight of axils, ⁹weight of leaves

V. Výsledky chemických rozborů chmele (v % obsahu látek v sušině hlávek) – Results of chemical analyses of hop (in % of content in dry matter of hops)

Varianta ¹	Veškeré pryskyřice ⁵	Měkké pryskyřice ⁶	Humulon ⁷	Beta frakce ⁸	Tvrdé pryskyřice ⁹
A - zavlažovaná ²	12,21	10,47	3,71	6,76	1,74
B - kontrola ³	12,10	10,58	3,93	6,65	1,51
Vliv závlah ⁴	+0,11	-0,11	-0,22	+0,11	+0,23

For 1 - 4 see Tab. III, ⁵all hop resins, ⁶soft hop resins, ⁷humulon, ⁸beta-fraction, ⁹hard hop resins

Výsledky experimentálních prací potvrzují vhodnost použité metody řízení závlahového režimu. Metoda určuje množství vody, kterou je potřebné rostlině dodat v následném provozním období (týdnu), aby byla kryta vláhová potřeba chmele v dané etapě vývoje. Závlahové množství lze dodat ve dvou až třech termínech tak, aby byla podpořena také klimatizační funkce zavlažování při kapkové závlaze, rozdělující závlahovou vodu bezprostředně do prostoru chmelového keře. Uplatněná metoda umožňuje operativní korekci zavlažování v relaci s výskytem přirozených

srážek v provozním období. Spadlé srážky snižují až ruší potřebu zavlažování v reálném časovém období. Tím dochází k významné úspoře vody, elektrické energie a živé práce při zachování produkční výnosnosti chmelnice.

Technické řešení kapkové závlahy, dodávající závlahovou vodu ze stropu chmelnice, lze považovat za progresivní. Je spolehlivé, umožňuje rovnoměrnou distribuci vody bezprostředně na účinnou plochu. Příznivě ovlivňuje mikroklima v porostu chmele. Spotřeba vody je nižší o 67 %.

Ekonomické přínosy odborně řízené a provozované kapkové závlahy jsou pro pěstitele chmele velmi příznivé. V roce 1992 umožnilo dodaných 520 m³/ha vody zvýšení výnosu suchého chmele o 3,56 t/ha. Produkční účinnost 1 m³ vody činí 68 kg chmele. Posouzení ekonomických přínosů exploatace kapkové závlahy v roce 1992 vykazuje přírůstek tržeb na zavlažované chmelnici o 41 437 Kč/ha. Investiční náklady na vybudování kapkové závlahy činí 76 520 Kč/ha, což při uvažované době životnosti závlahového systému 10 let zatěžuje provozovatele částkou 7652 Kč/ha ročně. Skutečné provozní náklady dosáhly v roce 1992 650 Kč/ha. Celkem tudíž 8282 Kč/ha. Hospodářský přínos účelně provozované kapkové závlahy představuje 33 155 Kč/ha (K o p e c k ý et al., 1993).

L i t e r a t u r a

KUDRNA, K.: Graphisch-analytische Methode zur Festlegung und Stenerung einer differenzierten Berechnung bei Grossflächenberechnungssystemen. Z. Landeskultur, 3, 1968.

KOPECKÝ, J. - SLAVÍK, L. - BERAN, P.: Provozní zkušenosti s kapkovou závlahou. Chmelářství, 1993 (5): 55-57.

SACHL, J. - KOPECKÝ, J.: Riadená závlaha chmeľu. In: Závlaha špeciálnych plodín. Met. Zavád. Výsl. Výzk. Praxe, 1984 (6): 25-39.

SASIN, A.: Metódy určovania závlahového režimu chmeľu. Rostl. Výr., 39, 1993 (4): 375-384.

SLÁMA, V.: Vláhová potreba a závlahový režim chmele. [Závěrečná zpráva.] Bratislava, VÚZH 1980.

SLAVÍK, L.: Řízení diferencovaných závlahových režimů polních plodin prognózou vláhové potřeby. Sbor. Vys. Šk. zeměd. Praha, Řada A, 1980: 223-233.

SLAVÍK, L.: Racionální exploatace závlahových melioračních soustav. In: Sbor. Českoslov. Akad. zeměd. Regulace oběhu vody v zemědělských soustavách, Praha, 1990 (136): 45-94.

Došlo 21. 9. 1993

SLAVÍK, L. - KOPECKÝ, J. (Research Institute for Soil and Water Conservation, Praha; Hop Institute, Ltd., Žatec):

The effect of trickle irrigation on the hop yield.

Rostl. Výr., 40, 1994 (1): 13-18.

The stability of hop yields is significantly dependent on the occurrence and time distribution of natural rainfall in major hop-growing regions of the Czech Republic. To eliminate consequences of droughts on the hop yard production, additional irrigations are established and provided. In the Czech Republic there are more than 2,000 hectares of hop yards within the reach of irrigation systems.

Irrigations are used as a stabilizing factor, rating costs and the work done in hop cultivation. The need and the efficiency of irrigation water is derived from the target function of irrigations, which is the stability of hop yields to the level corresponding to the production potential of hop yard irrigated. The additional character of irrigations in climatic conditions of hop-growing regions of the Czech Republic requires a regional, operative, short-time balance of irrigation regime of crops. The occurrence of natural rainfall, determining the need and the efficiency of irrigation, is of stochastic character with significant differentiation in space and time.

The technical solution of irrigation is passing from all-area irrigation by spraying to progressive, located irrigation methods - trickle irrigation, microsprinkling.

The efficiency of hop irrigation by trickle irrigation was evaluated in experiments. The piping with irrigators (in-line system) was placed on the ceiling of the hop yard, above each row of hop shrubs. The irrigation has a direct influence on one the third of the total area of hop yard.

The results of field trial conducted in the top yard of the Hop Institute, Ltd., at Žatec in 1992 confirmed a high production and economic efficiency of trickle irrigation.

In conditions of a year with deficit of rainfall (Tab. I) the need of five effective irrigation doses (Tab. II) was settled by the method of prognosis of the need of effective irrigation doses (S l a v í k , 1980, 1990). By supplying 520 m³/ha of irrigation water the yield of dry hop amounting to 13.1 t/ha was obtained on irrigated area. The effect of irrigations is 3.56 t/ha. The difference in yields is statistically significant.

Production efficiency of 1 m³ of supplied water represents 68 kg of dry hop, thus providing an increase in receipts on irrigated hop yard by 41,437 Kč/ha. Investment costs of building the trickle irrigation amount to 76,520 Kč/ha, which costs the provider at the time of service life of the system 10 years by the sum 7,652 Kč/ha yearly. Actual operational costs amounted to 650 Kč/ha in 1992, that is total 8,282 Kč/ha. Economic contribution of effectively operated trickle irrigation represents 33,155 Kč/ha. The hop quality was not significantly affected by irrigation (Tab. V).

The results of experimental studies confirm the meaning of effective building and exploitation of irrigation systems for hop growers in conditions of hop-growing regions of the Czech Republic. The suitability and expediency of the method used for the management of irrigation regime of hop was verified. The method determines an amount of water to be supplied in the subsequent operational period (week, decade) to cover the moisture need of hop at the given stage of development. Irrigation dose can be supplied in two to five terms in such a way to support the air-conditioning function of irrigation through trickle irrigation, distributing the water close to the space of shrub. A method applied for the management of irrigation regime of hop and technical solution of irrigation permit an operative correction of irrigation in relation to the actual occurrence of precipitation during the operational period. Precipitation reduces, and even eliminates the demand for irrigation in real time. Thus, water, energy, and live labour are saved markedly at the full use of production yielding capacity of a hop yard.

Kontaktní adresa:

Doc. ing. Ladislav S l a v í k , DrSc., Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy,
Žabovřeská 250, 156 27 Praha 5-Zbraslav

VLIV ÚROVNĚ HLADINY PODZEMNÍ VODY NA VÝNOSY ZEMĚDĚLSKÝCH PLODIN

J. Kynclová

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha

Na výzkumném objektu Ovesná Lhota v okrese Havlíčkův Brod (jde o uzavřené povodí levostranného přítoku Žebrakovského potoka o výměře 66 ha) probíhají od roku 1976 hydrometeorologická a hydrologická měření pro účely výzkumu vlivu vodohospodářských meliorací na hydrologickou bilanci malého, zemědělsky využívaného povodí. Úroveň hladiny podzemní vody (dále jen HPV) se měří v deseti hydrologických vrtech, ve třech z nich probíhají tato měření kontinuálně. Na základě těchto měření byl použitím kritéria SEW (30), které zavedl S i e b e n (1964), vyhodnocen vliv úrovně HPV na výnosy zemědělských plodin a zároveň zhodnoceno odvodnění systematickou trubicí drenáží. Na konkrétní tvar závislosti výnosů na úrovni HPV má dále podstatný vliv druh půdy a pěstovaná plodina.

Úroveň HPV nemá ve většině případů přímý vliv na růst zemědělských plodin, avšak ovlivňuje vlhkostní poměry v půdě, a tím i zásobování rostlin vodou a provzdušnění kořenové zóny. Pro určení vlivu úrovně HPV na výnosy zemědělských plodin existuje řada metod a kritérií. V Nizozemsku např. dovolují překročení úrovně HPV 30 cm pod terénem pouze jednou za období od zasetí do sklizně plodiny. Sumární hodnocení vlivu úrovně HPV na výnosy zavedl S i e b e n (1964), který pro hodnocení vlivu dosažené úrovně HPV v zimním období na následující sklizeň zavedl tzv. hodnotu SEW (30) - sum exceedans value in

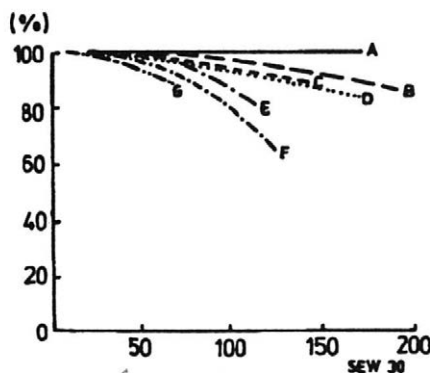
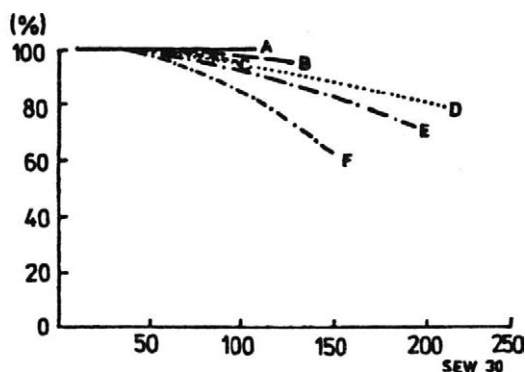
winter, tj. $SEW(30) = \sum_{i=1}^n (30 - x_i)$, kde x_i je průměrná denní hodnota úrovně HPV

pod terénem menší než 30 cm. SEW (30) tedy znamená určité měřítko překročení

úrovně 30 cm. Podobně $SEW(50) = \sum_{j=1}^n (50 - x_j)$, kde x_j je průměrná denní hodnota

úrovně HPV menší než 50 cm.

Vysoké hodnoty SEW signalizují špatné přirozené drenážní poměry v půdě. Již při hodnotě SEW (30) rovné 100 až 200 bylo prokázáno snížení výnosů polních plodin o 5 až 40 % (obr. 1). Podobně lze definovat SES (30), eventuálně SES (50), tj. sum exceedans value in summer, s obvyklým hodnocením jako SEW. Tvar závislosti výnosové deprese na úrovni HPV je dále ovlivněn druhem půdy, jak prokázal V i s s e r (1958) svým tříletým sledováním na ploše cca 2 mil ha (obr. 2).



1. Výnosy různých plodin jako funkce SEW (S i e b e n , 1964) – Yields of various crops as SEW function (S i e b e n , 1964)

osa y - výnos - y axis - yield

100 % - optimum výnosu - yield optimum

graf vlevo - graph on the left

A - ozimá pšenice - winter wheat (1948)

B - ozimá pšenice - winter wheat (1950)

C - ozimá pšenice - winter wheat (1947)

D - řepka - rape (1950)

E - ozimá pšenice - winter wheat (1951)

F - ozimý ječmen - winter barley (1946)

graf vpravo - graph on the right

A - oves - oat (1947)

B - jarní ječmen - spring barley (1952)

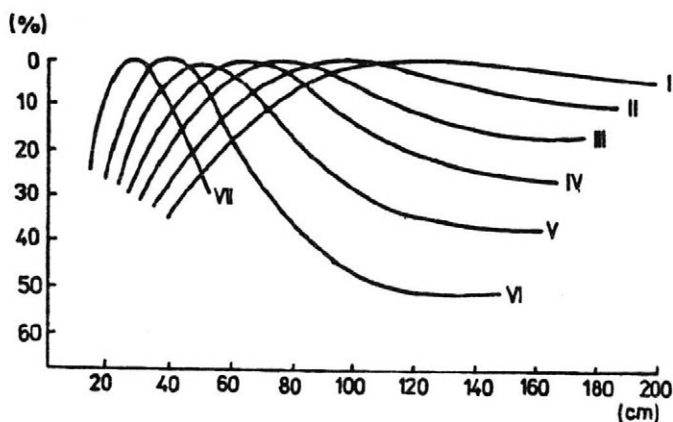
C - jarní pšenice - spring wheat (1954)

D - hrách - pea (1953)

E - oves - oat (1952)

F - jarní ječmen - spring barley (1951)

G - jarní ječmen - spring barley (1951)



2. Výnosová deprese jako funkce úrovně HPV během vegetační periody pro různé druhy půd (V i s s e r , 1969) – Yield depression as a function for HPV level during the growing season for different soil textures (V i s s e r , 1969)

osa y - výnosová deprese - y axis - yield depression

osa x - střední hloubka HPV v cm pod úrovní drénu - x axis - medium HPV depth in cm below the level of drain

I - těžký jíl říčních náplavů - heavy clay of river sediments

II - hlinité písky - loam sands

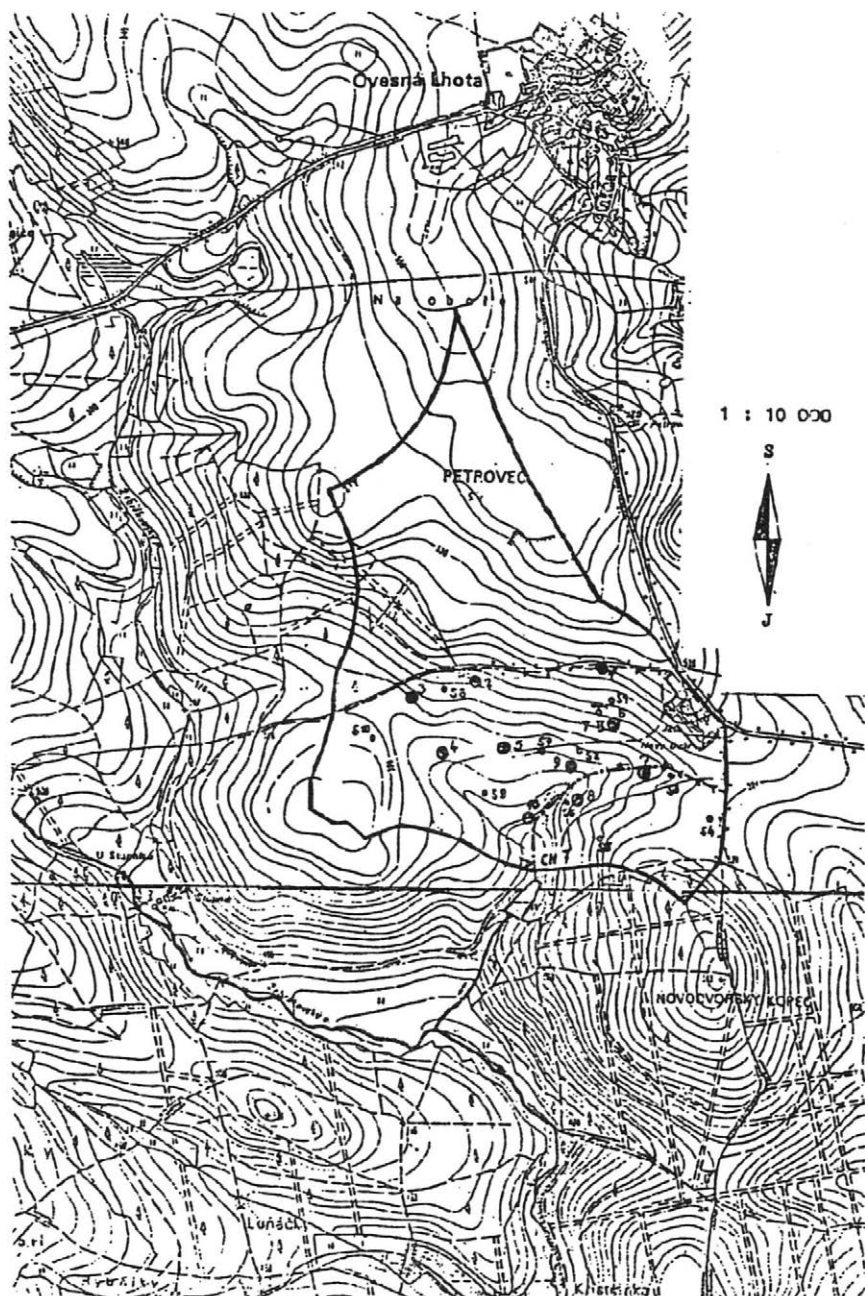
III - lehké jíly říčních náplavů - light clays of river sediments

IV - rašeliny na pískách - peats on sands

V - hrubé písky - rough sands

VI - rašeliny na jílech - peats on clays

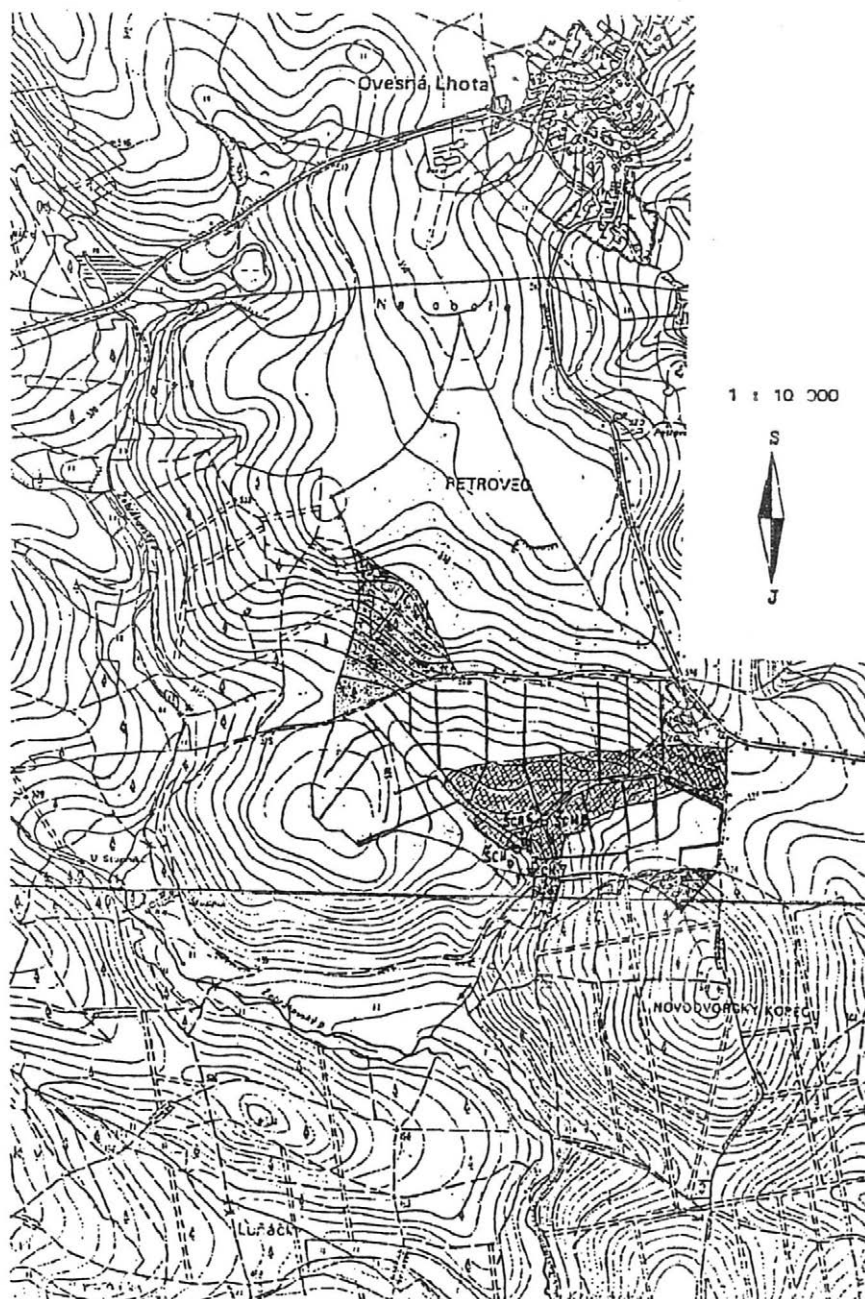
VII - rašeliny - peats



3. Polohopis vrtů a sond – Planimetry of bore holes and probes

Vysvětlivky k obr. 3 - Explanations to Fig. 3

- | | | | |
|-------|---|-----|--|
| ● 4 | - hydrogeologický vrt - hydrogeological bore hole | —(— | - zatrubněný odpad - pipe waste |
| • S4 | - pedologická sonda - pedological probe | — | - rozvodnice - watershed divide |
| - - - | - osa otevřeného odpadu - axis of open waste | ▷ | CH7 - uzávěrový profil s limnigrafem - barrier profile with limnigraph |



4. Schéma drenážního odvodnění – Diagram of drainage dewatering

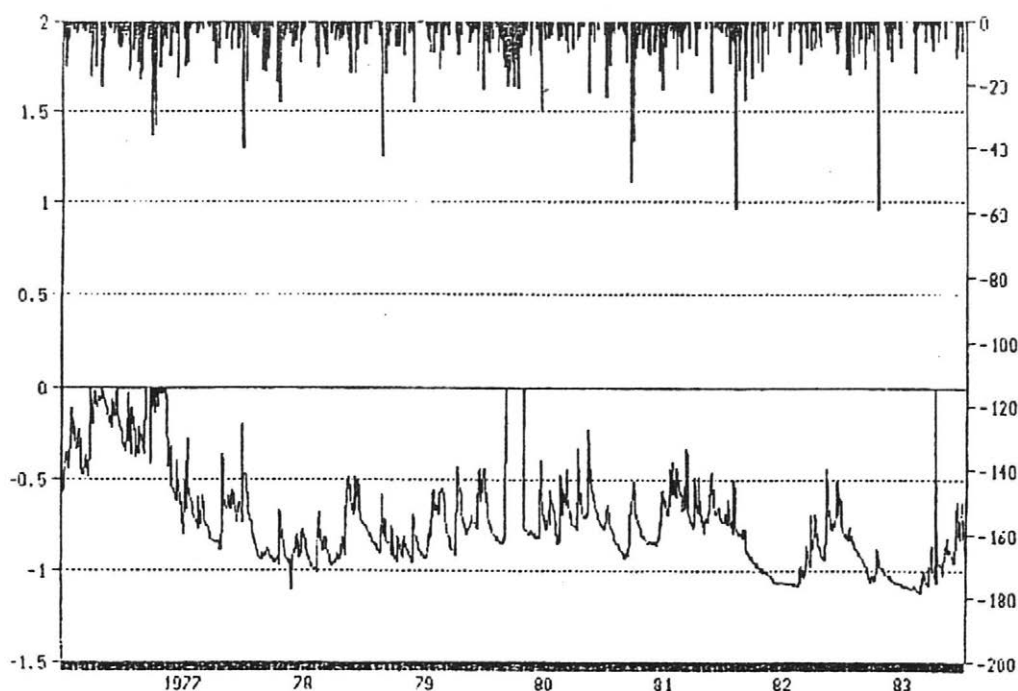
Vysvětlivky k obr. 4 - Explanations to Fig. 4

- | | | | |
|--|---|---|-------------------|
|  | - svodné drény s výústí - interceptors with outfall |  | - louky - meadows |
|  | - měrná drenážní šachta - measuring drainage stack |  | - role - fields |
| | |  | - les - forest |

MATERIÁL A METODA

Výzkumný objekt (VO) Ovesná Lhota, pro který byl proveden výpočet hodnoty SEW (30) i SEW (50), leží u Světlé nad Sázavou v okrese Havlíčkův Brod. Jde o uzavřené povodí levostranného přítoku vodárenského toku Žebrakovský potok s číslem hydrologického členění 1-09-01-112 (obr. 3). Toto experimentální povodí se nachází na severozápadním okraji Českomoravské vysočiny, v nadmořské výšce 506 až 550 m. Jde o klimatickou oblast mírně teplou, mírně vlhkou, vrchovinnou, s dlouhodobým ročním úhrnem srážek 678 mm a průměrnou roční teplotou 7,13 °C. Po stránce zemědělské výroby patří zájmové území do výrobního typu bramborářského, subtypu žitného. Z důvodu erozního ohrožení pozemků není vhodné na zájmové ploše pěstování okopanin a kukuřice. Nejčastěji byl na zájmové ploše po dobu našeho sledování zařazován do osevního postupu jarní ječmen.

Geologicky patří experimentální povodí do polymetamorfované oblasti moldanubika Českého masivu, které je zde zastoupeno především biotitickými a amfibolicko-biotitickými pararulami, amfibolity a migmatity. Nepravidelně se vyskytují vápence



5. Průběh naměřených denních průměrů HPV (Ovesná Lhota, vrt č. 10, 1977 až 1984) – The pattern of measured daily HPV averages (Ovesná Lhota, bore hole No. 10, 1977 to 1984)

Vysvětlivky k obr. 5 a 6 - Explanations to Figs 5 and 6

osa x - hydrologický rok - x axis - hydrological year

osa y (vlevo) HPV (m) - y axis (left) - HPV (m)

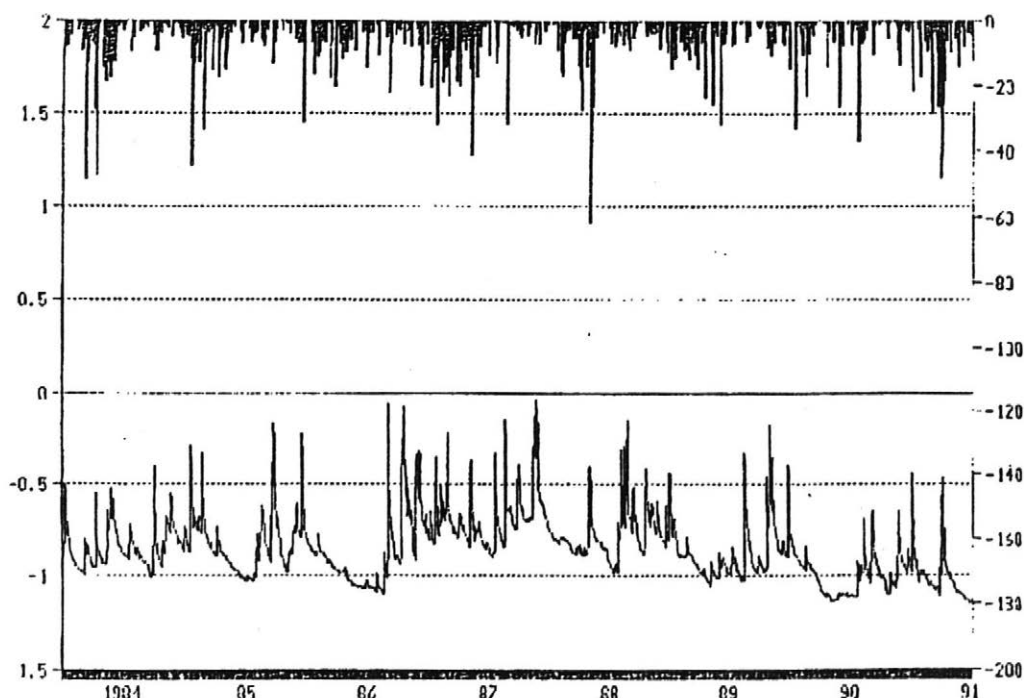
osa y (vpravo) - srážky (mm) - y axis (right) - precipitation (mm)

a erlány. Vlivem klimatických poměrů a reliéfu terénu jsou půdy na zájmové ploše zastoupeny těmito genetickými představiteli: hnědá půda kyselá, hnědá půda kyselá oglejená a oglejená půda. Podle zrnitostní klasifikace Nováka jde o půdy hlinité až písčitohlinité. Na orné půdě ve svahové části se vyskytují půdy lehčí, na louce na úpatí svahu jsou půdy těžší.

Celková plocha experimentálního povodí je 66 ha, z toho podstatná část (38,4 ha) byla odvodněna systematickou trubicí drenáží o rozchodu 11 až 16 m a hloubce uložení 1,0 m (obr. 4). Drenážní odvodnění proběhlo v letech 1977 a 1978 (9/1977 až 12/1978).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Od roku 1976 provádí VÚMOP Praha na experimentálním povodí podrobná hydrometeorologická a hydrologická měření (např. měření srážek, teploty a vlhkosti vzduchu, výparu, celkového odtoku z povodí v recipientu, drenážního odtoku, úrovně HPV, piezometrický potenciál, půdní vlhkost a další). Úroveň HPV je měřena v deseti hydrologických vrtech, které byly vyvrtány a osazeny až na nepropustné podloží, které se pohybuje v hloubce 5 až 6 m. Ve vrtech č. 1, 6 a 10 je HPV měřena kontinuálně, limnigraficky, ve zbývajících vrtech třikrát týdně ručně. Polohopis vrtů



6. Průběh naměřených denních průměrů HPV (Ovesná Lhota, vrt č. 10, 1984 až 1991) – The pattern of measured daily HPV averages (Ovesná Lhota, bore hole No. 10, 1984 to 1991)

udává obr. 3, průběh naměřených HPV ve vrtu HV č. 10 obr. 5 a 6. Na základě těchto kontinuálních měření úrovně HPV bylo možné vyhodnotit vliv úrovně HPV na výnosy podle kritéria SEW. Hodnoty SEW vždy pro období 1. 11. až 31. 3. a hodnoty SES pro období 1. 4. až 15. 6. byly vypočteny za období 1976 až 1991 a jsou uvedeny v tab. I. Uvedené hodnoty jsou vypočteny z naměřených hladin ve vrtu č. 10, který je umístěn v údolní poloze v blízkosti závěrečného profilu povodí (obr. 3). Vrt č. 10 je charakteristický pro celou údolní polohu zájmové plochy.

ZÁVĚR

Z tab. I je patrné, že hodnoty SEW i SES v období před odvodněním jsou neobyčejně vysoké, což vypovídá o vysokém stupni zamokření sledovaného pozemku, o němž svědčí i to, že před odvodněním byla údolní poloha zájmového území hojně porostlá suchopýrem, ostřicí a rákosem bez možnosti řádného obhospodařování těchto pozemků.

I po provedeném odvodnění dosáhly ve dvou z 11 hodnocených roků hodnoty SEW hranice snížení výnosů polních plodin o 5 až 40 %. Z toho je patrné, že drenáž o rozchodu 12 m není v údolnici experimentálního povodí stoprocentně účinná,

I. Hodnoty SEW a SES vypočtené z naměřených hladin vrtu č. 10 – SEW and SES values calculated from measured levels of the bore hole No. 10

Období ¹		SEW (cm)		SES (cm)	
		30	50	30	50
1.	1. 11. 1976 - 15. 6. 1977	1455	3682	840	2319*
2.	1. 11. 1977 - 15. 6. 1978	2	61	10	75**
3.	1. 11. 1981 - 15. 6. 1982	0	88	0	0
4.	1. 11. 1982 - 15. 6. 1983	0	0	0	0
5.	1. 11. 1983 - 15. 6. 1984	0	0	0	0
6.	1. 11. 1984 - 15. 6. 1985	0	0	1	28
7.	1. 11. 1985 - 15. 6. 1986	21	75	7	42
8.	1. 11. 1986 - 15. 6. 1987	98	422	0	60
9.	1. 11. 1987 - 15. 6. 1988	183	589	0	0
10.	1. 11. 1988 - 15. 6. 1989	16	97	0	11
11.	1. 11. 1989 - 15. 6. 1990	12	94	0	15
12.	1. 11. 1990 - 15. 6. 1991	0	0	0	0

* před odvodněním - before drainage

** ihned po odvodnění - immediately after drainage

¹period

uvažuje-li se pozemek jako orná půda, jak bylo navrženo v projektu odvodnění. Ve skutečnosti zůstal v údolnici i po provedeném odvodnění zachován trvalý travní porost. Z tohoto hlediska lze považovat odvodňovací zásah za přiměřený.

L i t e r a t u r a

SIEBEN, W. H.: Invloed van de ont Wateringstoelstand op stikstofhuis houding en oprengst. Landbou. Tijdschr., 76, 1964: 784-802.

VISSER, V. C.: De landbouwaterhuis houding in Nederland. Ned. TNO, Rapport, 1969 (1).

Došlo 21. 9. 1993

KYNCLOVÁ, J. (Research Institute for Soil and Water Conservation, Praha):

The effect of groundwater level on yields of crops.

Rostl. Výr., 40, 1994 (1): 19-27.

The groundwater level (HPV) in most cases has no direct effect on the growth of crops, though it affects the moisture conditions in soils, and thus also supply of plants with water and aeration of root zone. There are many methods and criteria how to determine the effect of the groundwater level (HPV) on the yields of crops. A summary evaluation of the effect of the groundwater level (HPV) on the yields was introduced by Sieben (1964) who presented so-called SEW (30) value (sum exceedans value in winter) to evaluate the effect of HPV obtained during winter season on the following harvest, i.e.

$$SEW(30) = \sum_{i=1}^n (30 - x_i),$$
 where x_i is an average daily HPV value under the terrain lower

than 30 cm. In similar way $SEW(50) = \sum_{j=1}^n (50 - x_j)$, where x_j is an average daily HPV value lower than 50 cm.

High SEW values indicate bad natural drainage conditions in soil. Already at SEW (30) value equal to 100 to 200 a decline in the yields of field crops by 5 to 40 % (Fig. 1) has been manifested. SES (30) or SES (50) can be defined in a similar way, i.e. sum exceedans value in summer with usual evaluation as SEW. The pattern of dependence of yield depression on the HPV level is further influenced by the type of soil as confirmed by Visser (1958) in his three years' investigation on the area of 2 million hectares (Fig. 2).

The SEW value always for the period November 11 to March 31 and SES as well for the period April 1 to June 15 was calculated on the basis of HPV measurements on the research subject (VO) Ovesná Lhota near Světlá nad Sázavou. This is a closed experimental catchment area on north-west side of Českomoravská vrchovina (Bohemian-Moravian Highlands) of the total area 66 hectares. This catchment area is prevaillingly cultivated and a major part of it (38.4 hectares) is drained by systematic pipe drainage (Fig. 4). Drainage has been accomplished in the years 1977 and 1978. Dystric cambisol,

dystic gleyic cambisol and gleyic soils prevail in the experimental catchment area. These are loam to loam sandy soils according to the textural classification after Novák. HPV values have been measured at Ovesná Lhota since 1976 in ten hydrologic bore holes. HPV is measured in three bore holes (No. 1, 6, 10) on continuous base. Planimetric features of bore holes and the pattern of HPV values measured in the bore hole No. 10 present Figs 3, 5, and 6.

Tab. I gives the values calculated from measured levels in the bore hole No. 10 for the period 1976 to 1991. The bore hole No. 10 is characteristics for the complete thalweg position of the experimental catchment area. It is evident from Tab. I that SEW and SES values prior to drainage are extraordinary high. This proves a high level of water logging of investigated plot. Even after drainage SEW values achieved the limit of lower yields of field crops by 40 to 50 % in two of 11 assessed years. Moreover, it is evident that the drain spacing 12 m is not effective for 100 % in the thalweg of an experimental catchment area, considering the plot is arable land as being designed in the project of drainage. Regarding that even after drainage a permanent grassland was maintained in the thalweg, the drainage can be deemed as adequate.

Kontaktní adresa:

Ing. Jaroslava Kynclová, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy,
Žabovřeská 250, 156 27 Praha 5-Zbraslav

Upozornění pro přispěvatele a čtenáře časopisu ROSTLINNÁ VÝROBA

Pro lepší zpřístupnění výsledků našeho výzkumu zahraničí rozhodla redakční rada časopisu Rostlinná výroba uveřejňovat prioritní vědecké práce v anglickém jazyce. Práce musí být do redakce zaslána v angličtině (za jazykovou správnost odpovídá autor), bude obsahovat krátké anglické resumé a bude doplněna rozšířeným českým, resp. slovenským souhrnem.

Dále upozorňujeme autory i čtenáře, že příspěvky uveřejňované v češtině, resp. slovenštině budou obsahovat krátký český, resp. slovenský souhrn a rozšířený, podrobně zpracovaný anglický souhrn (s odkazy na tabulky a obrázky) v rozsahu ca dvou rukopisných stran, který si autoři dodají přímo v angličtině. Zároveň budou uveřejňovány anglické ekvivalenty všech popisů tabulek a obrázků.

Redakční rada časopisu Rostlinná výroba otevírá možnost též zahraničním přispěvatelům publikovat v časopise Rostlinná výroba.

Doufáme, že se tato opatření setkají s příznivým ohlasem jak autorů, tak i čtenářů našeho časopisu.

Redakce časopisu

OBSAH XENOBIOTICKÝCH ORGANICKÝCH LÁTEK V PLODINÁCH ZAVLAŽOVANÝCH VODOU LABE

J. Zavadil

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha

Byly provedeny vegetační nádobové pokusy na hlávkové kapustě a mrkvi s vodou Labe z profilu Valy a se studniční vodou uměle kontaminovanou Delorem 106, DDT, benzo-a-pyrenem, fluoranthenem, 1,2-dichlorethanem, p-dichlorbenzenem, o-dichlorbenzenem a naftalenem. Varianty koncentrací těchto xenobiotických organických látek (XOL) v závlahové vodě byly tyto: 0,5; 1; 10; 100; 1000 a 10 000 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (u každé varianty byla koncentrace všech XOL stejná). Plodiny z vegetačních nádobových pokusů byly testovány na mutagenitu. Bylo zjištěno, že obsah žádný ze zkoumaných XOL se v hlávkách kapusty ani v kořenu mrkve závlahou labskou vodou nezvýšil. K tomu potřebné dávky XOL jsou mnohem větší (některých až o několik řádů), než jaké jsou k plodinám dodávány závlahou vodou Labe. Kapusta i mrkev jak z pokusu s vodou Labe, tak z pokusu s vodou uměle kontaminovanou XOL, a to i jejich nejvyšší aplikovanou dávkou (10 kg.ha^{-1}), byly nemutagenní.

Voda Labe v úseku, ve kterém je z něho odebírána pro závlahy, běžně obsahuje řadu xenobiotických organických látek (1,2-dichlorethan, trichlormethan, tetrachlormethan, benzen, toluen, xyleny, trichlorethylen, tetrachlorethylen, chlorbenzen, dichlorbenzeny, trichlorbenzen, naftalen, polychlorované bifenylly, chlorfenoly, fluoranthen a mnoho jiných). Jejich hlavním zdrojem jsou Východočeské chemické závody Pardubice, které jenom kanálem A vypouštějí přímo do Labe více než $1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ nečištěných odpadních vod. V důsledku naředování vody Labe poměrně čistou vodou jeho přítoků, ukládáním látek do sedimentů a vyvětráním těkavých organických látek se kvalita vody Labe ve směru po toku zlepšuje.

Odběr vody z Labe pro závlahy není od roku 1991 povolen pod Pardubicemi v úseku dlouhém cca 22 km (po hranice okresu Pardubice). Ve Středočeském kraji je používání labské vody k závlahám od roku 1991 podmíněno dodržováním zvláštních opatření stanovených hygienickou službou. Jejich účelem je jednak minimalizace vstupu cizorodých látek od půdy, plodin, podzemních vod a ovzduší závlahou vodou Labe a jednak eliminace bakteriální kontaminace plodin touto vodou. Uvedená opatření jsou každoročně zpřesňována na základě výsledků kontroly jakosti vody Labe, prováděné od roku 1991 Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy Praha a Státní meliorační správou Praha ve spolupráci s Výzkumným ústavem organických syntéz Pardubice, Krajskou hygienickou stanicí Středočeského kraje, Státním zdravotním ústavem a v roce 1992 také Ústavem experimentální botaniky AV ČR a Laboratoří genetické vývojové toxikologie Ústavu experimentální medicíny AV ČR. Metodika na kontrolu jakosti vody Labe z hlediska závlah byla dohodnuta

s hygienickou službou již koncem roku 1989. Pro roky 1991 a 1992 byla upravena a doplněna podle požadavků hygienické služby, poznatků a zkušeností získaných při kontrole jakosti vody Labe v předcházejících letech a též podle výše finančních prostředků získaných na tuto činnost.

Nejrozsáhlejší a nejpodrobnější šetření bylo realizováno v roce 1992. Hlavní pozornost při něm byla věnována vyšetřování mutagenní aktivity a embryotoxicity vody Labe a zjišťování vlivu závlahy touto vodou na obsah xenobiotických organických látek v půdě a plodinách a na mutagenitu půd a plodin. Dosažené výsledky uvedl a vyhodnotil Z a v a d i l (1993); z nich uvádíme hlavně poznatky o vlivu xenobiotických organických látek ve vodě Labe a ve vodě těmito látkami uměle kontaminované na jejich obsah v plodinách získané z vegetačních nádobových pokusů.

MATERIÁL A METODA

Vegetační nádobové pokusy byly provedeny jednak s vodou Labe z profilu Valy a jednak se studniční vodou uměle kontaminovanou těmito osmi xenobiotickými organickými látkami (XOL): Delor 106, DDT, benzo-a-pyren, fluoranthen, 1,2-dichlorethan, p-dichlorbenzen, o-dichlorbenzen a naftalen.

Profil Valy byl zvolen proto, že z profilů státní kontrolní sítě je situován nejbližší pod místem vypouštění odpadních vod z Východočeských chemických závodů (VCHZ) Pardubice do Labe (cca 6 km). Jednotlivé XOL byly vybrány s ohledem na jejich velkou nebezpečnost pro živočichy a vysokou koncentraci ve vodě nebo v sedimentech Labe. S vodou Labe i s vodou uměle kontaminovanou XOL byl proveden pokus na hlávkové kapustě, odrůda Předzvěšť a mrkvi, odrůda Karovit. Při pokusu s vodou Labe byla mrkev vyseta do zeminy z pokusu na hlávkové kapustě, při pokusu se XOL do čerstvé zeminy.

K pokusům byly použity Mitscherlichovy vegetační nádoby o průměru i výšce 20 cm. V nádobě byla jedna kapusta, resp. deset mrkví. Pokusy s vodou Labe měly jen kontrolní variantu se zálivkou studniční vodou a variantu se zálivkou labskou vodou. Pokusy se XOL měly kromě varianty kontrolní šest variant jejich koncentrací ve vodě: 0,5; 1; 10; 100; 1000 a 10 000 $\mu\text{g.l}^{-1}$. U každé varianty byla koncentrace všech XOL stejná. Koncentrace XOL ve vodě Labe používané k zálivce plodin jsou uvedeny v tab. I, závlahové množství labské vody u jednotlivých pokusů a množství XOL dodané k plodinám touto vodou v tab. II. Závlahové množství vody uměle kontaminované XOL bylo u pokusů na obou plodinách 100 mm ($1000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), přičemž dávka látky v $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$ je stejná jako její koncentrace ve vodě v $\mu\text{g.l}^{-1}$. Počet opakování variant pokusu s vodou Labe na kapustě byl 24, variant pokusu s touto vodou na mrkvi 16 a variant obou pokusů s XOL osm. Plodiny byly zalévány kropením na půdu.

XOL v plodinách byly stanoveny ve Výzkumném ústavu organických syntéz Pardubice. Použitá metodika je podrobně popsána v odborném posudku tohoto ústavu (D r ž k o v á, 1993). Koncová analýza PCB byla provedena plynovou chromatografií s hmotnostní detekcí (GS/MS), 1,2-dichlorethanu, p- a o-dichlorbenzenu plynovou chromatografií s detektorem elektronového zachytu (ECD), naftalenu, fluoranthenu a benzo-a-pyrenu vysokotlakou kapalinovou chromatografií (HPLC).

I. Obsah xenobiotických organických látek ve vodě Labe v profilu Valy (říční km 227,3) používané k zalívce plodin ve vegetačních nádobových pokusech v roce 1992 ($\mu\text{g.l}^{-1}$) – Contents of xenobiotic organic substances in water of the Labe river sampled in the profile at Valy (river bench mark 227.3 km) and used for irrigation of the plants during the vegetation pot trials in 1992 ($\mu\text{g.litre}^{-1}$)

Látka ¹	n_c	n_d	max	min	$\bar{x}$
PCBs	9	8	0,087	< 0,01	0,037
DDT	9	0	< 0,01		
benzo-a-pyren	9	0	< 0,005		
fluoranthen	9	8	0,057	< 0,005	0,017
1,2-dichlorethan	9	9	29,47	2,3	10,74
dichlorbenzeny	9	9	33,51	1,8	13,37
naftalen	9	8	12,79	< 0,1	3,40

n_c = celkový počet rozborů – total number of analyses

n_d = počet výsledků rozborů větších než mez detekce – number of results of analyses exceeding the detection limit

max = nejvyšší naměřená hodnota – the highest measured value

min = nejnižší naměřená hodnota – the lowest measured value

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

¹ substance

II. Množství xenobiotických organických látek dodané do půdy závlahou vodou Labe při vegetačních nádobových pokusech (g.ha^{-1}) – Total amounts of xenobiotic organic substances introduced into the soil by irrigation with the Labe water during the vegetation pot trials (g.hectare^{-1})

Látka ¹	Hlávková kapusta ² (Mz = 360 mm)	Mrkev ³ (Mz = 280 mm)
PCB (Delor 106)	0,174	0,063
DDT	< 0,026	< 0,028
benzo-a-pyren	< 0,019	< 0,015
fluoranthen	0,109	0,024
1,2-dichlorethan	40,45	46,27
p-dichlorbenzen, o-dichlorbenzen	47,37	36,92
naftalen	7,56	10,82

Mz = závlahové množství – irrigation requirement

¹ substance, ² savoy cabbage, ³ carrot

Kapusta a mrkev ze všech vegetačních nádobových pokusů byla testována Amesovými testy na mutagenitu, které byly realizovány ve Výzkumném ústavu organických syntéz Pardubice podle upravené metodiky Maronové a Amese (Č i h á k , 1992).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Z tab. I je zřejmé, že z XOL měřených v plodinách z vegetačních nádobových pokusů obsahovala voda Labe v profilu Valy nejvíce dichlorbenzenů a 1,2-dichlorethanu (až několik desítek $\mu\text{g.l}^{-1}$) a nejméně benzo-a-pyrenu a DDT (vždy méně než mez detekce). V některých vzorcích labské vody byla zjištěna vysoká koncentrace PCB. Proti nejvyšší přípustné koncentraci těchto látek v závlahové vodě, stanovené ČSN 75 7143 na $0,050 \mu\text{g.l}^{-1}$ ve vodě 1. třídy čistoty (vhodné pro závlahu), byla jejich koncentrace ve vodě Labe ve třech vzorcích z devíti odebraných větší (0,087; 0,061 a $0,056 \mu\text{g.l}^{-1}$).

III. Obsah xenobiotických organických látek v plodinách z vegetačních nádobových pokusů s vodou Labe z profilu Valy ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ původní hmoty) – Contents of xenobiotic organic substances in the plants from the vegetation pot trials irrigated with the Labe water from the profile at Valy ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ of fresh mass)

Látka ¹	Hlávková kapusta ² (obsah v hlávce ³)*		Mrkev ⁴ (obsah v kořenu ⁵)**	
	kontrola zavlažovaná studniční vodou ⁶	závlaha vodou Labe ⁷ (360 mm)	kontrola zavlažovaná studniční vodou	závlaha vodou Labe (280 mm)
PCBs Delor 103	< 0,04	0,12	< 0,60	< 0,60
Delor 106	1,15	0,61	0,44	1,32
DDT	< 1	< 1	192	283
benzo-a-pyren	< 0,10	0,18	0,28	< 0,10
fluoranthén	0,7	3,0	11,6	1,5
1,2-dichlorethan	213	132,5	62	63,2
p-dichlorbenzen	< 10	< 10	< 5	< 5
o-dichlorbenzen	< 10	< 10	< 5	< 5
naftalen	< 20	< 20	< 20	< 20

* aritmetické průměry z výsledků rozborů 2 průměrných vzorků (každý ze 12 opakování) – arithmetic means from the results of analyses of 2 average samples (each from 12 replications)

** výsledky rozborů průměrných vzorků ze 16 opakování – results of analyses of average samples from 16 replications

¹ substance, ² savoy cabbage, ³ content in head, ⁴ carrot, ⁵ content in root, ⁶ control irrigated with well water, ⁷ irrigation with Labe water

IV. Obsah xenobiotických organických látek v plodinách z vegetačních nádobových pokusů s vodou uměle kontaminovanou těmito látkami ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ původní hmoty) – Contents of xenobiotic organic substances in the plants from the vegetation pot trials irrigated with the water artificially contaminated by these substances ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ of fresh mass)

Plodina ¹	Koncentrace látky ve vodě ⁶ ($\mu\text{g.l}^{-1}$), resp. dávka látky ⁷ (g.ha^{-1})	PCBs		DDT	benzo-a- pyren	fluoranthen	1,2-dichlor- ethan	p-dichlor- benzen	o-dichlor- benzen	naftalen
		Delor 103	Delor 106							
Hlávková kapusta ² (obsah v hlávce ³)*	(kontrola ⁸) 0	0,41	0,63	< 1	0,28	2,0	< 10	< 10	< 10	33,8
	0,5	0,10	1,27	< 1	0,35	1,8	< 10	< 10	< 10	42,7
	1	0,20	1,47	< 1	0,59	7,6	< 10	< 10	< 10	52,3
	10	0,13	1,35	< 1	0,15	1,6	< 10	< 10	< 10	36,6
	100	< 0,04	1,58	< 1	0,28	2,5	89,5	< 10	< 10	26,0
	1 000	0,28	5,44	63,5	0,15	3,4	114,5	< 10	< 10	< 20
	10 000	0,36	13,56	39,0	0,22	9,4	134,5	< 10	134	20
Mrkev ⁴ (obsah v kořenu ⁵)**	(kontrola) 0	< 0,60	< 0,60	180	< 0,10	1,5	46	< 5	< 5	< 20
	0,5	< 0,60	1,28	212	0,22	0,7	20	< 5	< 5	1007
	1	< 0,60	< 0,60	217	< 0,10	< 0,4	21	< 5	< 5	1527
	10	< 0,60	< 0,60	292	< 0,10	< 0,4	19	< 5	< 5	1412
	100	< 0,60	36,10	285	< 0,10	3,6	250	< 5	< 5	186
	1 000	< 0,60	2,0	385	< 0,10	< 0,4	632	< 5	8	414
	10 000	11,16	186,86	373	0,29	498,0	123	8	6	130

závlahové množství vody uměle kontaminované xenobiotickými organickými látkami bylo 100 mm – irrigation requirement of water artificially contaminated with xenobiotic organic substances was 100 mm

* aritmetické průměry z výsledků rozborů 2 průměrných vzorků (každý ze 12 opakování) – arithmetic means from the results of analyses of 2 average samples (each from 12 replications)

** výsledky rozborů průměrných vzorků z 8 opakování – results of analyses of average samples from 8 replications

For 1 - 5 see Tab. III, ⁶concentration of substance in water, ⁷dose of substance, ⁸control

Obsah XOL v plodinách zavlažovaných vodou Labe z profilu Valy se zpravidla podstatněji neliší od jejich obsahu v plodinách zavlažovaných kontrolní vodou (tab. III). Zvýšení obsahu DDT v mrkvi zavlažované labskou vodou proti kontrole o $91 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ nelze přičíst závlaze touto vodou, kterou byla do půdy dodána přibližně stejně velká dávka DDT jako kontrolní vodou (tab. II). V hlávce kapusty byl v největším množství zjištěn 1,2-dichlorethan a v kořenu mrkve DDT. Největší rozdíl v obsahu stejné látky v kapustě a mrkvi je u DDT při zhruba stejné dávce této látky závlahou vodou Labe. Mnohem vyšší obsah DDT v mrkvi než v kapustě byl naměřen také u pokusu s vodou uměle kontaminovanou XOL (tab. IV). Pokusy s touto vodou ukázaly, že obsah XOL v plodinách se nezvyšuje úměrně s jejich dávkou. Nejvíce naftalenu obsahovala kapusta i mrkev dokonce při jeho nejnižších dávkách. Obsah ostatních zkoumaných XOL se v obou plodinách výrazně zvýšil teprve při mnohem větších dávkách, než v jakých k nim byly dodány závlahou vodou Labe. Ze srovnání údajů v tab. II a IV je zřejmé, že kromě 1,2-dichlorethanu jde o rozdíl několika řádů.

Závlaha vodou Labe z profilu Valy ani závlaha vodou uměle kontaminovanou XOL neměly žádný vliv na mutagenitu kapusty a mrkve. Stejně poznatky byly získány při testování mutagenní aktivity celé řady dalších plodin (raných brambor, kedluben, raného zelí, květáku, mrkve, cukrovky a jablek) zavlažovaných vodou Labe v polních podmínkách (Z a v a d i l, 1992, 1993). Na základě toho lze konstatovat, že plodiny zavlažované vodou Labe nevytvářejí ze XOL nacházejících se v této vodě stabilní metabolity s mutagenní aktivitou.

ZÁVĚR

Výsledky vegetačních nádobových pokusů s labskou vodou z profilu Valy a s vodou uměle kontaminovanou osmi XOL ukazují, že k výraznému zvýšení obsahu těchto látek v plodinách dochází při mnohem větších dávkách, než v jakých jsou k nim dodávány labskou vodou. Závlaha touto vodou nezvýšila mutagenní aktivitu plodin. Tyto poznatky jsou v souladu s poznatky získanými rozbory a genotoxickým vyšetřením plodin zavlažovaných vodou Labe v polních podmínkách. Na základě toho lze označit vodu Labe i v profilu Valy za vhodnou pro závlahy zemědělských plodin.

Z důvodu nebezpečí průniku XOL do podzemních vod a permanentního, nezanedbatelného přísunu těchto látek do půdy atmosférickou depozicí je třeba, aby jejich dávky do půdy závlahou vodou Labe byly co nejmenší. Při zachování druhové skladby plodin toho lze dosáhnout odborným řízením režimu závlah a používáním moderních, vodu šetřících způsobů závlah (mikropostřik, kapková závlaha).

Literatura

ČIHÁK, R.: Detekce mutagenní aktivity zavlažovaných půd a plodin. Odborný posudek č. 92328. Pardubice, VÚOS 1992: 37 s.

DRŽKOVÁ, L.: Stanovení specifických organických látek v plodinách, půdách a ovzduší. Odborný posudek č. 9311. Pardubice, VÚOS 1993: 26 s.

ZAVADIL, J.: Kontrola jakosti vody Labe a Vltavy z hlediska závlah v roce 1991. [Výroční zpráva.] Praha, VÚMOP 1992: 54 s.

ZAVADIL, J.: Jakost vody Labe a Vltavy z hlediska závlah v roce 1992. [Výroční zpráva.] Praha, VÚMOP 1993: 38 s.

ČSN 75 7143. Jakost vody pro závlahu. 1991.

Došlo 21. 9. 1993

ZAVADIL, J. (Research Institute for Soil and Water Conservation, Praha):

Xenobiotic organic substances content in crops irrigated with water from the Labe river.

Rostl. Výr., 40, 1994 (1): 29-36.

Vegetation pot trials were carried out with savoy cabbage and carrot, irrigated with water of the Labe river from the sampling profile Valy and, alternatively, with well water contaminated artificially by addition of Delor 106, DDT, benzo-a-pyrene, fluoranthene, 1,2-dichloroethane, p-dichlorobenzene, o-dichlorobenzene and naphthalene. Concentrations of the xenobiotic organic substances (XOS = XOL) in irrigation water were adjusted to 0.5, 1, 10, 100, 1000 and 10 000 $\mu\text{g.litre}^{-1}$ (concentrations of all XOL were the same). The plants grown in the pots were tested for their mutagenic action.

It becomes obvious from Tab. I that the Labe water from the profile at Valy contained mostly dichlorobenzenes and 1,2-dichloroethane (up to several tens of $\mu\text{g.litre}^{-1}$) while its content of benzo-a-pyrene and DDT was at minimum (below the detection limit in all cases). High PCBs concentrations were also found in some samples of the Labe water. Namely, in three of the total of nine samples were the PCBs concentrations (0.087, 0.061 and 0.056 $\mu\text{g.litre}^{-1}$) higher than the maximum admissible concentration (0.050 $\mu\text{g.litre}^{-1}$) which is required for irrigation water of the first class of purity by the irrigation water quality standard ČSN 75 7143.

In most cases, the contents of XOL in the plants which were irrigated with the Labe water from the profile at Valy does not differ substantially from the XOL contents in the plants irrigated with the reference water (Tab. III). The increased content of DDT in carrot (by 91 $\mu\text{g.kg}^{-1}$, compared with the variant irrigated with the reference water) cannot be attributed to the irrigation water, as the input of DDT into soil contributed by the Labe water was the same as that introduced with the reference water (Tab. II). In the heads of the savoy cabbage, the maximum amounts of 1,2-dichloroethane were found, while the roots of carrot accumulated the most of DDT. DDT is also the XOL whose concentrations are most different when the heads of savoy cabbage are compared with the roots of carrot irrigated with the same Labe water. Similarly, in the variants irrigated with water artificially contaminated by XOL, the contents of DDT were much higher in carrot than in savoy cabbage (Tab. IV). The trials in which the artificially contaminated water was used showed that the contents of XOL in plants do not increase proportionally to the increasing input of these substances with irrigation water. The concentrations of naphthalene were surprisingly at their highest levels, both in savoy cabbage and in carrot, in variants with the lowest level of irrigation water contamination. The concentrations of

other XOL in savoy cabbage and carrot did not increase significantly, compared to the variants irrigated with reference water, until the inputs of XOL were much higher than those supplied with the Labe water, typically by several orders of magnitude (except for 1,2-dichloroethane); this is evident when comparing Tabs II and IV.

Neither the Labe water from the profile at Valy, nor the water contaminated artificially with XOL, when used for irrigation, exhibited any influence upon the mutagenic action of savoy cabbage and carrot. A similar result had been obtained previously from the testing of the mutagenic action of a number of other crops (early potatoes, kohlrabies, early cabbage, cauliflower, carrot, sugar beet and apples) grown in the field and irrigated with Labe water (Z a v a d i l, 1992, 1993). A probable conclusion can be drawn based on these results that the plants irrigated with the Labe water do not produce stable metabolites with mutagenic action from XOL present in irrigation water.

Kontaktní adresa:

Ing. Josef Z a v a d i l, CSc., Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Žabovřeská 250,
156 27 Praha 5-Zbraslav

VLIV ZÁVLAH SPLAŠKOVÝMI ODPADNÍMI VODAMI NA KVALITU POVRCHOVÝCH A PODZEMNÍCH VOD

J. Šálek, I. Elazizy

Ústav vodního hospodářství krajiny, FAST VUT, Brno

Práce řeší problematiku vlivu závlah čištěnými splaškovými odpadními vodami na kvalitu povrchových a podzemních vod v závislosti na způsobu závlahy, půdním druhu a výšce půdního profilu. Výsledky měření prokazují, že negativní působení odpadních vod je možné kvalitním návrhem a zodpovědným provozem minimalizovat na přijatelnou míru.

Ochrana životního prostředí před negativními účinky odpadních vod zákonitě vyžaduje hledat dostupné, ekologicky nezávadné a ekonomicky výhodné způsoby čištění a využití odpadních vod. Jednou z možností je závlahové využití odpadních vod. K závlaze používáme čištěné odpadní vody městské, průmyslové a zemědělské. Závlahou využíváme vodní a hnojivou hodnotu odpadních vod při současném vysokém čistícím účinku v půdním prostředí. Živiny z odpadní vody jsou využívány k výživě rostlin, organická hmota po rozkladu a huminifikaci zvyšuje obsah humusu v půdě. Čistící účinek půdního porézního prostředí se projevuje vysokým snížením bakteriálního znečištění a základních ukazatelů znečištění BSK₅, CHSK, amoniaku, fosforečnanů apod. Závlaha odpadními vodami patří k málo rozšířeným ekonomickým způsobům čištění a využití odpadních vod. Její praktické využití nutně vyžaduje stanovení vlivu závlahy na povrchové a podzemní vody.

MATERIÁL A METODA

Při výzkumu vlivu závlah odpadními vodami na povrchové a podzemní vody jsme se zaměřili na kritický případ půdy bez vegetace; velikost závlahových dávek byla stanovena těsně nad přípustnou mez, kdy začíná filtrace odpadní vody do podzemních vod. Při výzkumu vlivu závlah odpadními vodami na povrchové vody jsme zatěžovali půdní profil závlahovou dávkou 60 mm jeden den před přívalovou srážkou v intenzitě $2,34 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ s dobou trvání $t_D = 30 \text{ min}$.

Výzkum vlivu závlah mechanicky čištěnými splaškovými odpadními vodami jsme zjišťovali na třech konstrukcích půdních lyzimetrů, které jednak tvořily válce v průměru 400 a 600 mm, na nichž se zkoumal vliv závlahy postřikem a výtopou. Výška půdního profilu byla různá od 0,2 m (orniční vrstva) až do 3,6 m u písčitých půd. Závlahu postřikem jsme zajišťovali kapilárním dešťovým simulátorem s maximální intenzitou postřiku $i = 31,4 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$. Lokalizované závlahy a drenážní podmínky jsme zkoumali v prizmatických nádržích 960 x 760 x 160 mm. Intenzita kapkové

závlahy $i = 4 \text{ l.h}^{-1}$. Drény byly osazené 0,2 m pod terénem a opatřené výtokovým otvorem o průměru 2 mm. Pásový přerón byl zkoumán na sklopném žlabu o rozměrech 4250 x 700 x 300 mm.

Vliv závlah odpadními vodami na povrchové vody byl zkoumán na dešťovém simulátoru, který vyvinul doc. ing. K. K a s p r z a k, CSc., na půdních profilech 0,5 x 0,5 x 0,15 m a sklonu 2,5 a 5° s nastavitelnou intenzitou a kinetickou energií deště. Podrobný popis jednotlivých zařízení uvádějí Š á l e k a kol. (1984, 1992). Navržená modelová zařízení umožňují uskutečnit množství pozorování při poměrně přesném stanovení okrajových podmínek, za kterých byla realizována, a jejich předností je možnost uskutečnit i taková šetření při takovém počtu opakování a variant, které by se v přírodních podmínkách nedaly realizovat. K závlaze byla využita mechanicky, resp. mechanicko-biologicky čištěná odpadní voda města Tišnova.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Z mnoha výsledků byly vybrána pouze jejich malá charakteristická část. V tab. I jsou uvedené hodnoty složení filtrátu odpadní vody při závlaze půdního profilu hlinitých půd vysokého 0,4 m, a to výtupou (a), postřikem (b) a kapkovou závlahou (c). Čistící účinek půdního profilu byl nejvyšší u kapkové závlahy u BSK₅

I. Složení filtrátu mechanicko-biologicky čištěné odpadní vody a filtrátu při závlaze výtupou (a), postřikem (b) a kapkovou závlahou (c) při filtraci profilem hlinitých půd výšky 0,4 m – Composition of the filtrate of mechanically and biologically purified waste water and filtrate with irrigation by flooding (a), sprinkling (b) and trickle irrigation (c) at the filtration through the profile of loam soils 0.4 m high

Složka ¹		Odpadní voda ¹¹	Složení filtrátu ¹³		
			a	b	c
Reakce ⁶ (pH)		7,92	7,41	7,28	7,62
Vodivost ⁷	mS.m ⁻¹	1,65	4,30	6,20	3,72
BSK ₅	g.m ⁻³	30,40	11,10	12,50	1,30
Dusičnany ²	g.m ⁻³	84,00	52,00	42,00	46,00
Fosforečnany ³	g.m ⁻³	22,00	3,00	1,00	2,00
Sířany ⁴	g.m ⁻³	137,00	232,00	250,00	260,00
Chloridy ⁵	g.m ⁻³	50,00	180,00	134,00	80,00

průměrné hodnoty ze tří sledování – average values from three investigations

¹component, ²nitrites, ³phosphates, ⁴sulfates, ⁵chlorides, ⁶reaction, ⁷conductivity, ⁸ammonia, ⁹undissolved substances, ¹⁰dissolved substances, ¹¹waste water, ¹²river water, ¹³composition of filtrate, ¹⁴thickness of soil profile, ¹⁵purifying effect, ¹⁶sandy soil, ¹⁷loam sandy soil, ¹⁸loam soil, ¹⁹filtrate of waste water, ²⁰washings out, ²¹total N, ²²ammonia N, ²³nitrate N

a činil 95,7 %, u ostatních způsobů závlahy byl nižší, což způsobuje např. vysoká intenzita postřiku, přetřžení při výtopě apod. Čisticí účinek úzce souvisí i s výškou půdního profilu, což charakterizují výsledky uvedené v tab. II při závlaze hlinitých půd. Pokud se týká čisticího účinku, dosahovali jsme nejlepší výsledky na písčito-hlinitých a písčitých půdách. Výsledky výzkumu použili M a l ý, Š á l e k (1970) jako podklad pro zpracování závislosti nenarušené hloubky půdního profilu, nezbytné k dostatečnému vyčištění splaškové vody, na obsahu jílovitých částic (obr. 1). Graf na obr. 1 byl upřesněn podle šetření z let 1988 až 1992.

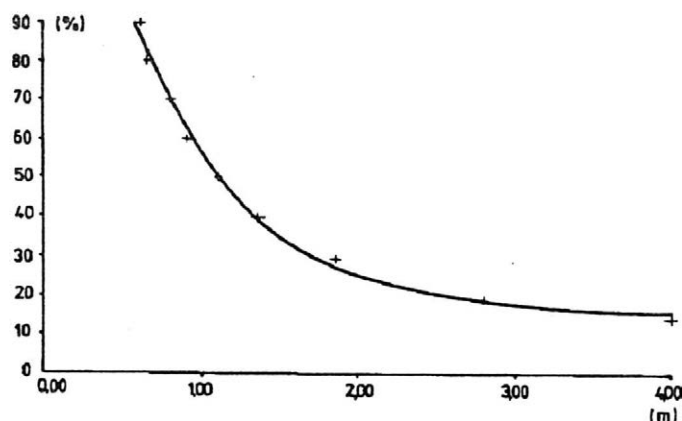
V tab. III jsou soustředěné výsledky čisticího účinku půdy při drenážní závlaze. Zjištěné výsledky u hlavních ukazatelů znečištění ukazují na nižší čisticí účinek, který zapříčiňuje menší prokysličením odpadní vody a menší mikrobiální oživení v okolí drénu. Předchozí výsledky jednoznačně prokázaly, že pro čištění odpadních vod je rozhodující prokysličená, dobře biologicky oživená orniční vrstva. Za předpokladu, že hladina podzemní vody bude minimálně v hloubce 1,2 až 1,4 m, je zde dostatečná vrstva půdy, která zabezpečí potřebné vyčištění.

Při závlaze přerodem odpadními vodami je požadována průběžná infiltrace vody do půdního prostředí. I přes malou výšku půdního profilu 0,3 m se dosahuje přízní-

II. Čisticí účinek hlinitých půd (%) při filtraci mechanicky čištěnou odpadní vodou v závislosti na výšce půdního profilu – Purifying effect of loam soils (%) during filtration of mechanically purified water in dependence on the thickness of soil profile

Složka ¹	Výška půdního profilu ¹⁴ (m)		
	0,25	0,70	1,20
N celkový ²¹	75,0	85,8	88,2
N amoniakální ²²	90,5	98,1	100,0
N dusičnanový ²³	18,3	66,6	72,7
Chloridy ⁵	7,8	-6,7	-4,3
Sířany ⁴	-7,8	-5,4	5,7
Ca	-1,8	5,8	28,5
Mg	-9,4	-16,3	-103,0
Na	10,1	5,1	22,3
K	60,7	86,1	93,8
Fosforečnany ³	91,7	100,0	100,0
BSK ₅	96,8	100,0	100,0
CHSK (Cr)	80,1	86,5	97,5
<i>Escherichia coli</i>	99,9	100,0	100,0

průměrné hodnoty z osmi sledování – average values from eight investigations
For 1 - 23 see Tab. I



1. Hloubka nenarušeného půdního profilu v závislosti na obsahu jílnatých částic v půdě potřebná k docílení požadovaného čistícího účinku – The depth of undisturbed soil profile in dependence on the content of clayey particles in soil required for achieving of needed purifying effect

osa x - hloubka půdního profilu (x) – x axis - depth of soil profile (x)

osa y - obsah 1. kategorie (y) – y axis - content of 1st category (y)

$$y = (a - b) \exp(-nx) + b$$

$$a = 188,55$$

$$b = 17,00$$

$$n = 14\,939,83 \cdot 10^{-4}$$

vého čistícího účinku (u BSK₅ hodnoty 92,6 %) a dobrého poutání amoniaku i fosforečnanů (tab. IV). Rovněž tento způsob je použitelný v praxi.

Všechny uvedené pokusy byly realizovány na půdách bez vegetace, proto nedochází k průběžnému odběru dusičnanů, které jsou intenzivně vyplavovány. Řadou

III. Čistící účinek půdy při drenážní závlaze mechanicky čistěnými splaškovými odpadními vodami – Purifying effect of soil during drainage irrigation by mechanically purified untreated waste waters

Složka ¹	Čistící účinek ¹⁵ (%)		
	písečná půda ¹⁶	hlinitopísečná půda ¹⁷	hlinitá půda ¹⁸
Dusičnany ²	9,10	x	x
Amoniak ⁸	96,28	99,90	98,30
CHSK (Cr)	56,82	80,88	85,20
BSK ₅	44,44	77,69	87,40
Ca	-51,66	-44,74	-115,30
Mg	-269,18	-207,65	13,30

x intenzivní vyplavování – intensive washing out

průměrné hodnoty ze dvou sledování – average values from two investigations

For 1 - 23 see Tab. I

dalších pokusů uskutečněných na půdách s vegetací, kdy dávkování odpadní vody je v souladu s odběrem dusíku rostlinami, jsme prokázali, že kontaminace podzemních vod dusičnany je minimální. K vyplavování dochází rovněž u vápníku a hořčíku, který musíme dodávat do půdy pravidelným minerálním hnojením.

Vliv závlah splaškovými odpadními vodami na kvalitu povrchových vod jsme zjišťovali na dešťovém simulátoru. Odpadní a říční vodu jsme aplikovali jeden den před přívalovou srážkou o intenzitě $2,34 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ s dobou trvání 30 min, která odpovídá přívalové srážce vyskytující se jedenkrát ročně. Dešťová voda vyplavuje z půdy znečištění, která ve formě smyvů přicházejí do vodních toků. Složení smyvů z půdních profilů udává tab. V. Z porovnání výsledků jednoznačně vyplývá, že pouze na počátku dešťového odtoku dochází k mírnému zvýšení znečištění povrchového odtoku z půd zavlažovaných odpadní vodou na rozdíl od odtoku z ploch zavlažovaných říční vodou. Toto zvýšení je minimální. Sklon svahu v daném případě byl $2,5^\circ$, půdy byly hlinité, strukturní, bez vegetace. K obdobným výsledkům jsme dospěli i při výzkumu závlahy cukrovskými odpadními vodami, kejdou a tekutými vyhnílymi kaly.

IV. Výzkum čistícího účinku svahu při přeronu a filtraci mechanicky čištěné odpadní vody –
Exploration of purifying effect of slope during flood irrigation and filtration of mechanically purified waste water

Složka ¹		Odpadní voda ¹¹	Filtrát odpadní vody ¹⁹	Čistící účinek ¹⁵ (%)
Reakce ⁶ (pH)	-	7,24	7,24	0
Na	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	46,30	14,30	69,11
K	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	15,40	1,70	88,96
Amoniak ⁸	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	47,50	1,70	96,42
Ca	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	76,20	120,00	-57,48
Mg	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	21,10	31,20	-47,87
Chloridy ⁵	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	65,00	61,00	6,15
Dusičnany ²	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	1,70	168,00	x
Fosforečnany ³	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	4,50	0,78	82,67
CHSK (Cr)	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	113,00	40,00	64,60
BSK ₅	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	27,00	2,00	92,59
Nerozpuštěné látky ⁹	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	39,00	1,00	97,44

x intenzivní vyplavování – intensive washing out

průměrné hodnoty ze tří sledování – average values from three investigations

For 1 - 23 see Tab. I

V. Složení smyvů po přivalové srážce z půdních profilů hlinitých půd zavlažovaných říční a mechanicky čištěnou odpadní vodou – Composition of washings out after storm rainfall from soil profiles of loam soils irrigated with river and mechanically purified waste water

Složka ¹		Odpadní voda ¹¹ (OV)	Říční voda ¹² (ŘV)	Smyvy ²⁰ OV (min)			Smyvy ŘV (min)		
				0 - 10	10 - 20	20 - 30	0 - 10	10 - 20	20 - 30
Reakce ⁶ (pH)		7,10	7,49	7,87	7,96	7,87	7,72	7,93	8,06
Na	g.m ⁻³	50,5	15,2	15,8	15,5	15,0	16,8	15,2	15,4
K	g.m ⁻³	17,4	1,1	2,7	2,1	1,8	1,3	1,2	1,2
Ca	g.m ⁻³	76,2	108,0	120,0	116,0	114,0	124,1	120,2	120,0
Mg	g.m ⁻³	21,2	31,3	25,1	27,1	28,4	21,7	23,8	24,3
Chloridy ⁵	g.m ⁻³	70,0	38,0	40,0	39,0	38,0	40,0	38,0	39,0
Sířany ⁴	g.m ⁻³	56,0	48,0	49,0	48,0	48,0	54,0	49,0	49,0
Fosforečnany ³	g.m ⁻³	20,6	0,15	0,24	0,28	0,32	0,12	0,11	0,08
CHSK (Cr)	g.m ⁻³	955	165	111	91	94	28	133	77
BSK ₅	g.m ⁻³	198	16	12	10	9	4	20	11
Rozpuštěné látky ¹⁰	g.m ⁻³	551	525	522	518	506	583	528	490
Nerozpuštěné látky ⁹	g.m ⁻³	24	1	109	65	59	69	27	43

For 1 - 23 see Tab. I

ZÁVĚR

Vliv závlah splaškovými odpadními vodami na kvalitu povrchových a podzemních vod závisí na řadě činitelů, které je nezbytné určit a stanovit jejich vliv na podzemní a povrchové vody. V rámci realizovaného výzkumu jsme zjistili, že při dodržení optimálních závlahových dávek a při závlaze ve vegetačním období nehrozí nebezpečí ze znečištění povrchových a podzemních vod. Nejlepší výsledky jsme docílili při závlaze o velmi nízké intenzitě (kapková závlaha), nejvhodnější jsou střední půdy písčitohlinité až hlinité. Dosažený čistící účinek vysoce převyšuje čistící účinek umělých mechanicko-biologických způsobů. Rostliny využívají z odpadní vody živiny, kterými můžeme takto nahradit značnou část průmyslových hnojiv, nezanedbatelná je i vodní hodnota a výsledný čistící účinek je velmi příznivý.

Literatura

MALÝ, M. - ŠÁLEK, J.: Výzkum hygienických a některých technických problémů závlah odpadními vodami [Závěrečná zpráva.] Brno, VUT, OHES 1970: 180 s.

ŠÁLEK, J. a kol.: Výzkum čistícího účinku půdy při zneškodňování odpadních vod a kalů. [Závěrečná zpráva.] Brno, VUT 1984: 184 s.

ŠÁLEK, J. a kol.: Závlaha odpadními vodami z venkovských sídlišť a jejich vliv na životní prostředí. [Výzkumná zpráva.] Brno, VUT 1992: 42 s.

Došlo 21. 9. 1993

ŠÁLEK, J. - ELAZIZY, I. (Institute for Water Management of Landscape, FAST Technical University, Brno):

The effect of irrigation with untreated waste waters on the quality of surface and groundwaters.

Rostl. Výr., 40, 1994 (1): 37-43.

Sewage irrigation requires necessarily the determination of the effect of waste water supplied to the field on the quality of surface and groundwaters. Within the long-term investigations accomplished on a model equipment and in the field we settled the effect of various methods of application of sewage irrigation on the quality of groundwater, as presented in Tabs I, III, IV (flooding, sprinkling, trickle irrigation, furrow irrigation, flood irrigation). The highest purifying effect, and thus also the minimum effect of groundwater was found in trickle irrigation, while in other irrigation methods the purifying effect was lower. The best purifying effect was achieved in medium-texture soils, the lowest in sandy ones. The needed depth in disturbed soil profile in dependence on the content of clayey particles for insufficient purification of waste waters, in compliance with Decree No. 171/1992 of the Collection of Laws, is illustrated on Fig. 1. A decisive purifying process takes place in the topsoil layer, in particular if it is well-permeable (softened) and microbially activated, the lower layer fulfills the function purifying, as documented by results in Tab. II. In soils irrigated with waste waters calcium and magnesium are washed away, losses are to be replaced by fertilizing. Washing away of nitrates is restricted by their continuous uptake by plants and by suitable dosing of waste water.

The effect of vegetation sewage irrigations on the quality of surface waters was settled on the rain simulator; even at the loading by 30 minute-lasting storm rainfall of an intensity $2.34 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ the composition of washing away from areas irrigated with sewage was slightly more unfavourable compared with the composition of those from areas irrigated with river water (Tab. V). It follows from the results obtained that responsibly proposed and operated sewage irrigation has no negative effect on the quality of surface and groundwaters.

Kontaktní adresa:

Prof. ing. Jan Š á l e k, CSc., Ústav vodního hospodářství krajiny, FAST VUT,
Veslařská 230, 637 00 Brno

INSTITUTE OF AGRICULTURAL AND FOOD INFORMATION

Slezská 7 CS 120 56 Praha 2 Czech Republic

Fax: (00422) 25 70 90

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

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

Periodical	Number of	
	issues per year	pages
Rostlinná výroba (Plant Production)	12	96
Veterinární medicína (Veterinary Medicine)	12	64
Živočišná výroba (Animal Production)	12	96
Zemědělská ekonomika (Agricultural Economics)	12	96
Lesnictví (Forestry)	12	96
Zemědělská technika (Agricultural Engineering)	4	80
Ochrana rostlin (Plant Protection)	4	80
Genetika a šlechtění (Genetics and Plant Breeding)	4	80
Zahradnictví (Horticultural Science)	4	80
Potravinářské vědy (Food Sciences)	6	80

MODELOVÁNÍ VÝVOJE KONCENTRACÍ DUSIČNANŮ V MALÉM ZEMĚDĚLSKÉM POVODÍ

T. Kvítek

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha

Práce se zabývá modelováním vývoje koncentrací dusičnanů z malého zemědělského povodí. Modelováním lze postihnout trend vývoje této koncentrace, její sezonní, cyklickou a reziduální složku. V této práci byl použit Box-Jenkinsův metodologický přístup. Cílem metody je dát odpověď na otázku, zda v rámci transformace zemědělské výroby dochází k nějakému vývoji kvality vody, který může být jak pozitivní ve smyslu snižování koncentrací, tak i negativní, pokud dojde k velkému útlumu hospodaření a nevyužívání pozemků. Z rozboru časové řady koncentrací dusičnanů z malého zemědělského povodí na Českomoravské vysočině vyplývá, že trend vývoje koncentrací je zatím mírně vzestupný o 0,22 mg/l za rok, a to i v roce 1993.

Kvalita vody v povodí vodní nádrže Švihov je předmětem mnoha šetření a významných sporů o příčinách zdrojů znečištění. Cílem této práce není hodnotit příčiny kontaminace vodní komponenty, ale získat představu o vývoji koncentrací dusičnanů z malého zemědělského povodí v době (V a n ě k , 1992), kdy se progresivně snížily dávky hnojiv na 1 ha zemědělské půdy na úroveň z let 1960 až 1965. Někteří odborníci jsou toho názoru, že již dochází ke zlepšování kvality vody vlivem snížené intenzity hnojení. Modelování koncentrací může být využito k upřesnění zmíněného názoru i pro posouzení změn kvality vody v rámci útlumových programů, převodů kultur.

K modelování vývoje koncentrací dusičnanů bylo využito Box-Jenkinsovy metodologie - významného nástroje statistické analýzy časových řad datových souborů. Je jisté, že pracujeme s osmiletou časovou řadou a že pro daleko přesnější určení by bylo výhodnější analyzovat delší časovou řadu. Výhoda spočívá v tom, že pracujeme s řadou, která měla doposud pouze trend zvyšování koncentrací, a vzhledem ke známým skutečnostem ve vývoji koncentrací na Želivce z dlouhodobého hlediska analyzujeme maxima zjištěných hodnot.

MATERIÁL A METODA

Základním principem analýzy časových řad je dekompozice časové řady (C i p r a , 1986). Dekompozicí lze řadu rozložit na složku trendovou, sezonní, cyklickou a náhodnou. Jiný přístup představuje Box-Jenkinsova metodologie, u níž základním prvkem, z kterého se při modelování vychází, je náhodná - reziduální složka. Vlastní statistickou metodologii velmi dobře popsal C i p r a (1986). Vývoj koncentrací byl sledován od dubna 1985, údaje použité v modelu zahrnují období do

září roku 1992 a pro období od září 1992 do května 1993 je provedena verifikace predikovaných hodnot s hodnotami naměřených koncentrací.

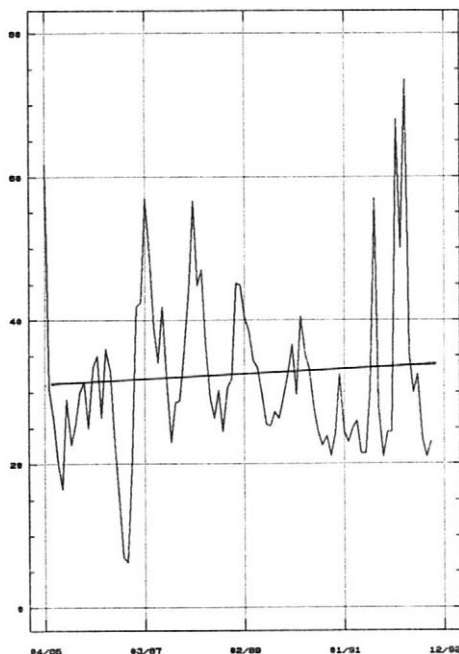
Povodí Kopaninského toku č. 1-09-02-031 je součástí povodí říčky Hejlovky (přítok Želivky) a nalézá se v okrese Pelhřimov (Pelhřimovská vrchovina). Zeměpisná poloha místa vtoku Kopaninského toku do Jankovského potoka je 49° 28' severní šířky a 15° 13' východní délky. Nadmořská výška v místě pramene Kopaninského toku je 578 m, v místě ústí toku 467 m. Klimatická oblast je označována jako mírně teplá, mírně vlhká, vrchovinová - B5. Dlouhodobý průměr srážek činí 660 mm, za vegetaci 400 mm, průměrná denní teplota vzduchu 7 °C, za vegetaci 13 °C. Geologický podklad tvoří pararula. Zemědělská oblast představuje subtyp bramborářsko-žitný. Převažující půdní typy a druhy jsou hnědá půda kyselá, v nivních polohách půdy s různými stupni oglejení. Svažitosť pozemku převažuje 2 až 5° v rozsahu až do 20°. Rozloha povodí Kopaninského toku činí 9,178 km². Podrobnější popis povodí uvádějí K v í t e k , K l í m o v á (1992).

V lesních porostech je nejvíce zastoupen smrk. Louky jsou převážně kulturní s výjimkou výskytu maloplošných mokřadů v místech pramenných vývěřů, resp. na tocích. Louky v nižších polohách jsou v některých případech odvodněny.

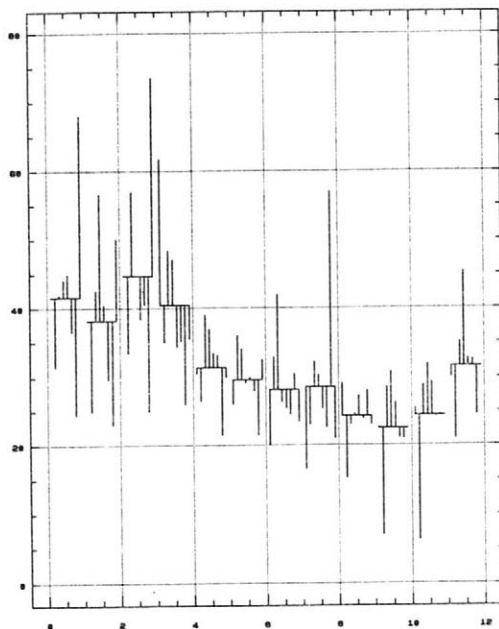
Orná půda je intenzivně obhospodařována (při významném podílu odvodnění drenáží). Převažují půdy střední až lehké zrnitosti, v nivních polohách s vyšším obsahem jílnatých částí s velkou heterogenitou výskytu. Ve svahových polohách se půdy vyznačují dobrou propustností, v údolních polohách bývá propustnost snížena ve vrchních horizontech. Případná ulehlost hlubších vrstev vede k nepříznivé pórovitosti a snižuje infiltrační schopnost půdy a vodovzdušné poměry. Půdy jsou převážně kyselé, slabě sorpčně nasycené a jen v drnové vrstvě luk s vysokým obsahem humusu. Obsah vápníku a draslíku v půdě je normální, fosforu nízký, obsah železa v nivních lučních polohách je zvýšen. Orná půda zaujímá území hlavně na obvodu povodí ve výše položených lokalitách. Odběry vzorků probíhaly ve 14denních intervalech od dubna 1985.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Pro formulování odpovědí na uvedené cíle řešení lze použít stochastický přístup, u kterého lze dobře eliminovat trendovou a sezonní složku. Trend byl popsán vztahem $y = 31,1492 + 0,0184T$, kde T je souřadnice osy x (měsíce). Popsaná rovnice naznačuje mírné zvyšování koncentrace dusičnanů o 0,22 mg/l za rok (obr. 1). Zvýšení hodnot o 0,22 mg/l za rok svědčí o stabilitě zemědělské výroby v povodí i o celkové stabilitě ekosystému na určité hladině kontaminace vod. Celkem malé zvyšování hodnot koncentrace dusičnanů může mít souvislost s pravidelným poklesem hodnot C_{ox} v oblasti Vysočiny, jak to dokumentuje Č í ž e k (1992). Z dlouhodobého hlediska v naznačeném zpracování nelze s určitostí vyjádřit vliv hydrotermických podmínek, které výrazně podmiňují kolísání hodnot koncentrace dusičnanů během jednotlivých ročníků. Extrémní koncentrace dusičnanů jsou dosahovány i ve vegetačním období jednotlivých let (srpen 1991). Naproti tomu při nejvyšší průměrné koncentraci dusičnanů v měsíci březnu (inflexní bod maximum)



1. Časový průběh koncentrací iontu NO_3^- s trendovou složkou $y = 31,1492 + 0,0184T$ – Time course of ion NO_3^- concentration with the trend component $y = 31,1492 + 0,0184T$
osa x - interval 1 měsíc - x axis - interval 1 month

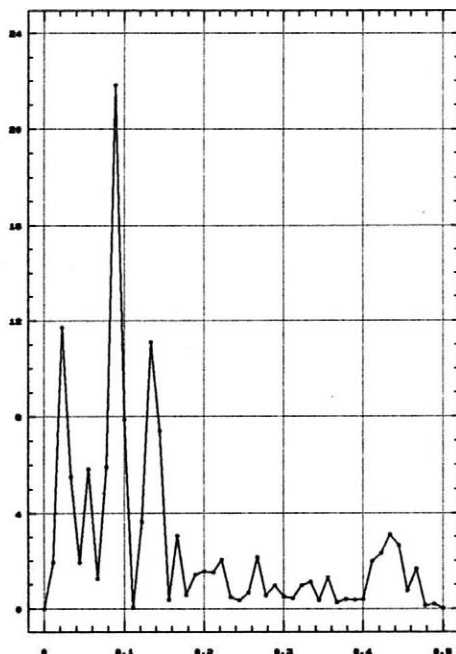


2. Sezonní změna koncentrací iontu NO_3^- (průměr, max, min) – Seasonal change in ion NO_3^- concentrations (average, max, min)
osa x - měsíce - x axis - months

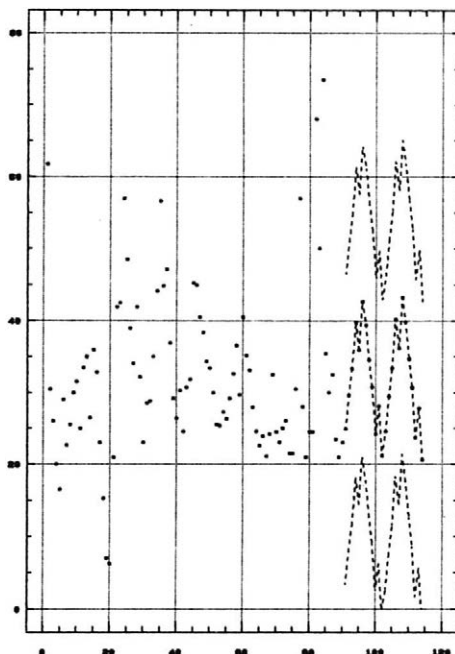
Vysvětlivky k obr. 1, 2, 4, 5 - Explanations to Figs 1, 2, 4, 5:
osa y - koncentrace (mg/l) - y axis - concentration (mg/l)

jsou dosahovány minimální hodnoty na úrovni 25 mg/l (obr. 2). Zpracovaná sezonní změna koncentrací ukazuje sinusoidní průběh koncentrací dusičnanů. Maximální hodnoty byly dosaženy v březnu, minimální v říjnu. V únoru je zřejmý zřetelný pokles hodnot a v srpnu mírný nárůst (tzv. zimní minimum a letní maximum). Nejmenší rozptyly hodnot mají květen, červen, září. Nejvyšších průměrných měsíčních hodnot koncentrací dusičnanů bylo dosaženo v lednu a březnu roku 1992. I z tohoto pohledu není namístě optimismus, že již dochází ke zlepšování kvality vody.

Jinou metodou zpracování dat je Box-Jenkinsův přístup. Toto modelování časových řad bere za základ reziduální složku, která je tvořena korelovanými náhodnými veličinami. Námi navržený model SARIMA (1, 0, 1) zahrnuje model klouzavých součtů řádu 1, autoregresní model řádu 1; model je sezonní s délkou 12 měsíců. Řády modelu byly navrženy na základě odhadu autokorelačního koeficientu r_k a periodogramu (obr. 3), kde se velmi zřetelně projevila sinusoidní amplituda s píky o době trvání 11,6 měsíce, která je nejvýznamnější, dále amplituda čtyřroční a stejně významná amplituda 7,5měsíční.



3. Periodogram koncentrací iontu NO_3^- – Periodogramme of ion NO_3^- concentrations
osa x - frekvence - x axis - frequency



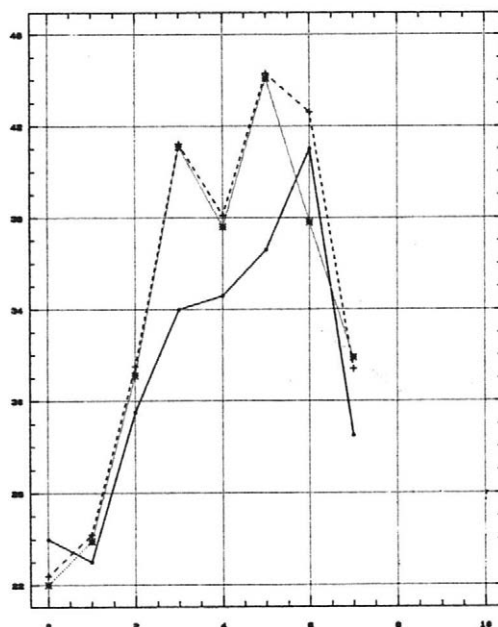
4. Předpověď koncentrací iontu NO_3^- od října 1992 do září 1995 – Prediction of ion NO_3^- concentrations from October 1992 to September 1995
osa x - interval 1 měsíc od dubna 1985 do září 1992 - x axis - interval 1 month from April 1985 to September 1992

Pro předpověď hodnot koncentrací dusičnanů byl použit model SARIMA (obr. 4) s těmito parametry:

Parametr	Odhad	Hladina významnosti
SAR (12)	1,16684	0,0000
SMA (12)	1,04178	0,0005
Průměr	32,09229	0,0000
Konstanta	-5,35437	

Odhad bílého šumu je tvořen střední chybou rovnou 0 a směrodatnou odchylkou rovnou 11,0666. Chi-square test potvrdil, že prvních 20 reziduálních autokorelací je tvořeno bílým šumem s pravděpodobností $1,42524\text{E}-3$. Model je vyjádřen touto rovnicí:

$$(y_t - 32,09229) + 1,16684 \cdot (y_{t-12} - 32,09229) = -5,35437 + e_t + 1,04178 \cdot e_{t-12}$$



5. Průběh skutečných a předpověděných hodnot koncentrací iontu NO_3^- – The course of actual and predicted values of ion NO_3^- concentrations

—■— skutečné hodnoty - actual values
 - - + - - model ARMA - ARMA model
 . . * . . dlouhodobý model - long-time model
 osa x - měsíce od října 1992 do března 1993 -
 x axis - months from October 1992 to May 1993

Na základě tohoto modelu bylo možné porovnat očekávaný vývoj koncentrací dusičnanů v povodí se skutečnými změnami koncentrací. Tento model lze použít pro predikci jen o málo kroků dopředu (tři roky), neboť modely ARMA jsou modely s tzv. krátkou pamětí a po určité době je nejlepším odhadem aritmetický průměr. Pro krátký časový úsek je použití modelu významným nástrojem a v předpovědi může velmi pomoci. Jarůšková (1992) navrhla řešení, které odstraňuje tzv. krátkou paměť. Provede se nejdříve rozklad na průměr, sezonní komponentu a chybovou složku $x_t = \mu + sez_t + v_t$ a pomocí Box-Jenkinsova přístupu se chybová složka vyjádří jako $v_t = a \cdot v_{t-1} + e_t$, kde e_t je bílý šum.

Výsledná předpověď je provedena do roku 2002. Porovnání skutečných (naměřených) hodnot s oběma modely je zachyceno v obr. 5 a v tomto přehledu:

Měsíc/rok	10/92	11/92	12/92	1/93	2/93	3/93	4/93	5/93
Naměřené hodnoty	24,0	23,0	29,5	34,0	34,6	36,6	41,0	28,5
Model ARIMA	22,4	24,2	31,5	41,2	38,1	44,3	42,6	31,4
Dlouhodobý model	22,0	23,9	31,1	41,1	37,6	44,1	37,8	31,9

Shoda hodnot není dokonalá, jak prokazují provedené testy významnosti na hladině 0,05, také však proto, že je porovnáváno pouze osm měsíčních předpovědí. Přesto je možné konstatovat, že rozdíly koncentrací dusičnanů mezi naměřenými hodnotami a skutečností nepřesahují hodnotu 8 mg/l, ve většině případů se rozdíly pohybují mezi 2,0 až 3,0 mg/l. Nesoulad hodnot se projevuje především v měsících s výrazným kolísáním hodnot (prosinec a březen). Dosažené výsledky ukazují, že

model bude moci být využit k naznačeným cílům řešení, bude nutné jej v budoucnu však dále upřesňovat v závislosti na délce časové řady koncentrací dusičnanů.

Literatura

CIPRA, T.: Analýza časových řad s aplikací v ekonomii. Praha, SNTL/ALFA 1986.

ČÍŽEK, V. et al.: Přeměny organické hmoty v půdách povodí vodárenské nádrže Švihov. [Závěrečná zpráva.] Zbraslav, VÚMOP 1992.

JARŮŠKOVÁ, D.: Písemné sdělení. 1992.

KVÍTEK, T. - KLÍMOVÁ, P.: Kvalita vody v povodí Kopaninského toku. Vliv regulační drenáže na kvalitu vody v povodí Želivky. [Závěrečná zpráva.] Praha-Zbraslav, VÚMOP 1992.

VANĚK, V.: Výživa rostlin a použití hnojiv v ČR. Zprav. Českoslov. Spol. Věd. zeměd. lesn. veter. potrav. Praha, VŠZ 1992 (2).

Došlo 21. 9. 1993

KVÍTEK, T. (Research Institute for Soil and Water Conservation, Praha):

Methods of nitrate concentration forecasting within attenuation programmes.

Rostl. Výr., 40, 1994 (1): 45-51.

The quality of water in the watershed of the water storage reservoir Švihov is subject to many investigations and disputes of consequence concerning causes and sources of contamination. The goal of this paper is not to evaluate the causes of contamination of the water component, but to get a view how the nitrate concentration in the small watershed was developing since the time the doses of fertilizers were progressively lowered. Some specialists suggest this improving water quality to be already due to the lowered intensity of fertilization. To precise the above meaning, as well as to evaluate programmes of attenuation and of culture transfer, concentration modelling may be used.

For the modelling how nitrate concentration is developing, the Box-Jenkins methodology was applied. The concentration development in the watershed closure of the Kopanina stream has been investigated since April 1985. The dates used in the model include the period to September 1992 and for the period starting from September 1992 to May 1993 the predicted values were verified by help of the measured concentrations.

The watershed of the Kopanina stream No 1-09-02-031 is a part of the watershed of the small river Hejlovka (a tributary of the Želivka river) and is situated in the Pelhřimov district (highlands of Pelhřimov).

To formulate the answer to the above-mentioned goals of solution a stochastic approach may be used, in which both components, the one of trend and the seasonal one, may be eliminated well. The trend was described by the following relation $y = 31.1492 + 0.0184T$, where T represents the coordinate of the x axis (the month). The given equation indicates the moderately increasing concentrations of nitrates by 0.22 mg/l per year (Fig. 1).

Another method of data processing used is the Box-Jenkins approach. This method of time series modelling takes as basis the residual component, constituted here by correlated random magnitudes.

The model SARIMA we proposed (1, 0, 1), includes the model of sliding sums of the order 1, and an autoregressive model of the same order 1. The model is of seasonal character, its length being 12 months. The orders of the model were put forward as based on the estimated autocorrelative coefficient r_k and on a periodogramme, where a very distinctive sinusoid amplitude with peaks of a duration of 11.6 months, being the most significant one (Fig. 3), a four-year and an equally significant 7.5-months' amplitudes appeared.

Based upon this model it was possible to compare the expected development of the nitrate concentration in the watershed with the factual changes of concentration. This model may be used to predict only a few steps forward (three years), because the models ARMA are models with so-called short memory, after a certain time the best estimation being the arithmetical mean. When used for a short time section, the application of the model may represent a very important implement and can be of very good help in predicting (Fig. 4). J a r ů š k o v á (1992) proposed a solution eliminating the so-called short memory. First of all, a distribution into the seasonal component, the average and the error-component is to be done as follows: $x_t = \mu + sez_t + v_t$ and then by means of the Box-Jenkins approach the error component will be expressed as $v_t = a \cdot v_{t-1} + e_t$, where e_t is the white noise.

The resulting forecast has been worked out to the year 2002. As tests of significance at 0.05-level demonstrate, the correspondence is not perfect, this being due also to the fact, that only eight monthly predictions have been compared. Nevertheless, it may be stated that the differences in nitrate concentrations between the measured and the actual values do not exceed 8 mg/l, in most cases being within the range of 2.0 to 3.0 mg/l.

The values achieved indicate that, as suggested, the model will be apt for being used to the aimed solution of the problem and that in the future its precision should continue in dependence on the time series of nitrate concentrations.

Kontaktní adresa:

Ing. Tomáš K v í t e k , CSc., Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Žabovřeská 250,
156 27 Praha 5-Zbraslav

POKYNY PRO AUTORY VĚDECKÉHO ČASOPISU ROSTLINNÁ VÝROBA

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

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

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

Rozsah vědeckých prací nemá přesáhnout 10 stran psaných na stroji včetně tabulek, obrázků a grafů. V práci je nutné používat jednotky odpovídající soustavě měrových jednotek SI (ČSN 01 1300).

Vlastní úprava rukopisu má odpovídat státní normě ČSN 88 0220 (formát A4, 30 řádek na stránku, 60 úhozů na řádku, mezi řádky dvojité mezery). Tabulky, grafy a fotografie se dodávají zvlášť, nepodlepují se. Na všechny přílohy musí být odkazy v textu.

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

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

Rozšířený souhrn je uveřejňován v angličtině, měly by v něm být v rozsahu cca 2 strojopisných stran komentovány výsledky práce, uvedeny odkazy na tabulky a obrázky, popř. na nejdůležitější literární citace. Je možné jej dodat česky, resp. slovensky jako podklad pro anglický překlad.

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

Literární přehled má být krátký, je třeba uvádět pouze citace mající úzký vztah k problému. Doporučuje se co nejnížší počet citovaných autorů.

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

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

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

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

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

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

PROBLEMATIKA EROZNÍCH PROCESŮ NA PŘEVÝŠENÝCH VÝSYPKÁCH SEVEROČESKÉHO HNĚDOUHELNÉHO REVÍRU

P. Čermák¹, J. Váška², V. Kuráz²

¹Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha

²České vysoké učení technické, Stavební fakulta, Praha

Na Radovesické výsypce byly testovány odlišné výsypkové zeminy používané k sypání převýšených výsypek a k následným rekultivačním účelům. Hodnocení sestávalo z výsledků měření erozního sedimentu zachyceného do retenčních nádrží a zhodnocení vlivu účinku vyšších intenzit srážek na časový průběh erozního procesu při použití simulátoru deště. K návrhu technických parametrů svahů výsypkového tělesa byl použit matematický model SMODERP, založený na hodnocení hydrauliky povrchového odtoku.

V současnosti je zpracováno a vyhodnoceno jak pro zahraničí, tak pro podmínky ČR velké množství experimentálních měření hodnotících erozní procesy vlivem povrchového odtoku vody. Byly otestovány a v současnosti jsou již využívány různé predikční metody vlivu přívalových srážek, především na erozi geneticky klasifikovatelných zemědělských půd. I po zhodnocení těchto dostupných informací je zřejmé, že pro rekultivační praxi v Severočeském hnědouhelném revíru zůstává řada problémů nevyřešena vzhledem k často rozdílným hydropedologickým vlastnostem používaných substrátů k sypání převýšených výsypek a následným rekultivačním účelům, které se ve většině případů značně odlišují od humózních horizontů rostlých půd. Dosud nebyla tato problematika pro podmínky převýšených výsypek v ČR řešena. Neobjektivnost jednoznačného srovnání výsypkových zemín s půdami geneticky vyvinutými při stejných zrnitostních charakteristikách vychází z rozdílných fyzikálních vlastností (nevyvinutá struktura, hydrofilnost, obsah uhelných příměsí, rozdílné infiltrační parametry). Problematické je též např. porovnání rostlých půd nejtěžší zrnitostní skladby s šedými jíly používanými v tomto regionu pro přímou lesnickou rekultivaci (odlišný systém makropuklin vznikajících při objemových změnách, všesměrná, dlouhodobě nestabilní lístkovitá až břídlíčnatá struktura těchto materiálů).

Neméně důležitá je i otázka stanovení optimálních délek svahů výsypek s cílem minimalizovat případná rizika vzniku výraznějších erozních destrukčních procesů tohoto nově vytvářeného půdního profilu.

MATERIÁL A METODA

Metodický postup hodnocení vycházel z využití nejrizikovějšího, pro praxi projektovaného sklonu svahu výsypkového tělesa v poměru 1 : 4 (25 %) o celkové délce

40 m bez terénního přerušení protierozní lavicí, eventuálně odvodňovacím příkopem. Pro uvedený sklon svahu a každý hodnocený výsypkový substrát byla zvolena dvě opakování. K experimentu byly využity čtyři základní výsypkové zeminy, charakterizující nejčastěji se vyskytující rozdílnou zrnitostní skladbu výsypkových materiálů (sypaný povrch výsypky z nadložních řezů, slíny, ornice, spraše). Převrstvení těmito zeminami bylo realizováno o celkové mocnosti 0,4 až 0,5 m. Šířka dílčích experimentálních ploch činila 3,2 m, délka 40 m, plochy byly navzájem od sebe odděleny fóliemi PVC.

Povrchový odtok byl jímán do laminátových nádrží o objemu 0,5 m³. Pro evidenci intenzity a celkového množství srážek byl na sledované lokalitě umístěn srážkoměr a ombrograf.

Vzhledem k tomu, že tento zvolený postup hodnocení účinků vodní eroze je velmi pasivní, závislý především na průběhu srážek, byl experiment doplněn o hodnocení erozních procesů založených na simulaci srážek o vyšších intenzitách. Tento postup lze považovat za velmi progresivní a z hlediska vynaložených ekonomických nákladů za velmi efektivní. Umožňuje zachycení detailního časového průběhu erozního odtoku včetně vyhodnocení okamžitých změn ve fyzikálních vlastnostech hodnocených zemin, což u předchozího metodického postupu není prakticky proveditelné.

Metoda numerického řešení vodní eroze je založena na hodnocení hydrauliky povrchového odtoku a stanovení charakteristik, které ovlivňují uvolňování půdních částic z povrchu půdy a jejich následný transport z povodí.

Model simuluje srážkoodtokové vztahy a erozní procesy z návrhové srážky proměnné intenzity se zvolenou pravděpodobností výskytu. Je využitelný pro plochy do velikosti 1 km² a je tvořen hydrologickým submodelem a submodelem erozního procesu.

Jako návrhová přívalová srážka, erozně aktivní, byla zvolena přívalová srážka o době trvání 60 min s pravděpodobností výskytu $p = 0,5; 0,2; 0,1$ a $0,2$ s průměrnou intenzitou $0,30; 0,43; 0,52$ a $0,60 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$. Přípustné délky svahů byly stanoveny pro sklony v rozmezí 10 až 26 % (po 2 %).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Hodnocení protierozní odolnosti testovaných zemin na podkladě zachyceného sedimentu v retenčních nádržích a při simulaci srážek o vyšší intenzitě

V roce 1992 bylo do retenčních nádrží zachyceno celkem pět smyvů vyvolaných srážkami z několika intenzit s výskytem jejich průběhu ve většině případů do 24 h, maximálně do 48 h. Srážka a intenzitě $10 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ nebyla v hodnoceném období zaznamenána. Všechny hodnocené srážky se vyskytovaly do maximální intenzity $9 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$, přičemž rozhodující podíl srážek byl zaznamenán v rozmezí 0,5 až $4,5 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$.

Hodnotíme-li testované výsypkové zeminy při těchto intenzitách srážek, pak nejvýraznější protierozní účinky vykazuje ornice, u níž nebyl v žádném hodnoceném termínu zaznamenán erozní smyv. Spraše a slíny mají při těchto intenzitách srážek obdobné protierozní vlastnosti. U spraší byl vyhodnocen obsah erozního sedimentu

v odtoku (hodnoceno jako sušina v $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$) v rozmezí 5,4 až 10,9 a u slínů od 3,7 do 9,5. Výrazně nejhorší protierozní účinky byly zaznamenány u výsypkových substrátů skrývaných nadložních řezů, využívaných v následném technologickém procesu k sypání převyšovaných výsypek. Na tomto substrátu byl vyhodnocen celkový obsah erozního sedimentu v odtoku (sušina) v rozmezí 11,8 až 17,1 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Za základ pro hodnocení protierozních vlastností výsypkových zemín při simulaci srážek o vyšší intenzitě bylo použito výsledků měření z dílčího průběhu účinků srážky po dobu 1 h jejího trvání.

Nejvýraznější protierozní vlastnosti při simulaci intenzity srážky do 20 $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ byly vyhodnoceny jako u malých intenzit srážek u ornice. V překryvu s použitím slínů byl zaznamenán erozní smyv již v 7. min trvání této intenzity srážky. Časový průběh obsahu sušiny v sedimentu a celkový odtok je zachycen na obr. 1 a 2. Při trvání této srážky po dobu 1 h je možno uvažovat o následném transportu erozního sedimentu v odtoku (sušina) z povodí o celkovém objemu 8,7 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ s celkovým odtokem 7,8 $\text{mm} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$.

Specifické vlastnosti, co se týká protierozní odolnosti, vykazují spraše. Zatímco u malých intenzit srážek je erozní smyv porovnatelný např. se slínů, u této intenzity srážky jsou vyhodnocené hodnoty erozního smyvu (sušina) odlišné. Odtok z povodí byl zaznamenán až ve 27. min srážky, ale s výrazným nárůstem sedimentu v hodnocených časových intervalech. Celkový odtok z povodí je charakterizován u těchto hornin hodnotou 1,4 $\text{mm} \cdot \text{m}^{-2}$ a transport erozního sedimentu v odtoku (sušina) hodnotou 1,2 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

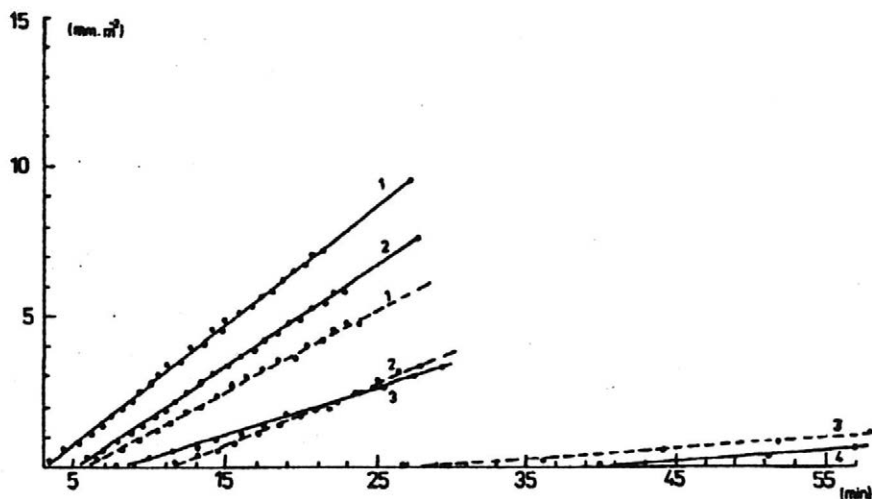
Nejmenší protierozní odolnost stejně jako u malých intenzit vykazuje původní povrch výsypky. Odtok erozního smyvu nastává již ve 3. min působení této srážky s celkovým odtokem po dobu 1 h trvání srážky 13,5 $\text{mm} \cdot \text{m}^{-2}$ a následným transportem erozního sedimentu v odtoku (sušina) z povodí v množství 15,2 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Hodnotíme-li protierozní vlastnosti výsypkových zemín při simulaci srážek o intenzitě do 40 $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$, pak opět nejvýraznější odolnost vykazuje ornice. Odtok erozního smyvu byl zaznamenán až ve 40. min trvání srážky při vyhodnoceném odtoku z povodí 0,9 $\text{mm} \cdot \text{m}^{-2}$ a transportu erozního sedimentu v odtoku (sušina) 0,8 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ do 1 h působení této intenzity srážky.

U překryvu povrchu výsypky slínů nastává odtok ve 4. min trvání srážky při transportu erozního sedimentu v odtoku (sušina) z povodí v množství 16,5 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ a celkovém odtoku 12,9 $\text{mm} \cdot \text{m}^{-2}$.

U sypaného povrchu výsypky došlo k odtoku z povodí již koncem 2. min trvání srážky s vyhodnoceným odtokem 16,4 $\text{mm} \cdot \text{m}^{-2}$ a transportem erozního sedimentu v odtoku (sušina) z povodí v objemu 20,7 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Nejmenší protierozní odolnost při této intenzitě srážky byla zaznamenána u spraše. I když odtok u této varianty půdní úpravy povrchu výsypky začal až v 5. min trvání srážky, jsou následné obsahy sušiny v erozním smyvu v hodnocených časových intervalech v průměru až o 350 % vyšší oproti ostatním hodnoceným zemínám, přičemž následný transport erozního sedimentu v odtoku (sušina) z povodí lze charakterizovat celkovým objemem 23 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$, ale při odtoku jen 7,0 $\text{mm} \cdot \text{m}^{-2}$ za časový interval 1 h trvání intenzity srážky.



1. Odtok z povodí v hodnocených časových intervalech – Runoff from river basins in evaluated time intervals

----- simulace srážky o intenzitě 20 mm·h⁻¹ – simulation of rainfall intensity of 20 mm·h⁻¹

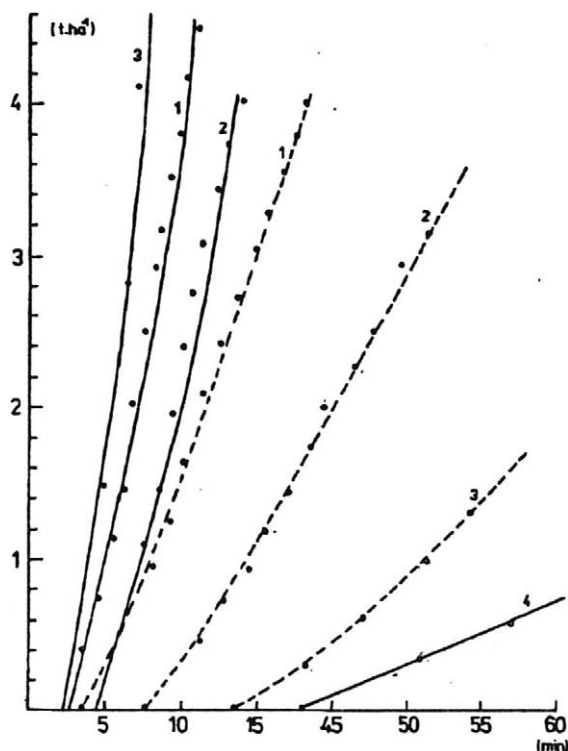
———— simulace srážky o intenzitě 40 mm·h⁻¹ – simulation of rainfall intensity of 40 mm·h⁻¹

1. sypaný povrch výsypky – dump surface of dumping area

3. spraš – loess

2. slín – marl

4. ornice – topsoil



2. Závislost obsahu rozpuštěných a nerozpuštěných látek v odtoku na časovém průběhu srážky – Dependence of solved and unsolved substances in runoff on the time course of rainfall

- - - simulace srážky o intenzitě 20 mm·h⁻¹ – simulation of rainfall intensity of 20 mm·h⁻¹

———— simulace srážky o intenzitě 40 mm·h⁻¹ – simulation of rainfall intensity of 40 mm·h⁻¹

1. sypaný povrch výsypky – dump surface of dumping area

2. slín – marl

3. spraš – loess

4. ornice – topsoil

Značná pozornost hodnocení erozních účinků na výsypkách s možnostmi jejich eliminace je věnována v zahraničí v USA. B a r f i e l d et al. (1988) testují pomocí dešťového simulátoru procesy eroze v závislosti na postupném slehávání zemin. Z výsledků měření odvozují subfaktory pokryvu pro univerzální rovnici půdních ztrát v závislosti na čase a objemové hmotnosti půdy. S c h r o e d e r (1987) při hodnocení vlivu sklonů svahů na erozi půdy vyvolanou pomocí simulátoru deště posuzuje různé úpravy povrchu a porovnává funkci sklonu svahu s odhady podle univerzální rovnice půdních ztrát. Obdobnou problematiku účinku sklonu svahu na erozi výsypkových zemin řeší H a h n (1985). V SRN se problematikou vegetační ochrany před erozí a jejím vlivem na mechanickou stabilitu svahů výsypek zabývá P i e l (1983).

Numerické modelové řešení vodní eroze

Vstupní parametry modelu SMODERP pro výpočet přípustné délky svahu i modelová návrhová přivalová srážka byly určeny pro meteorologickou stanici Bílina. K jejímu zhotovení byly použity podle Gumbelovy statistiky extrémů hodnoty maximálních denních srážkových úhrnů (tab. I). Jejich redukce na srážkové úhrny kratší doby trvání byla provedena pomocí součinitelů doporučených ČHMÚ.

I. Hodnoty maximálních denních srážkových úhrnů (mm) – Values of maximum daily rainfall sums (mm)

Pravděpodobnost výskytu ¹	0,5	0,2	0,1	0,02
Bílina	30,4	42,7	50,7	69,1

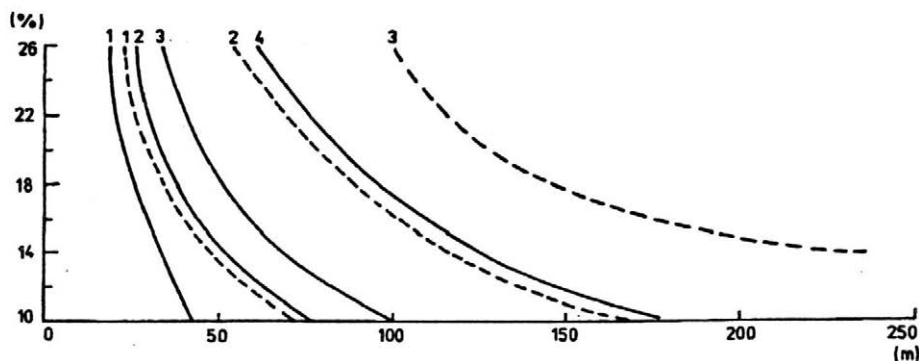
¹probability of occurrence

Základními infiltračními charakteristikami potřebnými pro aplikaci modelu SMODERP jsou hodnoty součinitele hydraulické vodivosti (K_{fs}) a sorptivity (S) podle výpočtu průběhu infiltrace J. R. Philipa. (Sorptivita S je parametr infiltrační Philipovy rovnice funkčně závislý na vlhkosti; vyjadřuje sací schopnost půdy.) Pro terénní stanovení hydraulických charakteristik byla zvolena metoda Guelphského permeamtru. Odhad např. hydraulických parametrů ze zrnitosti používaný v modelu pro zemědělské půdy je v tomto případě nepřijatelný.

Výsledky terénního stanovení součinitele hydraulické vodivosti a sorptivity, které byly použity jako vstupní údaje pro řešení přípustných délek svahů:

- varianta 1: sypaný povrch výsypky $K_{fs} = 0,0002 \text{ cm.min}^{-1}$
 $S = 0,0249 \text{ cm.min}^{-0,5}$
- varianta 2: ornice $K_{fs} = 0,0176 \text{ cm.min}^{-1}$
 $S = 0,2347 \text{ cm.min}^{-0,5}$
- varianta 3: slíny $K_{fs} = 0,0043 \text{ cm.min}^{-1}$
 $S = 0,1154 \text{ cm.min}^{-0,5}$
- varianta 4: spraše $K_{fs} = 0,0022 \text{ cm.min}^{-1}$
 $S = 0,0813 \text{ cm.min}^{-0,5}$

Retence půdního povrchu byla vzhledem ke značné sklonitosti povrchu výsypky uvažována hodnotou 1 mm. Ostatní vstupní údaje představoval Manningův součinitel drsnosti pro povrchový odtok ($n = 0,035$). Výpočet přípustných délek představující morfologické údaje byl proveden pro sklony v rozmezí 10 až 26 %. Stanovení přípustných délek svahů je znázorněno na obr. 3, na kterém je zobrazena optimální a nejméně vhodná varianta.



3. Navržené přípustné délky svahu výsypkového tělesa modelem SMODERP – Proposed admissible lengths of slope of waste dump body by the model SMODERP

— sypaný povrch výsypky – dump surface of dumping area

--- převrstvení omicí – landfilling by topsoil

osa x - délka – x axis - length

osa y - sklon – y axis - gradient

1. $p = 0,2$ 3. $p = 0,2$

2. $p = 0,1$ 4. $p = 0,5$

Fyzikální vlastnosti hodnocených výsypkových zemin

Rozhodující charakteristikou, která předurčuje potenciální odolnost půdních částic proti destrukčnímu účinku dešťových kapek, jsou fyzikální vlastnosti testovaných výsypkových zemin. Tyto vlastnosti pak rozhodujícím způsobem ovlivňují množství a časový průběh probíhajícího erozního procesu. Hodnocené fyzikální vlastnosti zemin jsou uvedeny v tab. II. Zrnitostní složení výsypkových zemin udává tab. III.

ZÁVĚR

Z hodnocení protierozní odolnosti výsypkových zemin při malých intenzitách srážek vyplývá, že nejvýraznější protierozní vlastnosti vykazuje ornice, u níž nebyl zachycen žádný erozní smyv. Velmi podobné účinky má při těchto intenzitách srážek slín a sprašové hlíny. Za nejméně příznivý půdní substrát lze považovat původní

II. Fyzikální vlastnosti hodnocených výsypkových zemin v půdním profilu 0 až 0,1 m – Physical properties of evaluated dump earths in soil profile 0 to 0.1 m

Výsypková zemina	Momentální vlhkost ¹⁰ (% obj.)	Maximální kapi- lární kapacita (% obj.)	Měrná hmotnost ⁴ (g)	Objemová hmot- nost redukovaná ⁵ (g)	Pórovitost ⁶ (%)	Momentální vzdušnost (% obj.)	Minimální vzdušná kapacita ⁸ (% obj.)	Nasáklivost ⁹ (% obj.)
Stav před simulací ¹¹ (srážky ¹³)								
1	6,5	35,0	2,68	1,45	45,98	39,5	11,0	38,3
2	8,1	27,7	2,74	1,42	48,27	40,2	20,6	39,6
3	11,3	31,7	2,70	1,31	51,59	40,3	19,9	44,3
4	7,3	34,8	2,64	1,18	55,41	48,6	20,7	41,7
Stav po simulaci ¹² (srážky o intenzitě ¹⁴ 20 mm.h ⁻¹)								
1	14,9	18,7	2,66	1,45	45,58	30,75	26,9	19,2
2	18,4	22,0	2,72	1,44	46,96	26,7	25,1	23,5
3	34,7	35,9	2,70	1,54	43,04	3,4	7,2	37,2
4	bez vyhodnocení smyvu ¹⁵							
Stav po simulaci (srážky o intenzitě 40 mm.h ⁻¹)								
1	10,4	17,0	2,67	1,48	44,76	32,9	27,8	17,9
2	20,9	29,6	2,72	1,49	45,06	24,6	15,9	33,8
3	31,1	32,0	2,69	1,40	47,86	13,8	15,9	32,7
4	38,2	39,4	2,65	1,46	44,80	2,8	5,6	44,0

1 = sypaný povrch výsypky – dump surface of dumping area

2 = slín – marl

3 = spraš – loess

4 = ornice – topsoil

¹dump earth, ²momentary moisture, ³maximum capillary capacity, ⁴specific weight, ⁵reduced volume weight, ⁶porosity, ⁷momentary aeration, ⁸minimum air capacity, ⁹absorptivity, ¹⁰% of volume, ¹¹state before simulation, ¹²state after simulation, ¹³rainfalls, ¹⁴rainfalls of intensity, ¹⁵without evaluation of erosion

sypaný povrch výsypky, u které celkový erozní smyv dosáhl hodnoty 66,8 t.ha⁻¹ (sušiny).

Hodnocení protierozní odolnosti zemin při simulaci srážek o intenzitě 20 mm.h⁻¹ prokázalo, že nejprůzračnější protierozní vlastnosti vykazuje opět ornice. Sprašové hlíny lze hodnotit obdobně pouze do 20. min působení srážky, pak celkový erozní smyv začíná výrazně narůstat a ke konci 1 h působení této srážky se charakteristikou celkového obsahu erozního smyvu v odtoku začíná přibližovat dynamice erozního smyvu na sypaném povrchu výsypky. Slíny vykazují poměrně nejvyrovnanější př-

III. Zmitostní složení výsypkových zemin v půdním profilu 0 až 0,2 m – Soil texture composition of waste dump earths in the soil profile 0 to 0.2 m

Zemina ¹	Zmitostní kategorie ² (%)				klasifikace ⁷
	0,01	0,01 - 0,05	0,05 - 0,1	0,1	
Sypaný povrch výsypky ³	22,22	11,14	22,04	44,60	písčito-hlinitá ⁸
Ornice ⁴	54,64	22,94	5,22	17,20	jílovito-hlinitá ⁹
Spraš ⁵	47,02	20,62	6,22	26,14	jílovito-hlinitá
Slín ⁶	70,06	12,44	12,12	5,38	jílovitá ¹⁰

¹ earth, ² soil texture category, ³ dump surface of dumping area, ⁴ topsoil, ⁵ loess, ⁶ marl, ⁷ classification, ⁸ sandy loam, ⁹ clay loam, ¹⁰ clay soil

růst, eventuálně pokles obsahu sušiny v odtoku mezi hodnocenými časovými intervaly zachyceného erozního procesu.

Při simulaci srážek o intenzitě 40 mm.h⁻¹ vykazovala opět největší protierozní odolnost ornice, u níž odtok z povodí byl podchycen až ve 40. min trvání srážky s celkovým odtokem 0,9 mm.m⁻². Zcela odlišně lze hodnotit průběh erozního smyvu u spraší, u kterých sice interval hodnocení stejného objemu odtoku je kromě ornice nejdelší ze všech testovaných zemin, ale obsah sušiny v odtoku několikanásobně převyšuje stanovené obsahy u ostatních zemin, přičemž celkový odtok z povodí činí pouze 7,0 mm.m⁻² oproti např. původnímu povrchu výsypky, u kterého byl odtok zaznamenán již ve výši 16,4 mm.m⁻².

Z podkladů numerického modelového řešení vodní eroze SMODERP vyplývá, že z protierozního hlediska se jako nejvhodnější ukazuje varianta 2 (překrytí ornice). Varianta 3 (překrytí slíny) vyhovuje pro vysoké pravděpodobnosti výskytu návrhové srážky (do $p = 0,2$), zatímco pro malé pravděpodobnosti ($p = 0,1$ a $0,2$) se protierozní odolnost této varianty přibližuje nízké odolnosti sypaného povrchu výsypky. Varianta 4 (překrytí spraší) se z protierozního hlediska zdá jako nejméně vhodná, neboť její protierozní odolnost je téměř pro všechny pravděpodobnosti výskytu návrhové srážky totožná s protierozní odolností původního povrchu výsypky.

Na podkladě stanovených fyzikálních charakteristik lze hodnotit za nejméně vhodný sypaný povrch výsypky z nadložních řezů. Dynamika vlhkostních změn tohoto půdního horizontu (0 až 10 cm) je výrazně ovlivňována heterogeností substrátu s nesteromným zastoupením převažujícího podílu odlišných jílových minerálů, které ovlivňují hydrofilnost tohoto povrchového horizontu. Příznivější fyzikální vlastnosti vykazují slíny a spraše. U těchto zemin působí z hlediska infiltračních vlastností povrchového horizontu negativně faktor téměř nulového obsahu humusu a nevyvinuté struktury půdy, zřejmý zejména při srážkách o vyšší intenzitě, kdy disperznost tohoto materiálu je negativně ovlivňována zvýšeným vyplavováním tmelících, koloidních částic. Z fyzikálních vlastností má nejvhodnější parametry ornice, která vykazuje prakticky všechny optimální hodnoty fyzikálních charak-

teristik, ovlivňujících infiltrační schopnosti povrchového horizontu (struktura, vysoká nasáklivost).

Literatura

- BARFIELD, B. J. et al.: Compaction effects of erosion of mine soil and reconstructed topsoils. Trans. ASAE, 1988 (31): 447-452.
- HAHN, D. T. et al.: Slope gradient effect on erosion of reclaimed soil. Trans. ASAE, 1985 (6): 805-808.
- PIEL, F.: Erosions- und Rutschungssäden an Kippsnböschungen in Rheinischen Braunkohlenrevier. Allg. Forstz., 1983 (38): 1303-1304.
- SCHROEDER, S. A.: Slope gradient effect on erosion of reshaped spoil. Soil Sci. Amer. J. 1987 (2): 405-409.

Došlo 21. 9. 1993

ČERMÁK, P. - VÁŠKA, J. - KURÁŽ, V. (Research Institute for Soil and Water Conservation, Praha; Czech Technical University, Faculty of Mechanical Engineering, Praha):

Problems of erosion processes on superelevated dumping sites of the North Bohemian Brown Coal Mining District.

Rostl. Výr., 40, 1994 (1): 53-61.

The reclamation of waste dumps connected with surface mining in the North Bohemian Brown Coal Mining District is a serious technical problem that is also demanding from economic and temporal point of view. The final effect of the reclamation is already significantly influenced by the design parameters of the body at initial stages of dump body construction.

A field experiment was carried out at Radovesice dumping area. At the first stage, the research was concentrated on testing the erodibility of materials the most frequently used for reclamation and determination of their physical and chemical properties. The field experiments were completed with a numerical simulation of erosion process, determination of critical length of the waste dump slope and its relation to the dump body gradient.

The research followed from experiments on the most hazardous waste dump design slope gradient (25 %) with the maximum slope length of 40 m. The original material of the dump surface and materials used for the dump surface reclamation, i.e. sandy loam (topsoil), marls and clay loam (loess) were field-tested.

A field data evaluation included the analysis of the amount and quality of sediment trapped in collecting tanks after natural rainfalls as well as after simulated rainfalls with the intensity of 20 or 40 mm/h, respectively. A field-scale numerical model SMODERP was used to determine a design length of waste dump body. The model simulates the surface runoff and soil loss from rainfall of variable intensity and probability within an area up to the size of 1 km²; the model is formed by hydrological and erosion submodels.

Kontaktní adresa:

Ing. Petr Č e r m á k , CSc., Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Žabovřeská 250,
156 27 Praha 5-Zbraslav



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



VYUŽITÍ ZEMIN SPRAŠOVÉHO PŮVODU K REKULTIVACÍM V OBLASTI SEVEROČESKÉHO HNĚDOUHELNÉHO REVÍRU

J. Kohel

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha

Při rekultivaci devastovaných ploch těžbou hnědého uhlí v oblasti Severočeského hnědouhelného revíru se využívá selektivních skrývek kulturních půdních vrstev (ornic) a zemin sprašového původu z předpolí postupujících lomů. Charakter severočeských spraší se výrazně odlišuje od typických spraší svým granulometrickým složením. Na tomto podkladě byla vypracována jejich kategorizace s návrhem na vhodné využití.

Soustředěná povrchová těžba hnědého uhlí spolu s rozvinutou průmyslovou činností jsou provázeny rozsáhlou devastací krajiny a zhoršováním životního prostředí v celé podkrušnohorské pánvi.

V oblasti Severočeského hnědouhelného revíru se v současné době těží ročně více než 50 mil. t hnědého uhlí technologií lomové těžby, přičemž se přemísťuje cca 200 mil. m³ nadložních zemin. Do současné doby bylo důlní činností zdevastováno téměř 27 000 ha ploch, z nichž bylo zpětně zrekultivováno přes 6400 ha a další 3000 ha jsou v různém stavu rozpracovanosti. Na zemědělskou půdu bylo v tomto regionu zrekultivováno cca 3400 ha.

V minulém období direktivního plánování, kdy se preferovala zemědělská rekultivace, činil její podíl na celkovém rozsahu rekultivací kolem 50 %. V současnosti se tento trend přehodnocuje ve prospěch rekultivací lesnických. Přesto je však třeba i do budoucna počítat s významným podílem zemědělských rekultivací z hlediska tvorby ekologicky vyvážené krajiny a celkového ozdravení životního prostředí.

Nejrozšířenější technologický postup při rekultivaci devastovaných ploch na zemědělskou půdu vychází z překryvů výsypkových substrátů kulturními zeminami - ornici, popřípadě též sprašovými zeminami aplikovanými na povrchu výsypek (Jonáš, 1983; Hargis, Redente, 1984; Gorlov, Lozanovskaja, 1989).

Rekultivace výsypkových substrátů překryvy sprašových zemin jsou v porovnání s překryvy ornici vesměs méně úspěšnější. Příčinou jsou méně příznivé fyzikálněchemické vlastnosti a nevyvinutá půdní struktura těchto zemin, podmíněná jejich granulometrickým složením.

Severočeské spraše se na rozdíl od typických spraší z oblasti České křídové tabule a od jihomoravských praší liší těžším zrnitostním složením s nižším zastoupením prachových částic (I. zrnitostní kategorie < 0,01 mm) a vyšším podílem fyzikálněchemického jílů (Holásek, 1961; Malšovský et al., 1985; Kohel et al., 1989).

MATERIÁL A METODA

K posouzení kvality sprašových zemin vyskytujících se v oblasti severočeské hnědouhelné pánve jsme testovali výsledky zrnitostních, chemických a některých fyzikálněchemických rozborů půdních vzorků spraší odebraných z hloubky 1 až 1,5 m ze všech výběrových sond (V sondy) při provádění Komplexního průzkumu zemědělských půd na okrese Most a Chomutov. Celkem bylo hodnoceno 61 lokalit. Výsledky jsme porovnali s typickými sprašemi z oblasti České křídové tabule okresů Mělník a Mladá Boleslav (Anonym, 1964-1970).

Kategorizace spraší byla provedena na principu zrnitostního složení Novákovy klasifikační stupnice zrnitosti podle obsahu částic I. zrnitostní kategorie. Podrobnější třídění vychází z indexu zrnitosti I_z určeného ve vztahu

$$I_z = \frac{\% \text{ frakce částic } < 0,01 \text{ mm}}{\% \text{ frakce částic } < 0,001 \text{ mm}}$$

Index zrnitosti I_z je vhodným kritériem fyzikálních vlastností těchto zemin, zejména hodnot P , MKK , Ohr , $Vz_{\min}$ a K_f . Přiznivějším poměrům odpovídají vyšší hodnoty I_z ($> 1,5$), nepřiznivé poměry vykazují zeminy s hodnotou $I_z < 1$.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Z výsledků provedené kategorizace spraší na okrese Chomutov (tab. I) a Most (tab. II) vyplývá, že podíl zrnitostně těžkých (jílovitohlinitých) spraší činí 79 %, resp. 65 %. Na okrese Mělník (tab. III) a Mladá Boleslav (tab. IV) jsou těžké spraše zastoupeny zcela sporadicky 4,8 %, resp. 2,2 %.

Podíl hrubého prachu (frakce 0,01 až 0,05 mm), který je nejvhodnější součástí zrnitostního spektra, činí u severočeských spraší 25 až 30 %, zatímco u typických spraší středočeského regionu se pohybuje od 40 do 50 %. Výrazně zvýšený podíl fyzikálního jílu je patrný zejména u zrnitostně těžkých spraší severočeského regionu, kde činí více než 30 %.

Z testovaných výsledků rozborů spraší indexem zrnitosti vyplývá malá vhodnost použití severočeských spraší ke konečným překryvům výsypkových substrátů pro účely zemědělské rekultivace. Na okrese Chomutov jde o 71 % a na okrese Most cca o 40 % zkoumaných lokalit.

V běžné rekultivační praxi není možné zabezpečit selektivní skryvku některých zrnitostně vhodných partií těchto kvarterních sedimentů a zabránit jejich promíchání s méně vhodnými až nevhodnými zeminami při skrývání jednotlivých skryvkových řezů. Při použití heterogenních materiálů k finálním překryvům výsypek dochází zpravidla k jejich velmi obtížné a zdlouhavé rekultivaci.

Typickým příkladem v tomto směru je Rudolická výsypka na okrese Most. Zemědělská rekultivace výsypkových substrátů lomu Most, tvořených převážně miocenními jíly, byla projektovaná jako překryv sprašovými zeminami v mocnosti cca 0,8 m. Po provedené technické rekultivaci, v jejímž průběhu byly aplikovány na povrch výsypky překryvné zeminy, následoval osmiletý agrobiologický cyklus, zaměřený na oživení a zlepšení fyzikálněchemických vlastností povrchové a podomičnické půdy.

I. Kategorizace spraší okres Chomutov – Categorization of loesses, the Chomutov district

	Celkem ⁵	Z toho zrnitostní kategorie ⁶		
		ph (20 - 30 % < 0,01 mm)	h (30 - 45 % < 0,01)	jh (45 - 60 % < 0,01)
Počet posuzovaných V sond ¹	38	-	8	30
$\bar{x}$ zrnitostní frakce ² : < 0,01 mm		-	40,3	51,9
0,01 - 0,05 mm		-	29,4	25,3
< 0,001 mm		-	19,5	31,4
Počet V sond ³ : $I_z > 1,5$		-	6	-
$I_z 1 - 1,5$		-	1	3
$I_z < 1$		-	1	27
$\bar{x}$ organických látek ⁴ %		-	0,49	0,57
pH/KCl		-	7,5	7,3
CaCO ₃ %		-	6,9	4,1
T mval/100 g		-	21,9	27,1
V %		-	99,3	98,1

¹number of assessed V probes, ² $\bar{x}$ grain size distribution of fraction, ³number of V probes, ⁴ $\bar{x}$ of organic substances, ⁵total, ⁶out of it grain size distribution categories

II. Kategorizace spraší okres Most – Categorization of loesses, the Most district

	Celkem ⁵	Z toho zrnitostní kategorie ⁶		
		ph (20 - 30 % < 0,01 mm)	h (30 - 45 % < 0,01)	jh (45 - 60 % < 0,01)
Počet posuzovaných V sond ¹	23	-	8	15
$\bar{x}$ zrnitostní frakce ² : < 0,01 mm		-	40,3	51,1
0,01 - 0,05 mm		-	31,8	29,3
< 0,001 mm		-	21,5	30,6
Počet V sond ³ : $I_z > 1,5$		-	4	1
$I_z 1 - 1,5$		-	3	6
$I_z < 1$		-	1	8
$\bar{x}$ organických látek ⁴ %		-	0,65	0,91
pH/KCl		-	7,4	7,2
CaCO ₃ %		-	12,5	8,8
T mval/100 g		-	18,0	23,2
V %		-	100,0	98,2

For 1 - 6 see Tab. I

III. Kategorizace spraší okres Mělník – Categorization of loesses, the Mělník district

	Celkem ⁵	Z toho zrnitostní kategorie ⁶		
		ph (20 - 30 % < 0,01 mm)	h (30 - 45 % < 0,01)	jh (45 - 60 % < 0,01)
Počet posuzovaných V sond ¹	125	22	97	6
$\bar{x}$ zrnitostní frakce ² : < 0,01 mm		17,6	35,5	48,2
0,01 - 0,05 mm		27,3	44,6	41,5
< 0,001 mm		13,6	18,6	25,6
Počet V sond ³ : $I_z > 1,5$		22	86	4
$I_z 1 - 1,5$		-	11	2
$I_z < 1$		-	-	-
$\bar{x}$ organických látek ⁴ %		0,36	0,49	0,53
pH/KCl		7,2	6,9	6,5
CaCO ₃ %		11,5	7,0	0,3
T mval/100 g		11,4	15,6	19,3
V %		100,0	100,0	100,0

For 1 - 6 see Tab. I

IV. Kategorizace spraší okres Mladá Boleslav – Categorization of loesses, the Mladá Boleslav district

	Celkem ⁵	Z toho zrnitostní kategorie ⁶		
		ph (20 - 30 % < 0,01 mm)	h (30 - 45 % < 0,01)	jh (45 - 60 % < 0,01)
Počet posuzovaných V sond ¹	184	24	156	4
$\bar{x}$ zrnitostní frakce ² : < 0,01 mm		27,5	35,6	46,9
0,01 - 0,05 mm		47,8	50,2	40
< 0,001 mm		14,9	19,8	26,5
Počet V sond ³ : $I_z > 1,5$		24	150	2
$I_z 1 - 1,5$		-	6	1
$I_z < 1$		-	-	1
$\bar{x}$ organických látek ⁴ %		0,26	0,34	0,40
pH/KCl		6,9	6,8	7,2
CaCO ₃ %		12,5	6,8	7,2
T mval/100 g		12,4	16,2	21,8
V %		100,0	100,0	100,0

For 1 - 6 see Tab. I

vrstvy. Tento cíl se nepodařilo splnit především proto, že aplikované kvarterní překryvy vykazují značnou heterogenitu a celkově špatnou kvalitu. Na zrekultivované ploše o výměře cca 32 ha se nepravidelně střídají partie zrnitostně těžkých sprašových hlín s heterogenními polygenetickými hlínami, svahovinami s obsahem skeletu (zahliněné štěrkopísky, úlomky hornin krystalinika, deluvia ultrabazických hornin aj.) s přechody do tercierních jílu (miocén). Nízký obsah organických látek (0,77 %), převládající těžké zrnitostní složení (I. kategorie 60 %), nevhodná půdní struktura, slabé mikrobiální oživení včetně nedostatku většiny přístupných živin (N, P, K) neumožňují intenzivní využití této zrekultivované plochy. Vlivem extenzivního využívání dochází v současné době naopak k její zpětné devastaci.

V nastupujícím období transformace našeho zemědělství včetně zavádění útlumových programů na půdách s nízkou produkční schopností v méně příznivých oblastech se ukazují další zemědělské rekultivace sprašovými překryvy jako ne-reálné.

Sprašové zeminy (zejména zrnitostně těžké materiály) bude však vhodné i nadále využívat při převrstvování výsypkových substrátů obtížně rekultivovatelných lesnickou rekultivací na minerálně deficitních tercierních písčích, skeletovitých substrátech typu štěrkopískových teras, popřípadě též na fytotoxických zeminách s vyšším podílem uhelné substance či oxihumolitů obsahujících pyritickou síru. Pokud bude na těchto plochách realizována zemědělská rekultivace, měla by být aplikovaná vrstva sprašové zeminy převrstvena vždy orníci v minimální mocnosti 0,3 až 0,5 m. Možným využitím zrnitostně těžkých sprašových zemin jsou též překryvy zrnitostně lehkých (písčitých) nadložních zemin na svazích převýšených výsypek, kde se uplatní svou vyšší odolností k vodní erozi.

ZÁVĚR

Výsledky kategorizace sprašových zemin provedených ve dvou pánevních okresech Severočeského hnědouhelného revíru vykazují v porovnání s typickými sprašemi středočeského regionu výrazné rozdíly zejména v zrnitostním složení. Převažují zrnitostně těžké eolické sedimenty s nižším podílem prachových částic a zvýšeným podílem fyzikálního jílu. Jejich využívání k zemědělské rekultivaci devastovaných ploch je bez finálního převrstvení orníci zpravidla neefektivní. K zvýšení efektivity využití spraší v rekultivační praxi by přispěla zvýšená disciplína při provádění selektivní skrývky kvalitních eolických sedimentů, aby nedocházelo k jejich promísení s nevhodnými zeminami.

Literatura

- ANONYM: Půdy okresu Chomutov, Most, Mělník, Mladá Boleslav. [Průvodní zprávy KPZP.] Praha, VÚZP 1964-1970.
- GORLOV, V. D. - LOZANOVSKAJA, I. N.: Účinnost překryvu málo produktivních půd v těžební oblasti zeminou. Počvovedenje, 1989 (2).
- HARGIS, H. - REDENTE, E.: Soil handling for surface mine reclamation. J. Soil Wat. Conserv., 1984: 300-305.

HOLÁSEK, O.: Zpráva o mapování pokryvných útvarů mezi Teplicemi a Ústím nad Labem. [Zpráva geologického výzkumu.] Praha, 1961.

JONÁŠ, F.: Tvorba půd na antropogenních substrátech pod různými způsoby rekultivace. In: Sbor. Využití a rekultivace vytěžených pískoven, ČÚV Zeměd. Spol. ČSVTS, Č. Budějovice, 1983.

KOHEL, J. a kol.: Agropedologická klasifikace zemín vhodných ke zlepšování vlastností. Typizační podklad. Praha, VÚZZP 1989.

MALCOVSKÝ, M. et al.: Geologie severočeské hnědouhelné pánve a jejího okolí. Praha, Academia 1985.

Došlo 21. 9. 1993

KOHEL, J. (Research Institute for Soil and Water Conservation, Praha):

Exploitation of the loess-derived soils for the reclamation of lands damaged by mining activity in the North Bohemian Brown Coal Mining District.

Rostl. Výr., 40, 1994 (1): 63-68.

Soils of the loess origin from 61 sampling sites in the districts of Chomutov and Most, belonging to the North Bohemian coal basin, were analyzed in order to assess their suitability for land reclamation purposes.

In comparison with typical loesses that can be found in the region of the Bohemian Cretaceous Plate, the North Bohemian loess-derived soils reveal significant differences, particularly in grain size distribution. Namely, heavy aeolian sediments with lower silt content and higher clay content prevail in North Bohemia.

Based on the grain size distribution, a categorization of these soils was worked out including proposals for their suitable exploitation for the reclamation of damaged lands.

It appears that a simple covering of the damaged land with a heavy loess-derived soil, without an additional final cover with a cultural topsoil, is usually inefficient and incapable to return the land for the agricultural use.

Therefore, these heavy loess soils can only be effectively used for covering infertile and phytotoxic soils on sites intended for future use as forests. Alternatively, if agricultural use of the reclaimed land is required, the heavy loess soil cover can still be applied onto such sites provided that an additional topsoil layer of the minimum thickness of 0.3 to 0.5 m is added. Another possible exploitation of the heavy loess-derived soils is for covering the slopes of the spoil banks composed of light cohesionless soils from the overburden of the brown coal deposits. Such covers can protect the dump site slopes against water erosion.

Kontaktní adresa:

Ing. Jaroslav K o h e l, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Žabovřeská 250,
156 27 Praha 5-Zbraslav

ZATÍŽENÍ NIVNÍCH PŮD LABE RIZIKOVÝMI LÁTKAMI

E. Podlešáková¹, J. Němeček², G. Hálová¹

¹Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha

²Vysoká škola zemědělská, Praha

V povodí Labe, především podél toku vlastního Labe, byl sledován obsah rizikových látek ve třech geomorfologických prvcích reliéfu. Byl prokázán nejvyšší stupeň kontaminace (Cd, Hg, Zn, Cu, Pb, As, Be, Cr, Mn) až intoxikace (obecně u Cd, Hg, místy Zn, Cu, Cr) půd inundační zóny fluvisolů, hlavně za průmyslovými městy, rizikovými prvky. Je doprovázen zvýšenou rozpustností rizikových prvků v 2M HNO₃, zejména Cu, Zn, Mn, Pb, Cr (As). Inundační niva je výrazně kontaminována i organickými polutanty, hlavně PAU a PCB. Zvýšené obsahy aromatických uhlovodíků a HCB se rovněž soustřeďují na inundované fluvisoly. Velký rozdíl ve znečištění půd inundační zóny nivy a vyšších poloh nivy (často též kontaminovaných) a nekontaminovaných okolních tzv. zonálních půd svědčí o kontaminaci z odpadních vod průmyslu. Dokumentuje to i zatížení niv Labe od Pardubic k Hřensku ve vztahu k průmyslovým městům.

Recentní inundační niva je zónou interakcí mezi pedosférou a hydrosférou. Současně je hlavní bariérou vstupu erozních sedimentů do toku. Zjištění zákonitostí zatížení nivy a její inundační terasy považujeme z těchto důvodů za zásadní z hlediska možností odhadnout podíl znečištění toku z plošného zemědělského využívání půdy a z odpadů vypouštěných do toků průmyslem. Představuje nadějnější postup než zkoumání koincidence zatížení půd s vysokou erozí v blízkosti hydrografické sítě, a to v důsledku zjištěného nízkého stupně kontaminace půd vůbec (Sauerbeck, 1988; Němeček, Podlešáková, 1992).

Většina dosud publikovaných prací blízkých studovanému problému je věnována kontaminaci říčních sedimentů, které představují svérázné subhydričné půdy. Ukazatelem zatížení toku rizikovými prvky je faktor akumulace, stanovený jako relace obsahu kovu v určitém sedimentu (v zrnitostní frakci < 40 µm či 1 až 5 µm) k nekontaminovanému sedimentu. Podle šesti stupňů zatížení sedimentů jsou v SRN zobrazeny dílčí úseky řek (Landesamt für Wasser und Abfall, 1988). Zatížení sedimentů Labe a Rýna popisují Lichtfuss, Brümmer (1977), Labe Veselý, Sirotek (1991). Podle těchto prací jsou sedimenty zatíženy hlavně Cd, Hg, Zn, Pb, As, Cu a Cr. Menší pozornost je věnována vlastním půdám niv (Ruppert, Schmidt, 1988; Podlešáková, Němeček, 1992a). V poslední době se objevuje řada prací o zatížení říčních sedimentů organickými xenobiotickými látkami (Holoubek et al., 1993; Kuchyňa, Truxová, 1993; Nondak, 1993; Schramm, 1993). V strategii výzkumu zatížení fluvisolů ve vztahu k řešení hlavních zdrojů zatížení tekoucích vod se prosadila

I. Celkový obsah rizikových prvků v půdách (mg.kg^{-1}) – Total content of hazardous elements in soils (mg.kg^{-1})

Prvek ¹	Inundační niva ²			Niva ³			Okolní půdy ⁴		
	x	V%	max	x	V%	max	x	V%	max
As	27	159	180	20	37	39	15	40	24
Be	3,3	33	6,8	2,5	33	4,8	2,0	18	3,0
Cd	2,2	45	4,2	0,6	55	1,7	0,21	33	0,3
Co	16,3	32	32	11,7	47	20,0	13,1	54	27
Cr	53	102	768	93	109	425	67	68	200
Cu	77	35	112	44	77	117	37	49	85
Hg	1,76	66	47	0,35	71	0,8	0,18	94	0,3
Mn	1187	36	2235	673	29	1050	660	43	1212
Ni	40	36	75	39	73	115	32	52	68
Pb	89	32	130	45	49	95	40	48	90
V	68	23	120	64	20	82	63	47	115
Zn	373	43	685	112	53	222	83	35	162

V% = variační koeficient - variation coefficient

x = aritmetický průměr - arithmetic mean

¹element, ²innundated fluvisol, ³fluvisol, ⁴zonal soils

koncepte paralelního zkoumání zatížení půd inundační zóny nivy, vyšších stupňů nivy a okolních zonálních půd (P o d l e š á k o v á , N ě m e č e k , 1992a). Potvrzuje tvrzení (L a m m e r s , J o h n s o n , 1991), že často jen úzký pás kolem břehu řeky je kritickou zónou, jejíž význam několikanásobně převyšuje vliv širšího okolí na kvalitu vody a naopak kvalitu vody na kvalitu půdy.

MATERIÁL A METODA

V návaznosti na již provedený výzkum toku Labe v úseku Jaroměř - Pardubice (P o d l e š á k o v á , N ě m e č e k , 1992a) bylo zkoumáno zatížení inundačních teras niv, vyšších poloh niv a okolních zonálních půd na úseku toku Labe od Pardubic po Hřensko. Vzorky půd byly odebírány v uvedených geomorfologických prvcích reliéfu. Při odběrech byl brán zřetel na polohu nivy vůči průmyslovým závodům a sídlištním aglomeracím. Odběr vzorků byl proveden z orní a drnových horizontů půd. Směsné vzorky z 20 dílčích odběrů byly ukládány do sáčků pro stanovení rizikových prvků a do uzavřených skleněných nádobek pro stanovení organických xenobiotických látek. Analytické postupy popsali P o d l e š á k o v á , N ě m e č e k (1992b).

II. Překročení limitů kontaminace a intoxikace půd (% vzorků) – Excess of soil contamination and intoxication limits (in % of samples)

Prvek ¹	Inundační niva ²		Niva ³		Okolní půdy ⁴	
	K	I	K	I	K	I
As	31	0	30	0	20	0
Be	37	0	8	0	0	0
Cd	100	100	69	23	0	0
Co	5	0	0	0	0	0
Cr	31	5	8	8	13	0
Cu	84	16	23	8	10	0
Hg	95	74	38	8	7	0
Mn	26	0	0	0	0	0
Ni	5	0	5	0	7	0
Pb	68	0	15	0	7	0
V	0	0	0	0	7	0
Zn	95	15	46	8	7	0

K - limit kontaminace = svrchní mez pozadí - contamination limit = upper background content

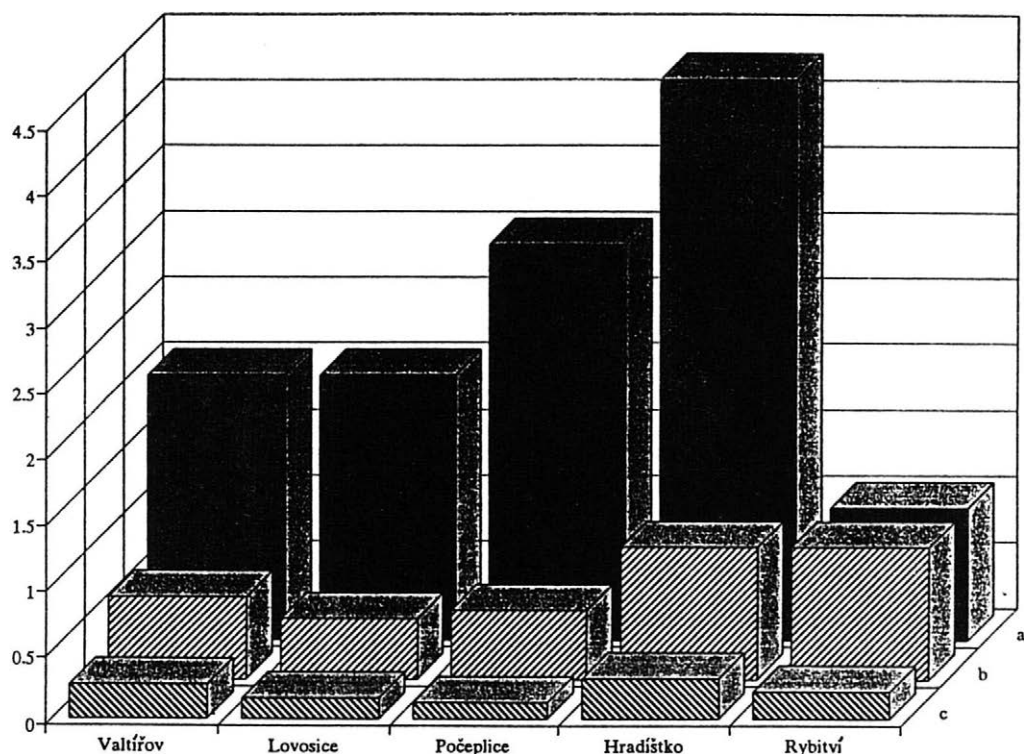
I - limit intoxikace = maximálně přípustný obsah - intoxication limit = maximal admissible content

For 1 - 4 see Tab I

III. Rozpuštěnost rizikových prvků v půdách (rozpuštěnost v 2M HNO₃ : celkový obsah x 100) – Solubility of hazardous elements in soils (solubility in 2M HNO₃ : total content x 100)

Prvek ¹	Inundační niva ²			Niva ³			Okolní půdy ⁴		
	x	V%	max	x	V%	max	x	V%	max
As	37	29	59	24	93	40	13	63	22
Be	36	31	59	31	16	40	31	23	47
Cd	95	5	100	89	27	100	95	70	100
Co	54	21	77	49	25	100	43	31	100
Cr	31	37	57	19	90	65	7	40	14
Cu	81	10	95	64	23	94	52	32	75
Mn	66	19	77	51	41	77	43	36	69
Ni	41	20	65	41	42	80	27	15	32
Pb	79	10	97	71	20	97	48	33	67
V	22	23	29	15	37	24	18	23	25
Zn	72	16	86	49	37	73	38	29	59

For 1 - 4 see Tab. I



1. Zatížení tří geomorfologických prvků Cd – Load of three geomorphologic areas by Cd
Vysvětlivky k obr. 1 až 5 – Explanations to Figs 1 to 5:

a - inundační niva - innundated fluvisols

b - niva - fluvisols

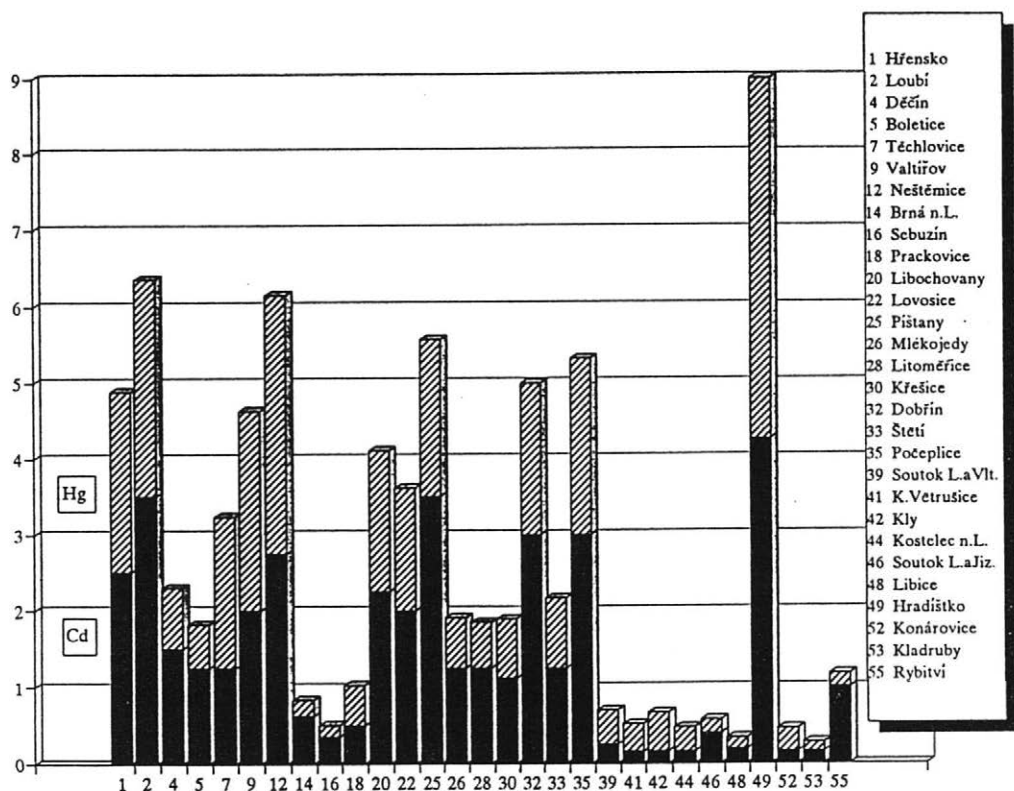
c - okolní půdy - others

osa y - celkový obsah prvku - y axis - total content of the element (mg.kg^{-1})

VÝSLEDKY A DISKUSE

Nejvýraznější kontaminace půd rizikovými látkami ze všech sledovaných geomorfologických prvků byla zjištěna u půd soudobé inundační zóny niv Labe za průmyslovými městy. V ostatních úsecích Labe jsou rozdíly mezi kontaminací inundační zóny a vyšších poloh nivy nepodstatné. Z těchto důvodů uvádíme v tab. I až V v první skupině půd pouze údaje z inundační nivy za průmyslovými městy, zatímco na obr. 2, 3 a 5 je graficky znázorněno znečištění inundační zóny podél celého úseku Labe od Pardubic k Hřensku.

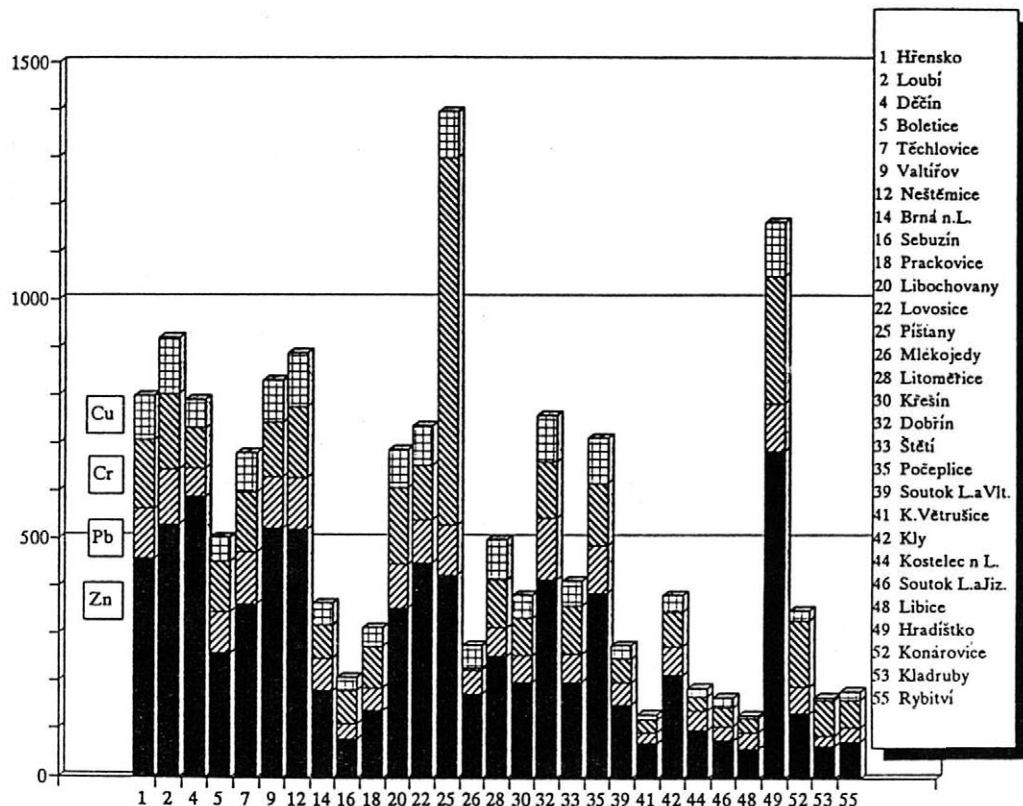
Průměrné a maximální obsahy i míra překročení limitů kontaminace půd (Podlešáková, Němeček, 1992b), uvedené v tab. I a II, prokazují nejvýraznější znečištění půd inundační zóny za průmyslovými městy u Hg, Cd, Zn, Pb, Cu, Cr a Mn. V menší míře se projevilo u As, Be a Co, nejméně u Ni a V. Výrazná kontaminace je u souboru nivních půd za průmyslovými městy spojena s nejnižší variabilitou obsahů, což svědčí o výrazné plošné kontaminaci půd inundo-



2. Kontaminace niv Cd a Hg podél toku Labe – Contamination of fluvisols along the Labe river by Cd and Hg

vaných fluvisolů při záplavách. Celoplošná kontaminace inundovaných fluvisolů je patrná především z procentuálního zastoupení vzorků překračujících charakterizující je limit v pořadí $Cd > Hg, Zn > Cu > Pb, Cr$. Jinak i fluvisoly mimo soudobou inundaci vykazují vyšší kontaminaci rizikovými prvky než ostatní půdy, a to v pořadí $Cd, Zn > Cu, Hg (As) > Pb$. V inundační zóně za průmyslovými městy pozorujeme dokonce převahu případů překročení maximálně přípustných hodnot u Cd a Hg, lokálně i tohoto limitu pro Zn, Cu a Cr. Případy překročení limitu intoxikace (hlavně Cd) nalézáme místy i ve fluvisolech vyšších teras. U půd ČR je překročení tohoto limitu vzácností, se kterou se setkáváme i v imisně nejzatíženějším severočeském regionu pouze lokálně u As a Be, Zn, Cd a Pb a v intravilánech velkých měst lokálně u Hg, Pb, Zn, Cd a Cu. Plošné překročení limitu intoxikace nalézáme pouze v okolí metalurgických závodů a v místech havárií (Adamec, 1989; Pavel, Kozák, 1989).

Specifickým znakem fluvisolů, který se velmi výrazně uplatňuje u inundovaných půd za průmyslovými městy, je zvýšená rozpustnost rizikových prvků v 2M HNO_3 (tab. III). Projevuje se zejména u Cr, As, Zn, Pb, Cu, Mn, Ni, ale i Co a V. Zvýšená



3. Kontaminace fluvisolů Zn, Pb, Cr a Cu podél toku Labe – Contamination of fluvisols along the Labe river by Zn, Pb, Cr and Cu

rozpuštěnost je spojena s nejnižší variabilitou hodnot rozpustnosti. Zvýšená rozpustnost v tomto rozsahu u inundovaných fluvisolů nemá obdoby ani v oblastech silně imisně zasažených. Ovlivňuje možnosti přepočtu údajů z 2M HNO₃ na celkový obsah a naopak.

Analýzy frakce jílů a jemného prachu půd tří sledovaných geomorfologických prvků prokazují rovněž vysokou koncentraci rizikových prvků v jemných frakcích půdy u inundační nivy.

Diferencované zatížení tří geomorfologických celků Cd je znázorněno na obr. 1. K vyjádření vlivu průmyslových závodů na kontaminaci fluvisolů byly sestaveny obr. 2 a 3. Výrazná maxima Cd a Hg, dále Zn, Pb, Cr a Cu pozorujeme na úseku Labe Pardubice - Hřensko za Rybitvím, především však za Kolínem (Hradištko), Počeplicemi, Štětím, Chemickými závody Lovosice (až k Libochovanům), za Ústím nad Labem a za Děčínem. V úsecích Labe mezi průmyslovými a energetickými závody obsahy rizikových prvků klesají jako výraz samočisticí schopnosti řeky.

Organickými xenobiotickými látkami je inundační zóna niv rovněž maximálně kontaminována, zejména za průmyslovými městy (tab. IV, V). Hodnoty intoxikace,

IV. Obsah organických xenobiotických látek v půdách ($\mu\text{g.kg}^{-1}$) – Content of organic xenobiotic compounds in soils ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)

Látka ¹		Inundační niva ²			Niva ³			Okolní půdy ⁴		
		x	V%	max	x	V%	max	x	V%	max
AU	benzen	15	26	20	11	29	20	10	0	10
	toluen	14	43	25	11	29	20	11	24	20
	xylén	24	30	30	12	51	30	12	34	25
	ethylbenzen	71	25	80	15	27	20	12	35	15
PAU	fluoranthén	3860	46	7690	673	112	2150	424	116	2050
	benzo(b) fluoranthén	472	71	1310	65	99	230	84	123	410
	pyren	566	132	2510	60	118	208	83	255	860
	benzo(a) pyren	302	80	848	48	146	239	45	124	212
	benzo(k) fluoranthén	217	67	487	32	121	123	35	161	230
	fenanthren	364	97	960	42	90	116	51	194	410
	naftalen	493	80	1300	55	114	198	94	261	260
	benzo(ghi) perylen	232	109	753	36	272	315	11	196	90
	antracen	172	98	510	23	118	90	20	152	130
	benzo(a) antracen	1238	51	2940	110	77	333	215	152	1150
	indeno(cd) pyren	172	91	518	18	227	133	10	200	85
	chrysen	19	272	215	5	0	5	5	0	5
ChU	PCB	231	108	487	28	180	170	11	40	28
	HCB	371	175	2073	22	146	85	35	290	90
	DDT	11	219	92	13	235	97	32	299	390
	DDE	8	31	108	10	181	58	27	176	151
Jiné ⁵	styren	23	55	45	14	70	40	12	52	35
	ropné látky ⁶ (mg.kg^{-1})	199	62	530	60	169	349	33	141	202

¹ substance, for 2 - 4 see Tab. I, ⁵ others, ⁶ crude oil substances

tj. hodnoty B nizozemských směrnic (Leidraad Bodemsanering, 1988), však jsou překračovány jen zcela ojediněle. Překročení limitu kontaminace (P o d l e š á k o - v á , N ě m e č e k , 1993) v zaplavovaných fluvisolech je zcela obecné u PAU a PCB. S tím jsou spojeny i výrazně nejvyšší průměrné obsahy, mediány a maxima. Relativně nejnižší variační koeficienty tu svědčí stejně jako u rizikových prvků o důsledcích častých záplav. Výjimku činí mezi PAU pouze chrysen. Významně jsou inundační nivy kontaminovány i aromatickými uhlovodíky a ropnými produkty.

V. Obsah organických xenobiotických látek v půdách (medián $\mu\text{g.kg}^{-1}$) a překročení limitu kontaminace (% vzorků) – Content of organic xenobiotic compounds in soils (median $\mu\text{g.kg}^{-1}$) and excess of contamination limit (% of samples)

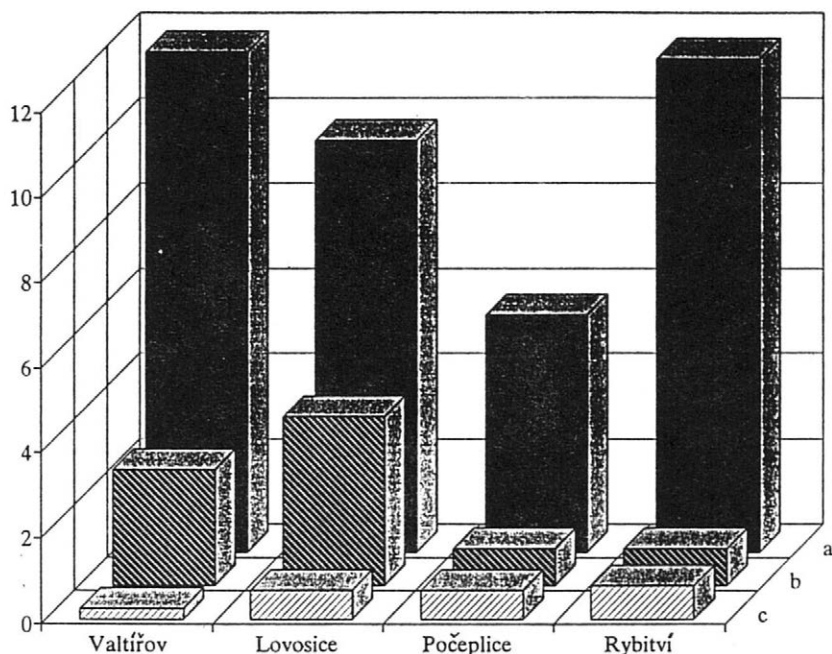
Látka ¹		Medián ²			Překročení limitu ³		
		IN	N	O	IN	N	O
AU	benzen	15	10	10	29	10	0
	toluen	15	10	10	35	10	6
	xylen	25	10	10	88	10	6
	ethylbenzen	35	15	10	6	0	0
PAU	fluoranthén	4050	340	330	100	100	62
	benzo(b) fluoranthén	480	45	50	94	20	19
	pyren	150	35	15	65	20	12
	benzo(a) pyren	230	22	25	94	20	19
	benzo(k) fluoranthén	180	15	14	94	10	19
	fenanthren	130	25	12	88	40	25
	naftalen	315	50	15	100	40	31
	benzo(ghi) perylen	110	5	5	88	10	6
	antracen	85	11	10	83	20	19
	benzo(a) antracen	1120	82	98	100	100	100
	indeno(cd) pyren	98	5	5	88	10	6
	chrysen	5	5	5	6	0	0
ChU	PCB	190	10	10	82	20	6
	HCB	18	1	1	59	40	12
	DDT	1	1	1	18	20	19
	DDE	1	1	1	18	30	31
Jiné ⁴	styren	25	10	10	0	0	0
	ropné látky ⁵ (mg.kg^{-1})	190	25	18	65	10	6

IN = inundační niva - innundated fluvisol

N = niva - fluvisol

O = okolní půdy - zonal soils

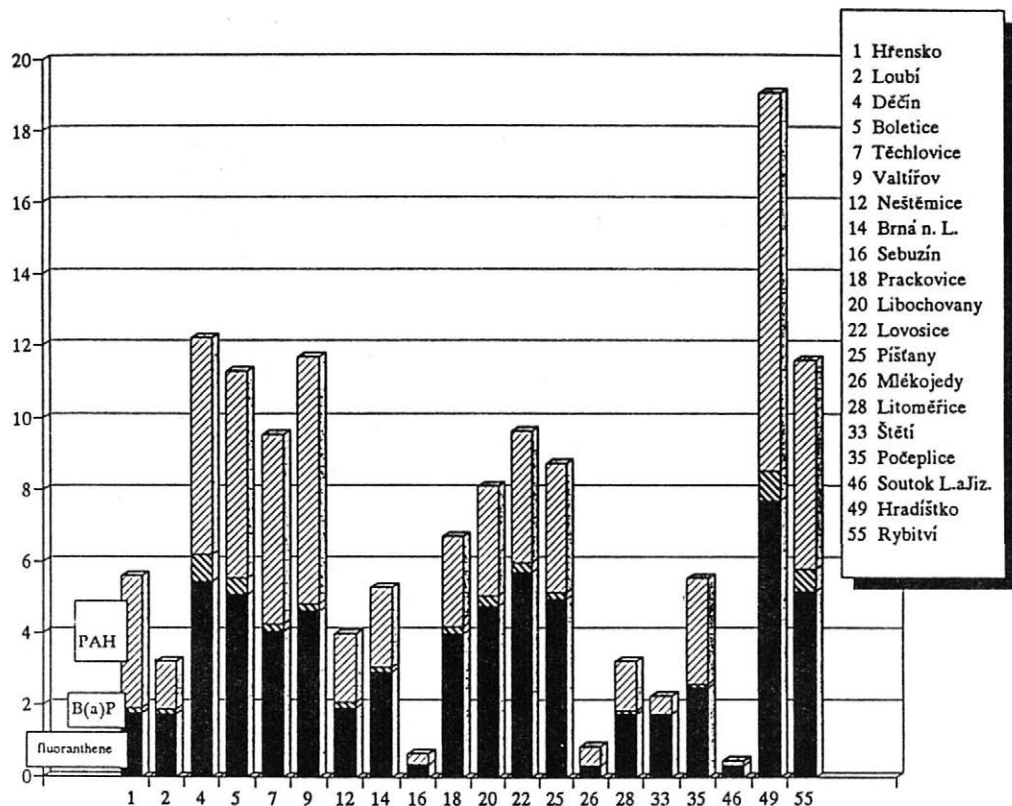
¹substance, ²median, ³excess of limit, ⁴others, ⁵crude oil substances



4. Zatížení tří geomorfologických prvků PAU – Load of three geomorphologic areas by PAU

Kontaminace PCB a HCB je z větší části koncentrována na fluvisoly horního toku Labe v ČR. Naproti tomu DDT, DDD a DDE se vyskytují spíše v okolních půdách. Svědčí to o rozdílných vstupech jmenovaných látek do půdy a jejich perzistenci. Fluvisoly vyšších částí nivy jsou slaběji kontaminovány s výjimkou fluoranthenu a benzo(a)antracenu. Rozdíly mezi kontaminací fluvisolů vyšších částí niv a okolních půd nejsou tak výrazné jako odlišnost inundační nivy. Při vyšší variabilitě hodnot u zonálních půd se u nich dokonce setkáváme i s vyššími obsahy PAU. Souvisí to s ovlivněním i mimonivních půd emisemi ze závodů koncentrovaných podél Labe. Popsané závislosti zatížení půd tří geomorfologických prvků PAU jsou demonstrovány na obr. 4. Další sledované pesticidní látky (atrazin, triazin a substituované močoviny) se vyskytují pouze v ojedinělých půdních vzorcích bez významných zákonitostí.

Obr. 5 zachycuje obdobně jako obr. 3 u stopových prvků závislost zatížení fluvisolů fluoranthenem, benzo(a)pyrenem a ostatními PAU v závislosti na poloze vůči průmyslovým městům. Výrazná kontaminace byla zjištěna za Rybitvím, Kolínem (Hradištko), Počeplicemi, Lovosicemi, Ústím nad Labem až k Děčínu. Výrazná minima obsahu fluoranthenu a ostatních PAU odpovídají hlavně toku Labe mezi Poděbrady a Mělníkem, Roudnicí nad Labem a Litoměřicemi a před Ústím nad



5. Kontaminace fluvisolů PAU podél toku Labe – Contamination of fluvisols along the river Labe by PAU

Labem. Na středních hodnotách se PAU udržují k Hřensku. Tyto údaje obdobně jako v případě rizikových prvků ukazují na samočisticí schopnost řeky.

ZÁVĚR

Na rozdíl od zemědělsky využívaných zonálních půd mimo nivy, které nejsou kontaminovány, byl v povodí Labe u fluvizemí inundační zóny řeky prokázán nejvyšší stupeň kontaminace půd rizikovými prvky za průmyslovými městy (Cd, Hg, Zn, Cu > Pb, Cr). Bylo zjištěno dokonce překročení maximálně přípustných hodnot (hlavně u Cd a Hg). Kontaminace je u Cr, As, Zn, Pb, Cu, Mn a Ni doprovázena výrazně zvýšenou rozpustností v 2M HNO₃. Tyto půdy jsou rovněž nejvíce ze všech půd kontaminovány organickými xenobiotickými látkami, zejména aromatickými uhlovodíky, polychlorovanými aromatickými uhlovodíky a PCB. Je to důsledek kontaminace z odpadních vod průmyslu v zóně kritického znečištění povrchových vod.

Literatura

- ADAMEC, V.: Monitoring technogenně znečištěných půd Příbramska. In: Cizorodé látky v zemědělství. Bmo, VŠZ 1989: 95.
- HOLOUBEK, I. et al.: Project Tocoen. POP_s in sediment samples from Morava and Danube river catchment area. In: Toxic Organic Compounds in the Environment. Conf. Proc. Znojmo, 1993: 132-135.
- KUCHYŇA, J. - TRUXOVÁ, I.: Kontaminace sedimentů v řece Olši polychlorovanými bifenylly a polycyklickými aromatickými uhlovodíky. In: Toxic Organic Compounds in the Environment, Conf. Proc. Znojmo, 1993: 228-231.
- LAMMERS, D. A. - JOHNSON, M. G.: Soil mapping concepts for environmental assessment. SSSA Spec. Publ., 1991 (28): 149-160.
- LICHTFUSS, R. - BRÜMMER, G.: Schwermetallbelastung von Elbe Sedimenten. Naturwissenschaften, 64, 1977: 122-125.
- NONDEK, I. et al.: Organic pollutants in sediments of Labe river. In: Toxic Organic Compound in the Environment, Conf. Proc. Znojmo, 1993: 292.
- NĚMEČEK, J. - PODLEŠÁKOVÁ, E.: Retrospektivní experimentální monitoring rizikových prvků v půdách ČR. Rostl. Výr., 38, 1992 (6): 433-436.
- PAVEL, L. - KOZÁK, J.: Zhodnocení kontaminace půdy těžkými kovy metodami vícerozměrné statistické analýzy. Rostl. Výr., 35, 1989 (9): 897-904.
- PODLEŠÁKOVÁ, E. - NĚMEČEK, J.: Zatížení půd nívních oblastí rizikovými prvky a perzistentními xenobiotickými organickými látkami. Věd. Práce VÚMOP, 8, 1992a: 87-95.
- PODLEŠÁKOVÁ, E. - NĚMEČEK, J.: Současný stav kontaminace půd rizikovými látkami. Úroda, 6, 1992b: 247-248.
- PODLEŠÁKOVÁ, E. - NĚMEČEK, J.: Background levels and contamination limits of organic xenobiotic compounds in the soils of the Czech Republic. In: Toxic Organic Compound in the Environment, Conf. Proc. Znojmo, 1993: 132-135.
- RUPPERT, H. - SCHMIDT, F.: Schwermetallgehalte in Böden des Donautales. GLA München, Fachberichte, 4, 1988: 51.
- SAUERBECK, D.: Schadstoffeinträge in den Boden durch Industrie, Besiedelung, Verkehr und Landwirtschaft (anorganische Stoffe). In: VDLUFA, Schriftenreihe, 16, Kongreßband, 1988: 59-72.
- SCHRAMM, K. W. et al.: Source identification by pattern recognition in river Elbe sediments. In: Toxic Organic Compounds in the Environment, Conf. Proc. Znojmo, 1993: 306-307.
- VESELÝ, J. - SIROTEK, Z.: Kontaminace řek toxickými stopovými prvky. In: Projekt Labe, záměry, cíle a první výsledky. Praha, VÚV TGM 1991: 27-29.
- LANDESAMT FÜR WASSER UND ABFALL NRW: Sedimentuntersuchungen in Fließgewässern. LWA Düsseldorf, Schriftenreihe, 1988 (41): 48.
- LEIDRAAD BODEMSANERING: Technisch Inhoudelijk, Deel II, Afd. 4, Sdn nitgeverij, s-Gravenhage, 1988: 27.

Došlo 21. 9. 1993

PODLEŠÁKOVÁ, E. - NĚMEČEK, J. - HÁLOVÁ, G. (Research Institute for Soil and Water Conservation, Praha; University of Agriculture, Praha):

Contamination of fluvisols on Labe floodplains by hazardous elements.

Rostl. Výr., 40, 1994 (1): 69-80.

The content of hazardous elements and organic xenobiotic compounds along the water streams of the Labe catchment area (mainly along the proper Labe river basin) has been investigated in three geomorphologic elements: in fluvisols of the innundation zone, in the floodplain fluvisols of higher terraces and in the neighbouring zonal soils.

The comparison of the values of hazardous elements is presented in the Tabs I to III and in the Figs 1 to 3. The highest loads have been found in the innundation zone. Downstream the industrial cities have not only the exceeding amounts of contamination limit for Cd, Hg, Zn, Cu, Pb, Cr, but even the excess of the maximal admissible values of Cd, Hg, locally Zn, Cu, Cr is mostly found. This is a seldom case of soil intoxication, which is not encountered even in the most expressive immission areas (except for the vicinity of metallurgic plants). The innundated fluvisols are generally contaminated (in the sense of excess of the upper background levels) by the above-mentioned elements. They are characterized by an elevated solubility of hazardous elements (Cr, Cu, Zn) in the 2M HNO₃. The fluvisols of the higher geomorphologic floodplain elements as compared with zonal soils exceed also very often the contamination limits in order Cd, Zn > Cu (As) > Pb (Cr).

The results of the investigations of organic xenobiotic compounds are presented in Tabs IV and V and Figs 4 and 5. Innundated fluvisols are characterized by maximal soil contamination (exceeding the background levels of soils in immission-free areas) by all PAU except of chrysen. Also elevated concentration of mononuclear aromatic hydrocarbons, PCB and HCB occurs in innundated fluvisols, mainly in the upper stream area of Labe in CR. The difference between the contamination of the higher river terraces and zonal soils with organic pollutants is less pronounced than by hazardous elements.

The dependence of the contamination of fluvisols by both the hazardous elements and organic xenobiotic compounds upon their geographical position along the river to industrial cities is graphically presented in Figs 2, 3 and 5.

Kontaktní adresa:

Ing. Eliška Podlešáková, CSc., Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy,
Žabovřeská 250, 156 27 Praha 5-Zbraslav

DŮSLEDKY OMEZENÉ APLIKACE PRŮMYSLOVÝCH HNOJIV NA CHOVÁNÍ FOSFORU V PŮDÁCH

K. Voplakal

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha

Za účelem výzkumu ovlivnění fosforečného režimu (a dalších půdních vlastností) změněným způsobem hnojení v různých půdách byl v mikroparcelových pokusech na okrese Ústí nad Orlicí zásadně změněn původní způsob systematického hnojení půd: systém používající poměrně vysokých stupňovaných dávek průmyslových i organických hnojiv byl přerušen a po dvou letech bez aplikace jakýchkoliv hnojiv byl nahrazen kvalitativně novým systémem, vyznačujícím se velmi sníženými dávkami hnojiv průmyslových, vysokými dávkami hnojiv organických a hnojením hořečnatým včetně vzájemných kombinací těchto opatření. Tyto změny umožnily sledování časového vývoje ukazatelů režimu půdního fosforu (kapacitního, sorpčního a intenzitního) v průběhu jednotlivých fází pokusů: v časové etapě intenzivního hnojení průmyslovými hnojivy, v etapě bez aplikace hnojiv i v systému blízkém alternativnímu způsobu zemědělství a umožnily též posouzení reziduálního účinku předchozího způsobu hnojení na další časový vývoj fosforečných režimových charakteristik. Výsledky naznačují, že soubor půdních vlastností, určujících způsob a intenzitu fixace fosforu v půdě, determinuje i schopnost jednotlivých půd udržovat po kratší či delší dobu rovnovážnou úroveň režimových ukazatelů. Za předpokladu adekvátní úpravy půdní reakce vápněním či hořečnatým hnojením může intenzivní organické hnojení poměrně dobře kompenzovat výrazné omezení aplikace průmyslových hnojiv superfosfátového typu (zejména v půdách s již dříve vytvořenou dostatečnou úrovní fosforečného režimu) mobilizací půdních fosforečných rezerv.

Pro sledování účinku různých způsobů a intenzity organického a minerálního hnojení a vápnění, resp. vzájemných kombinací těchto agrochemických zásahů na různé půdní vlastnosti (mimo jiné i na režim půdního fosforu) byly v roce 1982 v podmínkách podhorského modelového okresu Ústí nad Orlicí založeny agrometeorologické stanice s maloparcelovými pokusy. V první časové etapě pokusů (do roku 1988 včetně) byl používán systém hnojení s kombinacemi vysokých dávek hnojiv a vápna, zaměřený na intenzifikaci výnosů pokusných plodin a na výrazné ovlivnění agrochemických vlastností půd (D a m a š k a a kol., 1984). Osm maloparcelových pokusů je založeno na typických půdních představitelích okresu, v různých klimatických podmínkách. Při výběru stanovišť pro maloparcelové pokusy byl kladen důraz na maximální eliminaci problémů vyplývajících z plošné heterogenity

agrochemických vlastností (D a m a š k a , J u n g r o v á , 1985; P a v e l , D a - m a š k a , 1988). Vzhledem k chování fosforu v těchto zkoumaných půdách je jejich soubor možné rozdělit do dvou skupin, uvnitř nichž je charakter i míra ovlivnění režimu půdního fosforu hnojením případně vápněním velmi podobná, až téměř shodná (V o p l a k a l , 1992a).

Do první půdní skupiny spadají především představitelé hydromorfních půd, jmenovitě HMg - Podlesí, IPg - Žichlínek, OG - Dolní Lipka. Z hlediska texturního složení je lze charakterizovat jako půdy hlinité, vytvořené na sprašové či soliflukční sprašové hlíně (obsah jílnatých částic cca 30 %), s kyselou půdní reakcí (pH/KCl 5,2 až 5,7); z toho vyplývají i podmínky pro zvýšenou fixaci půdního fosforu, resp. z hlediska frakčního složení fosforu pro jeho dominantní vazbu typu Fe-fosfáty; druhá půdní skupina zahrnuje půdy zpravidla lehčího zrnitostního složení (obsah jílnatých částic cca 25 %), s příznivější půdní reakcí (pH/KCl 5,8 až 6,8), vytvořené na různých substrátech (spraš, slinitý pískovec, opuka, permokarbon, ortorula), s příznivějšími podmínkami vazby fosforu (z frakčního hlediska zvýšený podíl Ca, Al-fosfátů). Zařazujeme sem představitele hnědých půd (HP - Kameničná, HP_i - Česká Třebová, HP_a - Písečná), rezivou půdu RZ - Jamné a z hlediska odolnosti proti okyselení také HM - Džbánov. Podrobná půdněagrochemická charakteristika zkoumaných půd a hydrotermické podmínky jednotlivých pokusných stanovišť byly popsány již dříve (S i r o v ý a kol., 1987). Výběr lokalit pro maloparcelové pokusy reprezentuje prakticky všechny půdně-klimatické podmínky daného regionu. Původní systém hnojení zahrnoval ve 12 pokusných variantách poměrně vysoké stupňované dávky průmyslového hnojiva, organického hnojiva, vápna a vzájemné kombinace všech těchto opatření; ve druhé časové etapě (od roku 1989) zůstaly parcely po dva roky nehnojené (pod travními porosty) a od roku 1991 byl na pokusných parcelách zaveden nový, kvalitativně odlišný systém hnojení, blízký alternativnímu způsobu, používající velmi snížených dávek průmyslových hnojiv včetně hnojení hořčíkem a s dělenými dávkami dusíku v kombinaci s hnojením organickým či hnojením pouze organickými hnojivy.

Účelem pokusů ve třetí etapě bylo sledovat vývoj fosforečného režimu v jednotlivých půdních podmínkách při omezené aplikaci průmyslových hnojiv či při jejich úplné eliminaci, resp. nahrazení hnojivy organickými a posouzení míry reziduálního působení hnojiv nahromaděných v první etapě pokusů - po dvouleté přestávce v aplikaci hnojiv. Schéma hnojení ve třetí etapě bylo voleno tak, aby na parcelách původně pouze vápněných byly aplikovány nízké dávky průmyslových hnojiv kombinované s hnojivem organickým; tam, kde bylo původně aplikováno hnojení výhradně organické, se nadále hnojí omezenými dávkami hnojiv průmyslových a na parcelách původně systematicky hnojených stupňovanými dávkami průmyslových hnojiv je nyní hnojeno organicky, případně organicky s přidavkem hnojiv průmyslových. Parcely původně hnojené organicko-minerálně jsou napříště pouze vyhnojovány hořečnatým hnojivem, a konečně parcely původně hnojené minerálně v kombinaci s vápněním se nyní hnojí pouze organicky. Varianta původně hnojená organicko-minerálně a navíc vápněná je ve třetí etapě ponechána bez aplikace hnojiv.

MATERIÁL A METODA

Přehled pokusných variant v jednotlivých časových etapách maloparcelových pokusů je uveden v tab. I. Stupňované dávky hnojiv aplikované v první pokusné etapě (do roku 1988) v přepočtu na 1 ha činily: 300 - 600 - 900 kg čistých živin ročně (z toho: cca 65 - 130 - 195 kg P.ha⁻¹); dávky vápna: 2, resp. 5 t CaO; dávky organického hnojiva: 10, resp. 50 t kompostu (aplikovaného na podzim). Od roku 1991 dávky živin činily 35 kg P, 55 kg K, 90 kg N (= N₁), resp. 45 + 45 kg N (= N₂), 200 kg Mg, 50 t kompostu (podzimní aplikace). Osevní postup na mikroparcelách za poslední čtyři roky před přerušením původního systému hnojení byl následovný: jarní ječmen - jetel - ozimá pšenice - kukuřice; následovaly dvouleté travní porosty a po nich ozimá pšenice - jarní ječmen, vystřídány kukuřicí. Aby bylo eliminováno sezonní kolísání úrovně přijatelného fosforu (V o p l a k a l, 1992b), byly odběry půdních vzorků prováděny vždy ve stejnou roční dobu (posklizňové odběry).

K hodnocení stavu jednotlivých ukazatelů fosforečného režimu byly použity metody, které publikovali: pro faktor kapacity (FQ) A m e r et al. (1955), pro sorpční index (SI) B a c h e , W i l l i a m s (1971), pro ukazatel (faktor) intenzity (FI) A s l y i n g (1954).

I. Přehled pokusných variant maloparcelových pokusů za jednotlivá období – Survey of the experimental variants of microplot trials in the individual time periods

Varianta ¹	Způsob, resp. kombinace hnojení v časovém úseku ²		
	1982 - 1988	1989 - 1990	od roku 1991 ³
1	0	0	N ₂ PK.Mg.org
2	Ca 1	0	N ₁ PK.org
3	Ca 3	0	PK.org
4	org 1	0	N ₁ PK.Mg
5	org 3	0	PK.Mg
6	NPK 1	0	N ₁ PK.Mg.org
7	NPK 2	0	PK.Mg.org
8	NPK 3	0	Mg.org
9	NPK.Ca 3	0	org
10	NPK.org 3	0	Mg
11	NPK.Ca.org 1	0	N ₂ PK.Mg
12	NPK.Ca.org 3	0	0

¹variant, ²the method or combination of fertilization, ³since 1991

VÝSLEDKY A DISKUSE

Účinky systematického intenzivního hnojení a vápnění na změny hodnot ukazatelů fosforečného režimu za první fázi pokusů (období do roku 1988) byly již popsány (V o p l a k a l, 1992a). Pro ilustraci časového vývoje hodnot režimových charakteristik bylo tehdy použito lineárních časových trendových rovnic ($y = a + b \cdot t$); pro návaznost jsme vypočetli rovnice tohoto typu i v této práci k demonstraci časového vývoje v dalších dvou pokusných etapách, i když jednoduchá lineární regrese zde není plnohodnotnou standardní metodou pro zpracování výsledků. Její výhodou je však její názornost (změny b -koeficientu jednoduchým způsobem reflektují změnu trendů). Abychom však tuto metodu mohli použít i pro krátká období druhé a třetí fáze pokusů, vypočetli jsme koeficienty těchto rovnic vždy pro kumulovaná období:

1. 1983 až 1988 (první fáze pokusů, kdy bylo intenzivně hnojeno);
2. 1983 až 1990 (první a druhá fáze pokusů, tedy včetně období bez aplikace hnojiv);
3. 1983 až 1992 (úhrn všech tří pokusných etap, tedy i počáteční léta s novým systémem hnojení).

Na základě vzájemného srovnání vývojových trendů za uvedená období je možné posoudit ovlivnění půdního fosforečného režimu (jeho jednotlivých ukazatelů) nejen v obou systémech hnojení, ale i reziduálními účinky původního intenzivního hnojení v krátkodobém časovém úseku při úplné eliminaci hnojiv i v nově zavedeném systému aplikace průmyslových hnojiv blízkému se alternativním podmínkám hospodaření. Výsledky časového vývoje jednotlivých režimových ukazatelů ve zmíněných obdobích jsou uvedeny v tab. II až IV.

Dlouhodobé časové trendy vyrovnávají výkyvy v jednotlivých letech trvání pokusů; doplňujeme proto tabulky vypočtených trendů grafickým znázorněním průměrných absolutních hodnot režimových ukazatelů FQ, SI, FI v nejdůležitějších pokusných variantách za posledních šest let trvání pokusů (obr. 1). Zlomkové indexy u jednotlivých grafů (1/1 ... 12/2) vyjadřují číslo pokusné varianty (tab. I) lomené číslem půdní skupiny.

Z technických důvodů by nebylo možné uvádět výsledky stanovení režimových charakteristik jednotlivých pokusných variant na všech sledovaných půdních představitelích. Využíváme proto možnosti již zmíněného seskupení sledovaných půd do dvou půdních skupin, v rámci nichž mají půdy velmi podobné vlastnosti i reakci na jednotlivé agrochemické zásahy a v grafech zobrazujících pro jednotlivé pokusné varianty vývoj hodnot režimových ukazatelů uvádíme jejich aritmetické průměry v rámci dané půdní skupiny (obr. 1).

Ovlivnění faktoru kapacity FQ

Z výsledků stanovení je patrné, že půdy shromážděné v první skupině disponují nevelkou pufrací schopností k fosforu, resp. nemají dostatečnou schopnost udržovat stabilizovanou úroveň hodnot kapacitního ukazatele; projevuje se to především v nulové (nehnojené) variantě (č. 1) v první etapě pokusů, kde pozorujeme zřetelný descendenční časový vývoj; ve druhé etapě, kdy po dva roky (pod travními porosty)

II. Časové trendy ($y = a + b.t$) hodnot faktoru kapacity FQ – Time trends ($y = a + b.t$) of the values of capacity factor FQ (mg P.kg^{-1})

Varianta ¹	Půdní skupina ²	Časové trendy ³		
		1982 - 1988	1982 - 1990	1982 - 1992
1	1	12,88 - 0,25	12,56 - 0,26	12,53 - 0,16
	2	19,80 + 0,08	19,70 - 0,03	20,03 + 0,15
2	1	25,82 + 3,77	27,44 + 3,10	27,47 + 2,65
	2	25,40 + 0,17	25,63 + 0,19	26,29 + 0,42
3	1	29,50 + 4,89	32,30 + 3,88	34,64 + 3,25
	2	22,30 - 0,45	22,48 - 0,11	23,42 + 0,37
4	1	24,24 + 2,77	26,17 + 2,30	27,95 + 2,07
	2	36,20 + 6,55	40,89 + 5,52	44,52 + 4,65
5	1	34,60 + 4,93	38,08 + 4,14	41,19 + 3,68
	2	52,40 + 9,56	59,89 + 8,41	65,74 + 7,24
6	1	20,19 - 0,16	20,15 - 0,15	19,91 + 0,16
	2	33,20 + 2,18	34,29 + 2,12	36,38 + 2,10
7	1	33,26 + 3,49	35,60 + 2,86	37,83 + 2,57
	2	45,30 + 5,73	49,79 + 5,04	53,82 + 4,59
8	1	46,74 + 6,99	52,34 + 6,20	57,04 + 5,51
	2	63,90 + 12,07	71,96 + 9,91	78,13 + 8,19
9	1	53,00 + 9,04	58,67 + 7,21	63,31 + 6,04
	2	60,10 + 10,59	67,63 + 8,90	73,43 + 7,49
10	1	51,50 + 8,58	57,93 + 7,37	62,08 + 5,89
	2	79,60 + 16,64	93,53 + 13,43	101,42 + 11,12
11	1	34,80 + 3,46	37,51 + 3,04	40,10 + 2,84
	2	46,60 + 6,36	51,23 + 5,50	54,99 + 4,76
12	1	57,60 + 10,56	65,43 + 9,04	70,55 + 7,23
	2	78,60 + 13,70	86,83 + 10,72	92,14 + 8,22

¹variant, ²soil group, ³time trends

III. Časové trendy ($y = a + b.t$) hodnot sorpčního indexu SI – Time trends ($y = a + b.t$) of the values of sorption index SI

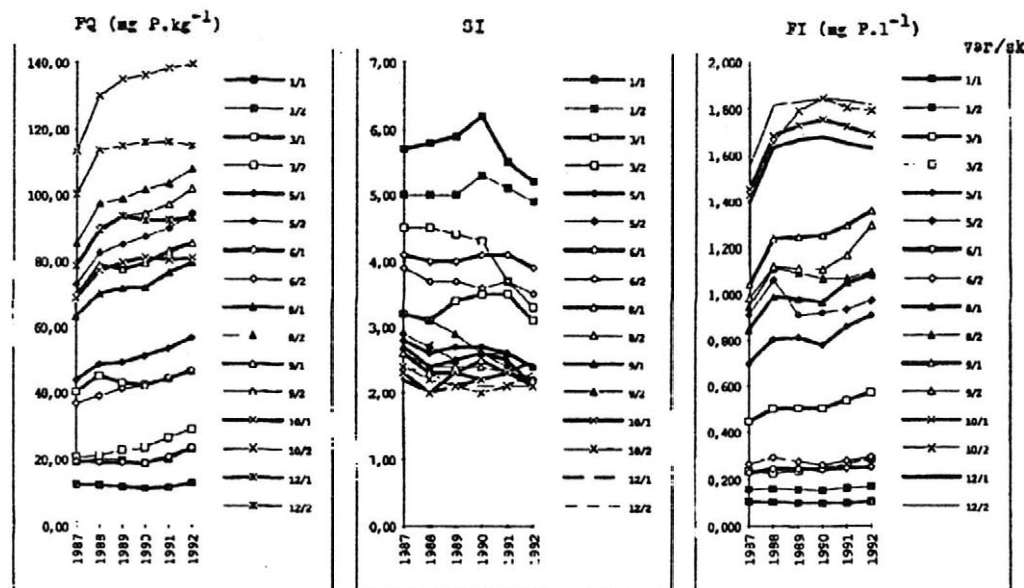
Varianta ¹	Půdní skupina ²	Časové trendy ³		
		1982 - 1988	1982 - 1990	1982 - 1992
1	1	5,39 + 0,11	5,54 + 0,13	5,50 + 0,06
	2	5,15 - 0,03	5,14 - 0,02	0,10 - 0,02
2	1	3,98 - 0,14	3,88 - 0,12	3,77 - 0,12
	2	3,92 - 0,21	3,84 - 0,14	3,72 - 0,13
3	1	3,66 - 0,13	3,61 - 0,09	3,55 - 0,07
	2	4,36 + 0,03	4,36 + 0,01	4,19 - 0,06
4	1	3,50 - 0,11	3,47 - 0,07	3,41 - 0,07
	2	3,88 - 0,23	3,77 - 0,18	3,64 - 0,15
5	1	2,98 - 0,14	2,93 - 0,10	2,85 - 0,09
	2	3,33 - 0,21	3,15 - 0,19	3,00 - 0,17
6	1	4,46 - 0,16	4,37 - 0,12	4,30 - 0,10
	2	4,20 - 0,13	4,08 - 0,13	3,99 - 0,11
7	1	3,72 - 0,28	3,58 - 0,20	3,48 - 0,16
	2	3,56 - 0,25	3,39 - 0,20	3,24 - 0,18
8	1	3,20 - 0,34	3,02 - 0,25	2,88 - 0,20
	2	2,96 - 0,18	2,82 - 0,15	2,70 - 0,14
9	1	3,01 - 0,23	2,90 - 0,16	2,80 - 0,13
	2	3,32 - 0,05	3,19 - 0,09	3,07 - 0,11
10	1	2,84 - 0,26	2,67 - 0,17	2,54 - 0,11
	2	2,78 - 0,21	2,61 - 0,18	2,52 - 0,14
11	1	3,48 - 0,06	3,43 - 0,05	3,36 - 0,07
	2	3,31 - 0,09	3,34 - 0,09	3,25 - 0,09
12	1	2,66 - 0,21	2,56 - 0,15	2,53 - 0,09
	2	2,56 - 0,11	2,46 - 0,10	2,41 - 0,08

For 1 - 3 see Tab. II

IV. Časové trendy ($y = a + b.t$) hodnot faktoru intenzity FI – Time trends ($y = a + b.t$) of the values of intensity factor FI (mg P.l^{-1})

Varianta ¹	Půdní skupina ²	Časové trendy ³		
		1982 - 1988	1982 - 1990	1982 - 1992
1	1	0,113 - 0,003	0,112 - 0,003	0,109 - 0,002
	2	0,160 ± 0	0,158 - 0,001	0,160 ± 0
2	1	0,271 + 0,029	0,290 + 0,024	0,305 + 0,019
	2	0,308 + 0,028	0,336 + 0,028	0,363 + 0,027
3	1	0,330 + 0,054	0,369 + 0,046	0,405 + 0,044
	2	0,244 - 0,007	0,248 - 0,003	0,250 + 0,001
4	1	0,258 + 0,030	0,251 + 0,024	0,289 + 0,019
	2	0,368 + 0,071	0,415 + 0,057	0,451 + 0,048
5	1	0,486 + 0,104	0,555 + 0,085	0,615 + 0,073
	2	0,602 + 0,157	0,612 + 0,108	0,723 + 0,082
6	1	0,196 + 0,016	0,207 + 0,013	0,215 + 0,011
	2	0,281 + 0,028	0,221 + 0,020	0,233 + 0,017
7	1	0,326 + 0,078	0,375 + 0,062	0,420 + 0,054
	2	0,460 + 0,094	0,508 + 0,069	0,547 + 0,056
8	1	0,580 + 0,144	0,668 + 0,113	0,740 + 0,094
	2	0,690 + 0,165	0,777 + 0,123	0,833 + 0,092
9	1	0,677 + 0,189	0,804 + 0,155	0,899 + 0,128
	2	0,707 + 0,138	0,797 + 0,112	0,876 + 0,097
10	1	0,978 + 0,239	1,148 + 0,201	1,250 + 0,156
	2	0,994 + 0,227	1,177 + 0,203	1,290 + 0,161
11	1	0,373 + 0,070	0,417 + 0,057	0,453 + 0,049
	2	0,458 + 0,078	0,511 + 0,065	0,551 + 0,055
12	1	0,901 + 0,230	1,067 + 0,201	1,164 + 0,161
	2	1,044 + 0,263	1,220 + 0,215	1,331 + 0,167

For 1 - 3 see Tab. II



1. Hodnoty jednotlivých režimových charakteristik půdního fosforu – Values of the individual soil phosphorus regime characteristics

nebyla hnojena žádná pokusná parcela (1989 až 1990), byly úbytky FQ-hodnot ještě rapidnější (tab. II, obr. 1). Ve třetím pokusném období (od roku 1991) při novém způsobu, blízkém alternativnímu systému (organické hnojení, snížené dávky minerálního hnojiva včetně hnojení hořečnatého), nastává postupný nárůst nízkých FQ-hodnot (obr. 1); v tabulce vývojových trendů za celé pokusné období (suma všech tří etap) nastává snížení absolutních hodnot úbytkového b -koeficientu ve srovnání s koeficientem platným pro úhrn prvního a druhého pokusného období. Naproti tomu ve druhé půdní skupině pozorujeme na nehnojené parcele (do roku 1988) spíše stagnaci hodnot; až ve druhé etapě dochází postupně k vyčerpání půdní pufrací schopnosti, resp. k výraznějšímu úbytku zásob mobilizovatelného fosforu a snižování FQ-hodnot (tab. II). V porovnání s první skupinou půd nastává výraznější přírůstek FQ ve třetí etapě, takže trendová rovnice za souhrn všech tří pokusných etap má již jednoznačně nárůstový charakter.

I když dávka fosforu aplikovaného v minerální formě je poměrně malá, kombinované organicko-minerální hnojení je vysoce efektivní; díky současné aplikaci organického hnojiva se zvyšuje podíl fosforu přeměněného v půdě do forem dostupných rostlinám (V o p l a k a l, 1986). Navíc současná aplikace hořečnatého-vápenatých hmot do značné míry koriguje acidifikační účinky průmyslového hnojiva, které zejména v kyselějších půdách první půdní skupiny by napomáhaly tvorbě málo dostupných Fe-fosfátů.

Obě půdní skupiny se zřetelně odlišují v obou vápněných variantách (č. 2 a 3) první pokusné etapy: zatímco jak nižší (Ca 1), tak i vyšší dávka vápna (Ca 3) působila

v první půdní skupině nárůstový trend FQ-hodnot, byl účinek zejména vyšších dávek vápna příčinou snižování úrovně kapacitního ukazatele (tab. II) v druhé půdní skupině patrně proto, že vlivem nadměrného zalkalizování půdního prostředí se vytvářejí podmínky pro retrogradaci fosforu ve formě Ca-P (III) podle frakcionace, jak uvádějí G i n z b u r g , L e b e d ě v a (1971), tj. tvorbou málo rozpustných fosforečnanů vápenatých. Ve druhém pokusném období, kdy byly půdy ponechány bez hnojení a vápnění, však u třetí pokusné varianty dochází k postupnému zvyšování FQ-hodnot tak, jak postupně odeznívají nepříznivé účinky převápnění půd druhé skupiny.

Ve třetí časové etapě po nasazení organického hnojení s nízkými dávkami průmyslového hnojiva pozorujeme u obou půdních skupin pozitivní vývoj (nárůstový trend) úrovně kapacitního ukazatele (tab. II), což je projevem mobilizačního účinku aplikovaného organického hnojiva na zbytky mobilizovatelných fosforečných rezerv se současnými přeměnami fosforu do vazeb typu Ca-P (I), resp. Ca-P (II) ve smyslu Ginzburg-Lebeděvy frakcionace (V o p l a k a l , S i r o v ý , 1986). Ve variantách č. 4 a 5 bylo v prvním období použito výhradně odstupňované organické hnojení (org 1, org 3). Tomuto systému hnojení odpovídal jednoznačně pozitivní vývoj FQ-hodnot v důsledku mobilizace půdních fosforečných rezerv a částečně i mineralizace organicky vázaného fosforu obsaženého v aplikovaném hnojivu (R o n V a z et al., 1993), což může být zvláště významné u půd s nižší přirozenou úrodností (půdy první skupiny). Zajímavým poznatkem je, že ve druhé etapě bez hnojení namísto očekávané deprese byl zaznamenán spíše jakýsi setrvačný pohyb - další (i když méně výrazný) nárůst FQ-hodnot (obr. 1) zejména u varianty č. 5 dříve hnojené vyššími dávkami kompostu.

Ve třetí časové etapě při hnojení malými dávkami průmyslových hnojiv (včetně hořečnatého hnojení) pokračuje dále nárůst hodnot FQ-ukazatele. Zvýšená účinnost minerálního hnojení je tu zřejmě důsledkem reziduálního účinku předchozího systematického organického hnojení. Ukazuje se, že organické hnojení může sloužit jako částečná náhrada hnojení průmyslovými (fosforečnými) hnojivy k udržení či dokonce k zvýšení zásoby mobilního fosforu. Nárůst obsahu mobilního fosforu v těchto variantách je však částečně způsoben i zvýšenou mineralizací nahromaděných zásob organicky vázaného fosforu v důsledku úpravy půdní reakce hořečnatá-vápenatým hnojením. Je to v souladu s podobnými zahraničními zkušenostmi (S t e w a r t , T i e s s e n , 1987). Pokusné varianty č. 6, 7 a 8 v první etapě pokusů zaměřené na sledování účinku stupňovaného minerálního hnojení (NPK 1 - 3) vykazovaly s výjimkou aplikace nejnižších dávek průmyslového hnojiva v první půdní skupině (varianta č. 6) nárůstové trendy FQ-hodnot (tab. II).

Během dvou let eliminace hnojení prakticky nebyl nalezen výraznější úbytek FQ-hodnot (kromě již zmíněné varianty NPK 1 v první půdní skupině); nahromaděná zásoba dostupného fosforu postačila prakticky pokrýt jeho potřebu zejména u půd s výhodnějšími podmínkami fosforečného režimu (druhá půdní skupina). Nový způsob hnojení (třetí etapa) byl volen tak, aby po nejintenzivnějším minerálním hnojením bylo po dvouleté přestávce aplikováno pouze organické hnojivo spolu s hnojením hořčíkem, zatímco na slaběji vyhnojovaných parcelách bylo aplikováno i snížené množství hnojiva průmyslového (včetně hořečnatého) v kombinaci s hnojivem orga-

nickým (tab. I). I v tomto případě můžeme nárůst FQ-hodnot ve třetím období varianty č. 8 považovat za důsledek mobilizace vysoké hladiny fosforu fixovaného v půdě (pocházejícího z průmyslového hnojiva) jednak příznivým omezením acidity hořečnatým hnojením a především mobilizačním působením organické hmoty. Ve variantách č. 6 a 7 lze k tomu připočíst i další přísun dostupného fosforu dodávaného v malých dávkách průmyslového hnojiva (v superfosfátové formě) při ochranném působení současně aplikované organické hmoty.

Kombinované působení vysokých dávek průmyslových hnojiv a intenzivního vápnění (NPK.Ca 3) (varianta č. 9) v první časové fázi pokusů vyvolalo vysoký nárůst FQ-hodnot v obou půdních skupinách; v první skupině, kde vápnění paralyzovalo okyselující účinek průmyslového hnojiva, došlo k nárůstu ještě výraznějším než ve variantě č. 8, zatímco u druhé půdní skupiny tomu bylo naopak zřejmě proto, že v podmínkách těchto půd byly tak vysoké dávky vápna nadbytečné, takže došlo až k určité alkalizaci. Během dvou let bez hnojení nebyl zaznamenán prakticky žádný pokles hodnot kapacitního ukazatele. Nasazení samotného organického hnojení (ve třetí fázi pokusů) má za následek další nárůst v obou půdních skupinách (obr. 1) v souvislosti s intenzivní mobilizací dříve nahromaděných zásob potenciálně dostupného fosforu účinkem organického hnojiva.

Systematické kombinované vyhnojování půd organickými i minerálními hnojivy v období do roku 1988 v pokusné variantě č. 10 (NPK.org 3) vedlo k vytvoření vysoké hladiny mobilního fosforu v podmínkách obou půdních skupin. Ve druhém období (bez aplikace hnojiv) se nárůstový trend FQ-hodnot sice poněkud zpomalil, avšak přesto setrvačně docházelo k dalšímu nárůstu, a to i ve třetím období, kde se hnojí pouze hořečnatým hnojivem. Je poněkud paradoxní, že větší nárůst od roku 1991 sledujeme ve druhé půdní skupině, která disponuje větší ústožnou schopností proti okyselení a která úpravu půdní reakce hořečnato-vápenatým hnojením prakticky nepotřebuje; domníváme se proto, že v tomto případě není přímou příčinou nárůstu FQ-hodnot samotné hořečnaté hnojení, ale spíše reziduální účinky organicko-minerálního hnojení z první pokusné etapy a celkově příznivější poměry, umožňující volnější vazbu fosforu než ve skupině první.

Pokusné varianty č. 11 a 12 představují v první fázi pokusů odstupňované kombinace organického a minerálního hnojení spolu s vápněním. I při nižší úrovni těchto agrochemických opatření (NPK.Ca.org 1) byl takto vytvořen velmi příznivý stav fosforečného režimu v obou seskupeních půd; ve druhé fázi bez přísunu hnojiv došlo k malému poklesu FQ-hodnot pouze v první skupině půd a následující úsporné hnojení průmyslovými hnojivy (včetně hořečnatého) znovu obnovilo nárůstový trend ve všech sledovaných půdách. V poslední variantě (NPK.Ca.org 3) došlo již v první etapě k vytvoření vysokých přírůstků mobilních forem fosforu. I v tomto případě byl během dvouleté eliminace hnojení pouze v první skupině nalezen určitý náznak poklesu FQ-hodnot. Ve skupině druhé dochází k určitému snižování úrovně kapacitního ukazatele teprve v průběhu třetí etapy, tedy v trvale nehnojené (nulové) variantě pokusů.

Ovlivnění sorpčního indexu SI

Z charakteru tohoto režimového ukazatele, vyjadřujícího míru nenasycení půdy mobilními formami fosforu, vyplývá, že jeho hodnoty, jejich dynamika v půdě, případně jejich vývojové trendy mohou být do jisté míry zrcadlovým obrazem analogických změn hodnot ostatních režimových fosforečných ukazatelů, resp. mohou být v inverzním vztahu k faktoru kapacity či intenzity.

V nehnojené variantě (č. 1) v průběhu první časové etapy dochází u půd první skupiny k výraznému nárůstu SI-hodnot; během dalších dvou let bez hnojiv se sorpční nenasycenost ještě prohloubila; ihned po nasazení nového systému kombinovaného hnojení (organického s malým podílem průmyslových hnojiv) však dochází k výraznému poklesu sorpční nenasycenosti, tj. ke snížení SI-hodnot (obr. 1), a dlouhodobý vývojový trend zahrnující všechny tři časové etapy naznačuje u první půdní skupiny snížení fosforečného deficitu oproti situaci v prvních dvou etapách pokusů (tab. III).

Jestliže mírně vápněné varianty (varianta č. 2) zaznamenaly v první pokusné etapě postupný pokles nenasycenosti půdy mobilními formami fosforu (tab. III), pak při intenzivním vápnění (varianta č. 3 = Ca 3) zjišťujeme ve druhé půdní skupině nežádoucí nárůst SI-hodnot v souvislosti s omezením pohyblivosti, resp. rozpustnosti fosforu při pH/KCl nad 7,5 (V o p l a k a l 1992a, b). Dvouletá přestávka ve vápnění a následující aplikace malého množství průmyslových hnojiv spolu s hnojením organickým však vede k postupnému zlepšení fosforečného nasycení i ve druhé půdní skupině (obr. 1); u dlouhodobé tendenci rovnice zjišťujeme změnu *b*-koeficientu žádoucím směrem (tab. III). Při přerušení systematického organického hnojení po první pokusné etapě (varianty č. 4 a 5) dochází u hydromorfních půd první skupiny okamžitě k nárůstu hodnot SI-ukazatele (u půd druhé skupiny docházelo spíše k stagnaci, resp. k přerušení příznivé tendence snižování sorpční nenasycenosti). Je zajímavé, že sorpční ukazatel SI indikoval tyto agrochemické zásahy citlivěji než ukazatel kapacitní FQ. K příznivému obratu dochází při aplikaci malých dávek průmyslového hnojiva ve třetí pokusné etapě (obr. 1).

U výhradně minerálně hnojených pokusných variant (č. 6 až 8) docházelo v první časové etapě k postupnému nasycování fosforečné sorpční kapacity všech sledovaných půd při všech úrovních hnojení, avšak ihned po přerušení aplikace hnojiv v roce 1989 dochází k přerušení descendenční tendence SI-hodnot (na rozdíl od setrvačné linie FQ-ukazatele), a to zejména u problémovějších půd první skupiny (obr. 1). Alternativní organické, případně organicko-minerální hnojení nasazené ve třetím období opět koriguje nepříznivý vývoj SI-hodnot.

Na rozdíl od variant hnojených v první etapě výhradně organicky (varianty č. 4 a 5), u nichž po eliminaci hnojení docházelo ihned ke stagnaci či spíše k nárůstu SI-hodnot, nenastává tento jev u variant hnojených před rokem 1989 kombinovaně (vysokými dávkami organického i průmyslového hnojiva, tj. varianta č. 10). V tomto případě patrně došlo k takovému nahromadění mobilních forem fosforu, že byly vytvořeny poměrně vysoké, stabilizované hladiny těchto forem při současném pokračování mobilizačního procesu, zejména ve druhé půdní skupině (tab. III).

V obou případech různě intenzivního kombinovaného organicko-minerálního hnojení včetně vápnění (varianty č. 11 a 12) bylo během první časové etapy dosaženo vysokého stupně nasycení fosforečné sorpční kapacity. Eliminace hnojení ve druhé etapě v podstatě nevyvolala výraznější nárůst SI-hodnot v půdách druhé skupiny; při déle trvajícím období bez aplikace hnojiv (nulová varianta nového systému hnojení) nastává zřetelný úbytek sorpční nasycenosti v těchto méně problémových půdách teprve až od roku 1992, tj. čtvrtý rok od eliminace hnojení.

Ovlivnění faktoru intenzity FI

Intenzitní ukazatel (A s l y i n g , 1954; S c h o f i e l d , 1955), který je výrazem fosfátového potenciálu v půdě, resp. je považován za indikátor koncentrace fosforu v půdním roztoku, patrně nejbezprostředněji reaguje na změny půdních podmínek a na různá agrochemická opatření. Změny, resp. tendence jeho změny se zpravidla dost přibližují pohybu úrovně ukazatele kapacitního. Pro zjednodušení se proto zaměříme především na ty případy, kdy jsou tendence odlišné, kde je odezva výraznější či časově posunutá.

V nulové variantě č. 1 je pokles FI v průběhu obou nehnojených časových etap plynulý, téměř rovnoměrný a aplikace omezené dávky průmyslového hnojiva spolu s organickým hnojením se projeví prakticky okamžitě nárůstem hodnot intenzitního ukazatele (u skupiny druhé je nárůst výraznější). Nadbytečné vápnění půd této skupiny není efektivní, ale jeho eliminace ve druhé etapě zřejmě umožňuje rozpouštění části retrogradovaného fosforu, a tím zvýšení FI-hodnot (obr. 1). U půd předběžně organicky hnojených (varianty č. 4 a 5) se dvouleté přerušení hnojení sice projeví okamžitým poklesem FI-hodnot (obr. 1), ale následná aplikace nízkých dávek průmyslového hnojiva ve třetí etapě vzápětí obnoví narůstající vývojový trend (tab. IV).

Na rozdíl od kapacitního ukazatele je i nižší dávka průmyslového hnojiva (varianta č. 6 - NPK 1) indikována nárůstem FI-hodnot (tab. IV), avšak poměrně citlivě je registrován i dvouletý výpadek v aplikaci hnojiv, i když pokles FI-hodnot nedosahuje kritických hodnot vymezených pro jednotlivé režimové ukazatele (D a m a š k a , V o p l a k a l , 1986). Relativní pokles FI-hodnot během dvouletého období bez aplikace hnojiv byl menší u půd, jejichž stav fosforečného režimu byl na vyšší kvalitativní úrovni (obr. 1). Půdy fosforem chudé, s menší zásobou mobilizovatelných forem fosforu mívají nižší pufrací schopnost udržovat rovnovážný stav FI-hodnot i dalších režimových ukazatelů.

Při značném omezení dávek průmyslových hnojiv (z ekonomických i ekologických důvodů), avšak při dostatečném organickém hnojení a adekvátní úpravě půdní reakce lze udržet vyhovující úroveň fosforečného režimu. Předpokladem je ovšem efektivní využívání potenciálně dostupných fosforečných rezerv v půdě jejich mobilizací a současně i dosažení co nejvyššího využití fosforu aplikovaného do půdy, zejména omezením nežádoucí kyselé fixace, ale i retrogradace (při nepřímém vápnění).

Literatura

- AMER, F. - BOULDIN, D. - BLACK, C. A.: Characterization of soil phosphorus by anion exchange resin absorption and ^{32}P equilibration. *Pl. and Soil*, 6, 1955: 391-408.
- ASLYING, H. C.: The lime and phosphate potential of soils, the solubility and availability of phosphates. *Roy veter. agric. Voll. Yearb.*, 1954: 1-50.
- BACHE, B. W. - WILLIAMS, E. G.: A phosphate sorption index for soils. *J. Soil Sci.*, 22, 1971: 289-301.
- DAMAŠKA, J. - FOJTÍK, L. - KLEIN, M. - VESELÝ, K.: Některé zákonitosti vývoje úrodnosti a produktivity zemědělských půd okresu Ústí nad Orlicí. [Závěrečná zpráva.] Praha, VÚZZP 1984.
- DAMAŠKA, J. - JUNGROVÁ, D.: Vliv systematického hnojení na vývoj plošné heterogenity půdních forem fosforu a draslíku. In: Sbor. VI. půdoznal. Konf., 2, 1985: 335-340.
- GINZBURG, K. E. - LEBEDĚVA, A. L.: Metodika opredělenija mineralnych form fosfatov počvy. *Agrochimija*, 7, 1971: 38-44.
- PAVEL, L. - DAMAŠKA, J.: Statistické hodnocení plošné variability agrochemických vlastností okresu Ústí nad Orlicí. Sbor. ČSVTS-ACHP, Mistrovice, 1988: 160-168.
- RON VAZ, M. D. - EDWARDS, A. C. - SHAND, C. A. - CRESSER, M. S.: Phosphorus fractions in soil solution: Influence of soil acidity and fertilizer additions. *Pl. and Soil*, 148, 1993: 175-183.
- SCHOFIELD, R.: Can a precise meaning be given to available soil phosphorus. *Soil and Fertil.*, 18, 1955 (5): 4-11.
- SIROVÝ, V. - ČÍŽEK, V. - DAMAŠKA, J. - VOPLAKAL, K. et al.: Ověřování a zpřesňování metodických postupů pro sledování dynamických jevů ovlivňujících produkční potenciál. [Závěrečná zpráva.] Praha, VÚZZP 1987.
- STEWART, J. W. B. - TIESSEN, H.: Dynamics of soil organic phosphorus. *Biogeochemistry*, 4, 1987: 41-60.
- VOPLAKAL, K.: Fosforečný režim v podmínkách polních pokusů. *Rostl. Výr.*, 32, 1986 (3): 239-246.
- VOPLAKAL, K.: Účinek hnojení a vápnění na přeměny fosforu v půdách podhorských oblastí. *Rostl. Výr.*, 38, 1992a (1): 21-30.
- VOPLAKAL, K.: Teplotní a vlhkostní ovlivnění obsahu dostupného fosforu v půdě a jeho změny během vegetace. *Rostl. Výr.*, 38, 1992b (12): 977-981.
- VOPLAKAL, K. - SIROVÝ, V.: Účinek krátkodobé inkubace půdy s některými organickými látkami na mobilitu půdního fosforu. *Věd. Práce VÚZZP Praha*, 4, 1986: 93-97.

Došlo 21. 9. 1993

VOPLAKAL, K. (Research Institute for Soil and Water Conservation, Praha):

Consequences of the reduced industrial fertilizer application on the phosphorus behaviour in soils.

Rostl. Výr., 40, 1994 (1): 81-95.

Ten years ago, in the submontane district Ústí nad Orlicí, the system of microplot trials in the different soil-climatic conditions was founded. Its purpose was to investigate the effect of the fertilization and that of liming on the different soil properties, e.g. on the development of soil phosphate regime.

During the first period (till 1988), the system of fertilization consisted of applying graduated doses of fertilizers and organic manure in the combination with graduated doses

of lime. In the second experimental period, the plots were left without fertilization and grass was grown on them. In the third period (since 1991) a new system of fertilization, corresponding to the alternative type of agriculture, was applied, consisting mainly in the fertilization with the organic manure, and in some experimental variants, in combination of manure with considerably reduced doses of mineral fertilizers (including the magnesium fertilization). The scheme of fertilization was deliberately designed as completely different from that used in the first period. Long-term development trends of the soil phosphate regime characteristics (Tabs II to IV) can be observed not only in the first time period, when the high doses of fertilizers were applied, but also in the third period during which the system of fertilization was different.

A distinct influence can be observed of the two years' interrupting of fertilization and/or liming, as well as the residual effects of the previous fertilization or manuring and/or liming on the phosphorus regime in the soil. For easier evaluation of the results it seemed to be possible and advantageous to group the soils investigated into two soil groups, characterized by similar conditions for the phosphorus fixation, its transformation and mobilization. The response to agrochemical measures of individual soils within the same group is almost identical. In addition to the tables giving the survey of the time trends of the capacity (FQ), intensity (FI) and sorption (SI) characteristics in the experimental variants, we present also a graphical scheme of the soil phosphorus regime characteristics in the last six years (Fig. 1). The fractional indices on individual curves (1/1 ... 12/2) are the sequence numbers of the experimental variant (Tab. I) over the sequence number of the soil group. The first soil group is composed mainly of hydromorphic soils with more acid reaction, relatively heavier texture and more intensive phosphorus fixation capacity, while in the second soil group mainly less acid soils occur, such as orthic Luvisol and different subtypes of Cambisols, mostly with less heavy texture, more resistant against the acidification and with less stable bonds between phosphorus and soil.

It is evident from the results, that the soils in the first group have only limited ability to maintain a balanced level of mobile phosphorus: in the non-fertilized zero variant during the first period a remarkably descending trend of both FQ and FI can be observed. The reciprocal increase of the SI-values indicates the lowering of the phosphatic soil saturation; during the following two years, when no fertilizers were applied, this phosphorus unsaturation of the soil was progressing further.

The second soil group possesses a considerably higher buffering ability. Consequently, a remarkable decrease of the regime characteristics could only be observed during the second time period (Tabs II, IV). However, as soon as the organic manuring with the addition of small doses of fertilizers was applied in the third period, the increase of the low levels of the regime characteristics took place again. The difference between the both soil groups is very distinct in the non-fertilized but limed variants (var. 2, 3): in the first soil group both levels of liming influenced positively the regime characteristics, while the higher level of liming was excessive in the second soil group and the retrogradation of phosphorus occurred; after the two years' break in the application of lime, the unfavourable effect of the excessive liming disappeared, while in the course of the third period, due to application of both organic and mineral fertilization, the long-term development trend shows, that the characteristics increase (Tabs II, IV).

In the variant that was manured exclusively with the organic matter in the first time period, distinct mobilization of the potentially mobilizable phosphate reserves took place during that period. In the course of the second period, due to the absence of fertilization, different effects of it on the individual regime characteristics were observed: FQ-values were practically on the same level (even a certain increase of them could be registered), whereas the decrease of intensity values indicated the deficiency of the most mobile part of soil phosphate. At the same time, the increase of SI-values demonstrated the increase of the soil phosphate sorption unsaturation. However, in the third period, due to the application of small doses of the industrial phosphate fertilizer, all the three regime characteristics were very soon positively influenced. The increased efficiency of phosphate fertilizers, which can be explained by an advantageous fixation mechanism of phosphorus in its more mobile forms, is probably caused by the residual effect of the previously applied organic manure (Fig. 1).

Similarly, we observe a mobilization effect of the organic manuring in the third period in those experimental variants, in which high doses of industrial fertilizers had been applied during the first period: the heavy doses of the organic matter applied support the mobilization of the previously applied and accumulated phosphorus (var. 6 to 8). Beside this, a favourable effect of the magnesium fertilization (dolomite) is observable. Magnesium reduces the acidification effect of the industrial fertilizers applied in the course of the first period. In the variants which had been fertilized with both organic and industrial fertilizers or with the combination of industrial fertilizers and lime, high levels of the soil phosphate regime characteristics were established during the first period; it was only in the case of the soils of the first soil group that the levels of the phosphate characteristics were reduced during the subsequent two years' break in fertilization.

A favourable development of the phosphate regime was then easily re-established in the course of the third period with help of organic manuring or magnesium fertilization (var. 9, 10). In the variants in which the application of fertilizers was completely stopped (i. e., in non-fertilized zero variants in the third experimental period), a slow decrease in the phosphate characteristics occurred from the originally high levels (mainly in the first soil group).

A conclusion from the results can be made that the restriction of the doses of the industrial fertilizers can successfully be compensated using the organic fertilization, provided that this is followed by an adequate correction of the soil reaction.

Kontaktní adresa:

Ing. Karel V o p l a k a l, CSc., Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Žabovřeská 250,
156 27 Praha 5-Zbraslav

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS CONTRIBUTING TO THE SCIENTIFIC JOURNAL ROSTLINNÁ VÝROBA (PLANT PRODUCTION)

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

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

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

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

Manuscript layout shall correspond to the State Standard ČSN 88 0220 (quarto, 30 lines per page, 60 strokes per line, double-spaced typescript). Tables, figures and photos shall be enclosed separately. The text must contain references to all these annexes.

The title of the paper shall not exceed 85 strokes. It is necessary to avoid in the title the usage of common expressions. Subtitles of the papers are not allowed either.

Brief summary is an information selection of the contents and conclusions of the paper, it is not a mere description of the paper. It must present all substantial information contained in the paper. It shall not exceed 170 words. It shall be written in full sentences, not in form of keynotes. It is published in the language the paper is written in, it should comprise base numerical data including statistical data.

Longer summary is a basis of English translation, it should contain comments in extend about two typed pages on the results of the study, references to tables and figures, or to the most important literary citations. It may be submitted in English.

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

Review of literature should be a short section, containing only literary citations with close relation to the treated problem. It is recommended to cite the lowest possible number of authors.

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

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

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

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

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

The author shall give his full name (and the names of other collaborators), academic, scientific and pedagogic titles, full address of his workplace and postal code.

A STUDY OF SOIL COVER AND TRANSPORT PROCESSES IN SOILS OF WATERLOGGED SLOPES

P. Novák

Research Institute for Soil and Water Conservation, Praha

The soils on slopes, mainly waterlogged ones in mountainous and hilly territories have some specific features in which they differ from waterlogged soils of plains and depressions. The main problems are: lateral flow of water in different depths, transport of many substances with the flowing water, occurrence of slopes springs. Relations between the complicated soil cover and shallow lateral water flows resulting in migration of some substances are the subject of this paper. In the studied area a very detailed soil survey was carried out. About 220 profiles were estimated. All attained results were evaluated and graphically represented using the computer graphics. Following data and characteristics were evaluated: thickness of the horizon of organic matter accumulation; content of organic matter: thickness and morphology of hydroelluvial (water transmitting) horizon: depths of water impervious layers; content of total Fe as a sample of transporting matters; pH value; soil genetical units; formation of soil hydromorphic catenas. Directions of lateral shallow subsurface flows were constructed on the basis of previous results. Some conclusions could be generalized: main directions of shallow lateral flows do not follow straight directions down the slope; they do not correspond with the meso- and microrelief of the terrain; many substances (of natural as well as human origin) migrate with the water; redistribution of these materials has some regularities; inverse catenas with the decreasing hydromorphism down the slope develop under the slope springs. Complicated but inevitable conditions, mosaic soil cover, lateral flows and redistribution of some matters should be taken into account in reclamation, investigation efforts and taking samples.

It often happens with investigations and some practical efforts that the great variability of soil cover in general is not taken into account. This applies mostly to the soil cover of waterlogged areas and particularly to the soil cover of waterlogged slopes (mostly in our hilly and mountainous areas), where complicated movement of water is connected with complicated geological, hydrological, lithological and pedological conditions. The presence or absence of layers with good water transmitting properties, of barriers to groundwater flow as well as springs, and the relation between groundwater and surface water, will directly or indirectly affect the conditions for soil genetic processes, for the formation of soil genetic units and for inner soil transport processes.

Complicated conditions of soil development result in differentiated spreading of many soil components in a certain territory. Inaccurate characterization of the soil cover situation, the soil forming factors and soil transport processes can cause problems in agriculture and failure of some soil improvement practices; moreover, it can lead to incorrect conclusions in the evaluation of a soil component, environment component analysis and soil monitoring.

The research of soil cover structure started with the theoretical concepts of the pedon and polypedon (Johnson, 1963; Simonson, 1974; Rozanov, 1975) and with a more practical approach of pedocomplex mapping (Haase, Schmidt, 1970; Fridland, 1972, 1973) in the course of soil surveys and analyses of soil problems in a relatively small area. The best basis for our purpose is provided by works dealing with the classification and mapping of soil-geographical sequences - soil catenas (Haase, 1969; Thiery, Morgenstern, 1970; Schmidt, 1971) and especially in works dealing with semi- and hydromorphic catenas (Zuska, 1973, 1974; Němeček, Novák, 1984; Novák, 1982, 1986).

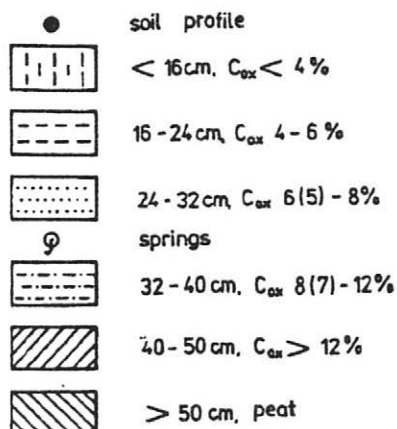
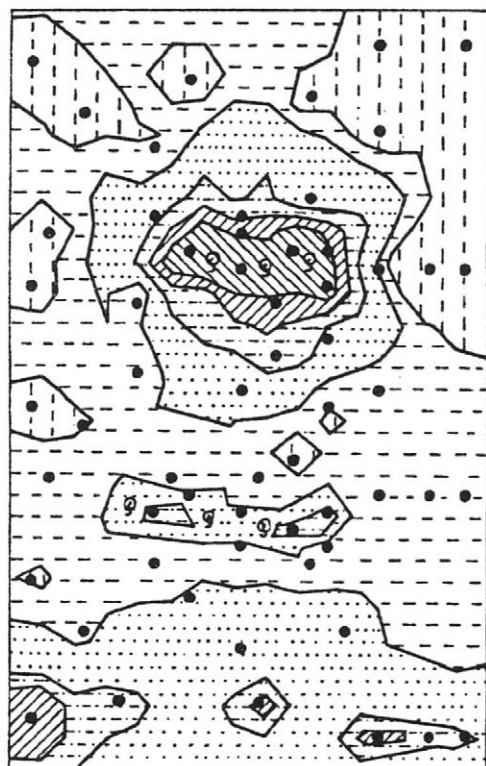
MATERIAL AND METHODS

The studied locality Strážný (the Prachatice district, Bohemian Forest) is an extreme, though typical example of soil cover heterogeneity and of the problems of the lateral flows through the soil. The studied area was about 8 ha in size (200 x 400 m) on an even slope (gradient 8°) with SW exposure, without visible undulation; it passes into a flat terrain depression. The locality is at the altitude of 870 m a.s.l. on average. The annual average temperature is 4.1 °C, annual rainfall 1100 mm. Colluvial material derived from gneiss with granite boulders is the parent substrate. The studied area is a part of a longer slope; a forest is located about 150 m above our area. The land is used as a mountain meadow.

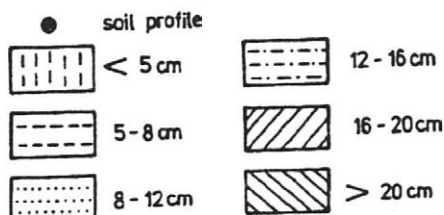
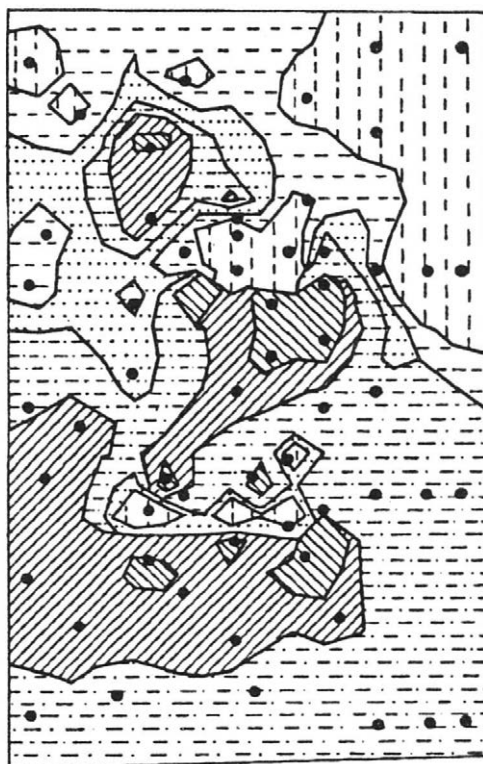
A detailed study on soil cover was carried out at hollow ditches for systematic drainage ($L = 11$ to 13 m). First approximately 220 soil profiles were measured, morphologically estimated and classified; then 60 representative profiles were chosen. Their location is shown in Figs 1 to 5. Samples for both physical and chemical analyses (pH, C_{ox} , total Fe, cores for physical characteristics and others) were taken from the latter ones. Morphological and analytical data were computer-processed and visualized by computer graphics; the simplifications of images were re-drawn (Figs 1 to 4).

A larger part of the studied area was excessively waterlogged, permanently or periodically. The causes of waterlogging are as follows:

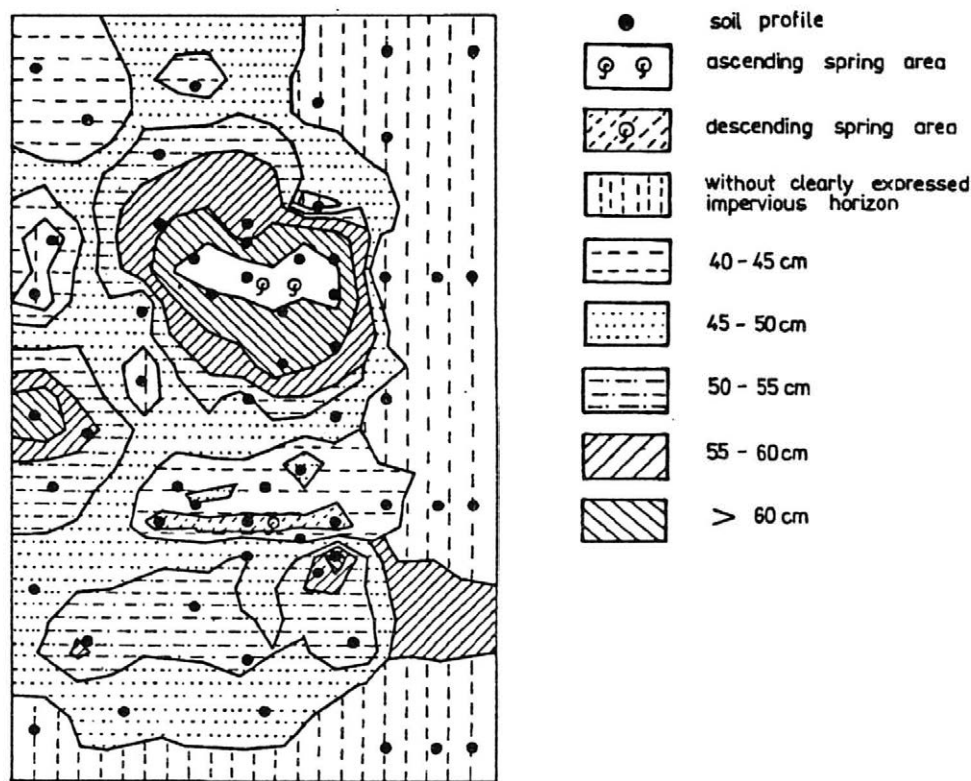
- periodical surface flow of water from a forest above the area;
- permanent ascending spring on one third of the slope length;
- line periodical descending spring on rising impervious layer;
- limited runoff and water stagnation in the terrain depression;
- thick impervious horizon at the depth of 0.2 to 0.9 m causing shallow subsurface lateral water flow through the water transmitted horizon above it.



1. Thickness of horizon of organic matter accumulation



2. Thickness of hydroelluvial (water-transmitting) horizon



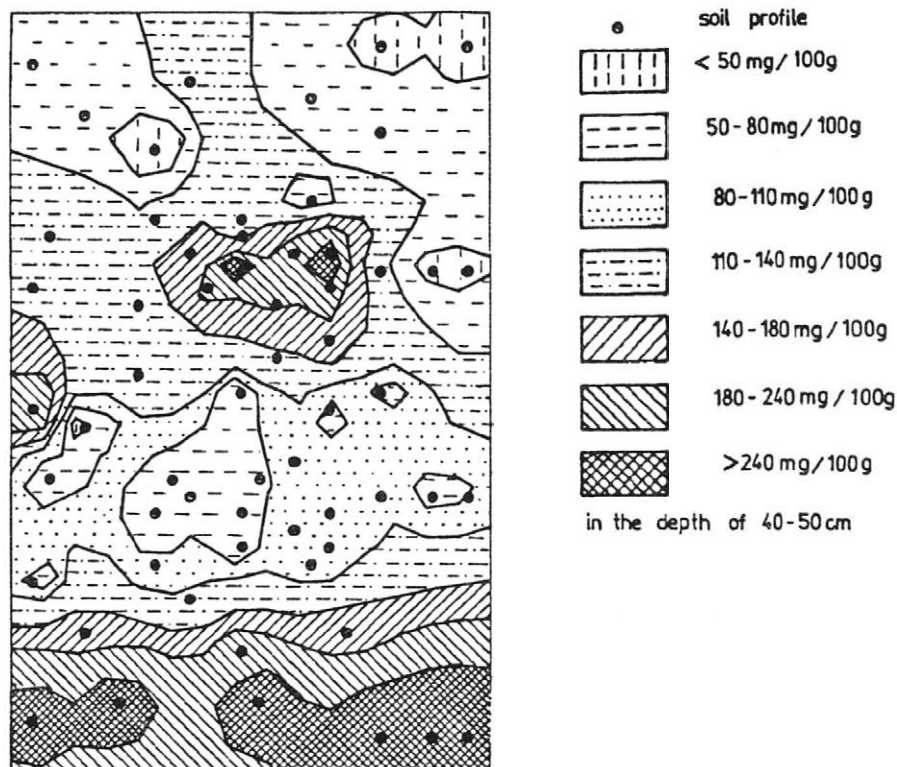
3. Depth of water impervious horizon

RESULTS AND DISCUSSION

The horizon of organic matter accumulation is significantly differentiated in thickness and in the content of humus (C_{ox} resp.); lens of peat have been created on the ascending spring; other peaty horizons are in the places of permanent excess of water, e.g. in the depression and at the lower (descending) spring (Fig. 1).

Water transmitted hydroelluvial horizon is very distinct and has been created in a larger part of the locality. Its thickness varies from 5 to 25 cm and it is leached out, nearly without rusty accumulations or concretions, nonstructural, with macropores, lighter in texture, differentiating in physical characteristics (above all horizontal hydraulic conductivity) from the lower layers. The intensity of the lateral inner flow was characterized by the morphology and physical characteristics at the control point. The soil profiles containing this horizon could be classified as hydroelluvial varieties of relevant soil types (Figs 2, 5).

Most profiles show distinct differentiation in physical characteristics of individual horizons. Stiffened water impervious layers appear from the depth of 0.2 to 0.9 m under relatively loose water transmitted layers. The depth of the stiffened impervious horizon in the area is shown in Fig. 3.



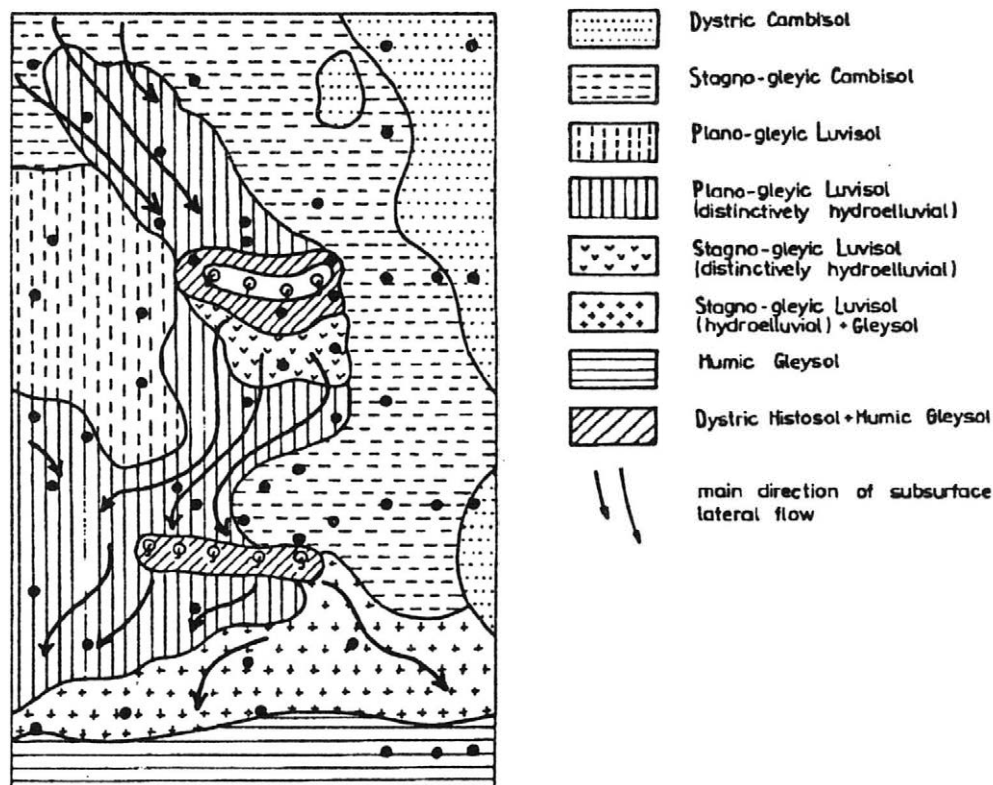
4. Fe distribution and content

Mobile components (Fe, Mn, Al) are washed away by the lateral subsurface flow to the depression where they accumulate. The ascending spring (rich in minerals from rocks) can also be a source of the Fe, Mn, Al and other elements. Fig. 4 shows the total Fe content in a depth of 40 to 50 cm.

From the point of view of soil genetics the creation of unusual inverse hydromorphous catena located under the permanent spring is extraordinarily remarkable. Hydromorphism of this inverse catena gradually decreases down along the slope with every segment of the catena: Histosol, Humic Gleysol, Stagno-gleyic Luvisol, Plano-gleyic Luvisol, Stagno-gleyic Cambisol in FAO classification. The length of all segments is about 160 m (Fig. 5).

Soil cover out of the reach of the slope springs can be characterized as irregularly formed semi- and hydromorphic catena with normal sequence down the slope: Cambisol, Stagno-gleyic Cambisol, Pseudogleyic Luvisol, Humic Gleysol (Fig. 5).

The computer graphics of the pH values was not sufficiently conclusive, but lower pH values are partly typical of a more distinct hydroelluvial horizon (that means in the depths of 20 to 50 cm). The main directions of subsurface lateral flows were constructed by means of pH values together with other characteristics.



5. Soil cover and main directions of lateral flow

CONCLUSIONS

Although the studied locality is rather extreme (but it was chosen purposefully as an illustrative example), it is possible to generalize some of the findings. Such phenomena, as described above, can be found nearly in all seasonally or permanent waterlogged slopes anywhere.

The main directions of shallow subsurface lateral flow do not follow the shortest straight direction down the slope. Similarly they do not correspond with the meso- and microrelief of the terrain surface. Directions of lateral flows depend on relative transmissivity and/or impermeability of particular soil layers which are given lithologically and/or soil-genetically (Fig. 5). They were constructed on the basis of the results.

A number of substances can migrate with the water lateral flows through the area. They are substances of both natural origin (as natural components of the soil body) and of artificial - industrial fertilizers, herbicides, pesticides, trace elements etc. The last ones are especially important for their high mobility in strongly acid conditions of most mountain soils. Migration of these materials, their depletion and/or enrichment in certain part of sloping areas is given not only by the activity of flowing or

stagnation water but also by different ability to be fixed by humus - its quantity and quality. Redistribution of matters is regular and defines a combined result of all processes. It can be predicted only on the basis of good knowledge of soil cover and internal soil processes, including the lateral flows.

Any kind of soil improvement cannot be carried out routinely according to deep-rooted ideas that waterlogging gradually increases down the slope, or soil conditions near slope springs are all about the same. The development of inverse catenas is qualified by conditions of percolation and evapotranspiration. Such catenas represent a complicated soil cover which must be taken into account in soil reclamation.

The new Czech Morphogenetic Soil Classification System (MKSP) as well as an older one (KPP) or FAO Classification System do not contain any unit for semi- and hydromorphic soils with distinctively developed hydroelluvial horizon. Such profiles are not so rare as was mentioned above. This matter of fact will have to lead to necessary completing the Czech Morphogenetic Soil Classification System on the level of varieties or even subtypes of relevant soil types.

References

- FRIDLAND, V. M.: Struktura počvennoho pokrova. Moskva, Mysl 1972: 423 p.
- FRIDLAND, V. M.: Geometričeskaja charakteristika struktur počvennoho pokrova. In: Sbor. Struktura počvennoho pokrova v sisteme zakonomernostej geografii počv. Vopr. Georg. Moskva, Mysl 104, 1973.
- HAASE, G.: [Habil.-Schr.] Dresden, 1969 - Techn. Univ.
- HAASE, G. - SCHMIDT, R.: Die Struktur der Bodendecke und ihre Kennzeichnug. Albrecht-Thaer-Arch., 1970 (5): 399-412.
- JOHNSON, W. M.: The Pedon and Polypedon. Soil Sci. Proc., 27, 1963 (2): 212-215.
- NĚMEČEK, J. - NOVÁK, P.: Diagnostika hydromorfismu. [Report.] Praha-Zbraslav, VÚZP 1984.
- NOVÁK, P.: Složitost půdního pokryvu odvodňovaných lokalit vrchovinných oblastí. Meliorace, 18, 1982 (1): 13-20.
- NOVÁK, P.: Soil genetics in hydropedological survey in mountain areas. Roczn. Glebozn. (Warszawa), 37, 1986 (1): 215-223.
- ROZANOV, B. G.: Genetičeskaja morfologija počv. Moskva, Izd. MGU 1975: 294 p.
- SCHMIDT, R.: Ergebnisse und Fortschritte in der Erforschung der Struktur der Bodendecke für die Charakterisierung heterogener Standorteinheiten. Arch. Bodenfruchtbarkeit, 1971: 5-21.
- SIMONSON, R. W.: Outline of a generalized theory of soil genesis. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 23, 1974: 152-156.
- THIERIE, J. - MORGENSTERN, H.: Zur Typisierung der Hydromorphiemarken Stauvermassen Böden. Albrecht-Thaer-Arch., 1970 (5): 413-423.
- ZUSKA, V.: Příspěvek k diagnostice půd se znaky hydromorfního vývoje. Meliorace, 9, 1973 (1): 13-21.
- ZUSKA, V.: Charakteristika typických katén semihydromorfních a hydromorfních půd. [Ann. Rep.] Praha-Ruzyně, VÚRV 1974.

Received on September 21, 1993

NOVÁK, P. (Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha):

Studie půdního pokryvu a transportních procesů v půdách zamokřených svahů.

Rostl. Výr., 40, 1994 (1): 97-104.

Půdy svahů, a to zejména zamokřených částí svahů v horských a podhorských oblastech, mají některé charakteristické znaky, které je odlišují od zamokřených půd plošin a depresí. Hlavními problémy v těchto oblastech jsou výskyt svahových pramenů, laterální podpovrchový tok vody v různé hloubce půdního profilu a transport řady látek s proudící vodou. Předmětem příspěvku jsou vztahy mezi komplikovaným půdním pokryvem a laterálním tokem vody, který způsobuje migraci řady látek a jejich zákonité rozdělení v ploše a krajině.

Na studovaném území o ploše zhruba 8 ha byl proveden velmi detailní půdní průzkum. Bylo zhodnoceno 220 profilů. Získané výsledky byly vyhodnoceny a graficky zobrazeny za použití počítače. Byly charakterizovány a zhodnoceny: mocnost horizontu akumulace organických látek; obsah organických látek; mocnost a morfologické znaky hydroeluvialního (vodovodného) horizontu; hloubka vodonosného horizontu; obsah celkového Fe jako typického případu migrujících látek; hodnoty pH; klasifikační zařazení profilů (pedonů); tvorba půdních hydromorfních katén. Na základě uvedených výsledků a charakteristik byly konstruovány směry mělkých laterálních podpovrchových toků.

Ze studie vyplynuly určité všeobecné závěry: hlavní směry podpovrchových laterálních toků nesledují vždy přímý směr dolů po svahu; tyto podpovrchové toky neodpovídají mezo- a mikroreliefu terénu; řada látek přirozeného i antropogenního původu je transportována proudící vodou; dochází k zákonitému a víceméně pravidelnému očištění a obohacení jednotlivých částí plochy o tyto látky, tzn. k zákonitému rozdělení obsahů látek v krajině; pod svahovými prameny se vytvářejí tzv. zvrtné katény s klesající intenzitou hydromorfního vývoje. Je zdůrazněna nutnost doplnění nové klasifikace půd (MKSP) o hydroeluviované variety či subtypy semi- a hydromorfních půd.

Contact Address:

Ing. Pavel Novák, CSc., Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Žabovřeská 250,
156 27 Praha 5-Zbraslav

ROZŠÍŘENIE ŠEDOZEMÍ NA ÚZEMÍ ČESKEJ REPUBLIKY

A. Žigová

Šedozeme na úrovni pôdneho typu vydeľujú H r a š k o a kol. (1991), N ě m e - č e k (1981, 1982, 1990), N ě m e č e k a kol. (1990). Šedozeme sa formujú na sprašiach, prípadne sprašových hlinách. V legende k pôdnej mape sveta sú označené ako Greyzems (1988). Vývoj tohto pôdneho typu je charakterizovaný tvorbou molického humusového horizontu a organoluvického B horizontu. Pri zvýšení množstva polymerizovaných organických látok viazaných ílom sa hranica koagulácie zvyšuje na 12 až 17 mg.l⁻¹ Ca²⁺. Dochádza preto pri šedozemiach k ilimerizácii už pri slabo kyslej reakcii (N ě m e č e k , 1981, 1990). Pri prevedení KPP nebol tento pôdny typ vydeľený.

Podľa komparácie MKSP a KPP šedozem typická zodpovedá černoze ilimerizovanej a šedozem hnedozemná zodpovedá hnedozemi černoze. Podľa MKSP (H r a š k o a kol., 1991) sa šedozeme podrozdeľujú na pôdne subtypy so stratografiou: šedozem typická (SMm) Am - AE - Bth - BC - C, šedozem hnedozemná (SMh) Am - Bth - BC - C. Príklad analytickej charakteristiky šedozeme typickej uvádzame v tab. I. Pre našu prácu sme použili špeciálne sondy KPP z toho dôvodu, že ich podrobná morfológická a analytická charakteristika umožňuje presne diagnostikovať pôdny typ a subtyp. Zároveň špeciálne sondy reprezentujú najrozšírenejšie pôdne typy na danom území.

Bola použitá databáza špeciálnych sond. Z celkového počtu 1288 bolo 16 diagnostikovaných ako šedozem typická a 7 ako šedozem hnedozemná. V Českej republike šedozeme typické pokrývajú plochu 21 938 ha a šedozeme hnedozemné zaberajú plochu 5640 ha. Pre hodnotenie klímy sme použili Atlas podnebí ČSR (1958) a pre označenie substrátov metodickú publikáciu, ktorú uverejnili N ě m e č e k a kol. (1967).

V tab. II uvádzame lokalizáciu šedozemí a charakteristiky týkajúce sa pôdotvorného substrátu, nadmorskej výšky a klimatického okrsku podľa Končeka. Šedozeme nášho súboru sú rozšírené v oblasti pahorkatín: 60,9 % uvedeného pôdneho typu sa vyskytuje vo Východočeskom kraji, 17,4 % v Stredočeskom kraji, 13,0 % v Severomoravskom kraji a 8,7 % v Juhomoravskom kraji. Z výsledkov vyplýva, že výskyt šedozemí je limitovaný pôdotvorným substrátom, ktorým je v našom prípade spraš, a v značnej miere klímou; 73,9 % šedozemí sa nachádza v miernom teplej oblasti v okrskoch B₂, t. j. mierne teplom, suchom s prevažne miernou zimou, s priemernými ročnými zrážkami 500 až 600 mm, s priemernou ročnou teplotou 8 až 9 °C, s dažďovým faktorom podľa Langa 70 až 80, s priemernou júlovou teplotou 18 až 19 °C, s priemernou januárovou teplotou -2 až -3 °C a v okrsku B₃, t. j. mierne teplom, miernom vlhkom, s miernou zimou, pahorkatinovom, s priemernými ročnými zrážkami 550 až 600 mm, s priemernou ročnou teplotou 8 až 9 °C, s dažďovým faktorom podľa Langa 60 až 70, s priemernou júlovou teplotou 17 až 18 °C, s priemernou januárovou teplotou -2 až -3 °C.

N ě m e č e k , T o m á š e k (1983) uvádzajú pre pôdne mezokombinácie, v ktorých sú zastúpené aj šedozeme, klimatické okrsky A₃, A₅, B₂, B₃. Určitá odlišnosť v porovnaní s našimi výsledkami je daná cieľom úlohy, v ktorej určovali rozšírenie

I. Šedozem typická (okres Hradec Králové, S4)

Horizont	Ap	AE	Bth	Bt	BC	C	Cca
Hĺbka (cm)	0 - 26	26 - 40	40 - 55	55 - 74	74 - 92	92 - 120	120
0,001 mm, %	16,6	15,0	25,2	25,8	25,3	24,4	18,4
0,01 mm, %	39,3	35,5	45,2	40,4	41,0	41,6	37,0
0,01 - 0,05 mm, %	49,5	53,1	43,9	52,5	45,9	49,1	51,8
0,05 - 0,25 mm, %	10,8	10,0	10,5	6,8	12,7	9,1	10,7
0,25 - 2,00 mm, %	0,4	1,4	0,4	0,3	0,4	0,2	0,5
Ct, %	1,05	0,89	0,57	0,55	0,44	0,35	0,31
Nt, %	0,13	0,10	0,07	0,06	0,04	0,04	0,03
C/N	8,1	8,9	8,1	9,2	11	8,7	10,3
Humus, %	1,81	1,53	0,98	0,95	0,76	0,60	0,54
CaCO ₃ , %							11,0
pH/H ₂ O	6,8	6,8	7,2	7,2	7,5	7,4	7,9
pH/KCl	6,6	6,4	6,4	6,5	6,5	6,8	7,2
Výmenný Ca ²⁺ , mval/100 g	14,9	16,1	20,9	20,7	21,8	21,6	
Výmenný Mg ²⁺ , mval/100 g	1,6	0,2	1,0	0,8	0,6	0,4	
Výmenný K ⁺ , mval/100 g	0,7	0,3	0,0	0,3	0,0	0,3	
Výmenný H ⁺ , mval/100 g	3,0	0,0	1,0	0,5	0,5	1,0	
S, mval/100 g	13,1	18,1	21,5	20,3	18,5	19,3	12,5
T, mval/100 g	16,1	18,1	22,5	20,3	19,0	20,3	12,5
V, %	81	100	96	100	97	90	100
Rozbor výluhu 20% horúcou HCl (%)							
SiO ₂	0,20	0,16	0,17	0,25	0,20	0,21	0,25
Al ₂ O ₃	2,74	3,64	5,48	5,31	5,19	5,01	3,64
Fe ₂ O ₃	2,39	2,85	3,93	3,78	3,62	3,55	3,01
R ₂ O ₃	5,26	6,57	9,49	9,17	8,91	8,67	6,80
CaO	0,65	0,68	0,80	0,92	0,83	0,74	6,88
MgO	0,53	0,47	0,76	0,66	0,57	0,62	0,66
K ₂ O	0,30	0,35	0,42	0,41	0,44	0,42	0,39
P ₂ O ₅	0,13	0,08	0,08	0,08	0,10	0,11	0,15
Prístupný P ₂ O ₅ , mg/100 g	7,2	1,5	0,1	0,1	0,9	1,8	0,9
Prístupný K ₂ O, mg/100 g	41,6	19,2	11,4	12,2	10,8	9,0	7,4

II. Rozšírenie šedozemí v ČR

Okres	Číslo sondy	Pôdny subtyp	Pôdotvorný substrát	Nadmorská výška (m)	Klíma
Hradec Králové	S4	SMm	24	260	B ₂
	S10	SMh	24	235	B ₂
	S14	SMh	24	265	B ₃
	S16	SMm	24	270	B ₃
	S21	SMh	24	240	B ₂
	S22	SMh	24	245	B ₃
	S24	SMh	24	265	B ₃
Chrudim	S2	SMm	24	270	A ₃
Jičín	S3	SMm	24	293	B ₃
	S8	SMh	24	285	B ₃
	S9	SMm	57	295	B ₃
	S14	SMm	24	293	B ₃
	S18	SMm	24	302	B ₃
Kladno	S14	SMm	24	384	B ₂
Kolín	S3	SMm	24	280	A ₃
Kroměříž	S13	SMm	24	235	A ₃
Kutná Hora	S3	SMm	24	240	B ₂
Mladá Boleslav	S2	SMm	24	305	B ₂
Náchod	S2	SMm	57	262	B ₃
Olomouc	S5	SMm	24	242	B ₂
Opava	S4	SMm	24	262	B ₃
Přerov	S4	SMm	24	250	A ₅
Třebíč	S21	SMh	57	494	B ₅

šedozemí na inom princípe. Klimatické podmienky formovania šedozemí na území Českej republiky zodpovedajú podmienkam Ruska a Ukrajiny (K o v d a a kol., 1988), čo sa týka aj pôdotvorného substrátu. Zonálne rozšírenie však šedozeme dosahujú v Rusku a na Ukrajine. Táto zákonitosť je výsledkom jednorodého geologického pokryvu na spomínanom území. Predložené údaje by mohli prispieť k upresneniu štruktúry pôdneho pokryvu na území Českej republiky.

Literatúra

Atlas podnebí ČSR. Praha, USGK 1958.

HRAŠKO, J. a kol.: Morfogenetický klasifikačný systém pôd. 2. dopl. vyd. Bratislava, 1991: 106 s.

KOVDA, V. A. a kol.: Počvovedenie. Moskva, Vys. Šk. 1988 (2): 368 s.

NĚMEČEK, J.: Základní diagnostické znaky a klasifikace půd ČSR. Praha, Academia 1981: 110 s.

NĚMEČEK, J.: Srovnání hlavních znaků nejrozšířenějších půd ČSSR. [Dílčí zpráva.] Praha, VÚZP 1982: 21 s.

NĚMEČEK, J.: Vlastnosti určující produkční i neprodukční funkce půd. [Závěrečná zpráva.] Praha, VÚZP 1990: 69 s.

NĚMEČEK, J. a kol.: Průzkum zemědělských půd ČSSR. Soubor. Met. Praha, 1967 (1): 246 s.

NĚMEČEK, J. - SMOLÍKOVÁ, L. - KUTÍLEK, M.: Pedologie a paleopedologie, Praha, Academia 1990: 552 s.

NĚMEČEK, J. - TOMÁŠEK, M.: Geografie půd ČSR. Praha, Academia 1983: 100 s.

Soil map of the world. Rome, FAO 1988: 114 s.

Došlo 21. 9. 1993

Extension of Greyzems in the territory of the Czech Republic

The submitted publication presents the information on extension of Greyzems in the territory of the Czech Republic. To locate and to make out the diagnosis of the given Greyzems type and the subtypes corresponding to it, the database of special probes has been used in the Czech Republic. Haplic Greyzems in the territory of the Czech Republic cover the area 21,938 hectares and Luvi-haplic Greyzems cover 5,640 hectares.

It follows from the results presented that 60.9 % of the given great soil type is placed in the East Bohemian region. The extension of Greyzems is limited by soil-forming substrate (loess in our case) and by the climate as well. 73.9 % of Greyzems is in moderate to warm region, in climatic districts B₂ and B₃. The results submitted should contribute to more accurate structure of the soil cover of the Czech Republic.

RNDr. Anna Ž i g o v á , CSc.

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 156 27 Praha 5-Zbraslav

POŠKOZENÍ PŮDY VE VOJENSKÝCH PROSTORECH UŽÍVANÝCH SOVĚTSKOU ARMÁDOU

P. Novák

V roce 1991 bylo ve vojenských výcvikových prostorech Mladá, Ralsko a Libavá provedeno pracovníky Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy šetření ke zjištění a finančnímu vyjádření škod způsobených v těchto prostorách 20letým užíváním Sovětskou armádou. Předmětem průzkumu byla inventarizace stavu destrukce, mechanického poškození, degradace a možné kontaminace rizikovými prvky. Poškození nebo kontaminace půd dalšími látkami (ropnými produkty, organickými polutanty) bylo zjišťováno jinými organizacemi (Geoindustrie, Stavební geologie) a rovněž tak byly jiným šetřením zjišťovány škody na lesních porostech, resp. na lesních půdách.

Destrukci, mechanickým poškozením či degradací půdy a její kontaminací se rozumí plošné a vertikální narušení přirozeného či běžným obhospodařováním ovlivněného půdního pokryvu.

Pro posouzení změn byl využitý materiál Komplexního průzkumu půd a materiálů vymezování bonitovaných půdněekologických jednotek (BPEJ). Vymezení BPEJ bylo v dřívějších letech realizováno jen na zemědělské půdě užívané vojenskými statky; při šetření bylo nutné je doplnit pro areály vlastních cvičebních prostorů. Pro práci byly zásadně využity letecké snímky v měřítku cca 1 : 25 000 z roku 1968 a 1990; jejich porovnáním a vyhodnocením byly určeny vlastní destrukční změny za sledované období.

Systematický průzkum a odběr vzorků byl proveden na celém území všech tří VVP ve všech typech reliéfu a všech druzích využití půdy (orná půda, travní porosty, plochy cvičišť, kasáren, táborů, skladů a letišť, cílové plochy střelnic apod.). Pozornost byla věnována zejména:

- akumulacním prvkům reliéfu (s možnou vyšší koncentrací kontaminantů),
- erozním splashům z devastovaných ploch (z téhož důvodu),
- plochám tankových a jiných cest, autodromů a hydrodromů (brodištím techniky),
- cílových plochách všech druhů střelnic (pěchotním, dělostřeleckým a raketovým, leteckým),
- letišťům, palebným postavením dělostřelectva,
- plochám minulého soustředění vojsk,
- zemním a ženiným pracím nejrůznějšího druhu.

Půdy jsou (proti svému původnímu stavu) poškozeny zejména:

- převrstvením, překrytím a smícháním materiálů spodin s původními humusovými horizonty: cílové plochy dělostřeleckých a leteckých střelnic (krátery), okopy, zákopy a palebná postavení;
- stagnací srážkové vody a rychlým hydromorfním vývojem půd v uvedených umělých prohlubeninách: vytváří se pseudoglejové až stagnoglejové půdy (zvláště ve VVP Libavá); rychle jsou obsazovány spontánní hygrofytní vegetací;

- výraznou plošnou a rýhovou erozí (zvláště na cestách a tankodromech) s následným vytvářením erozních strží a úplnou devastací;
- budováním ženijních zařízení (náspů, valů, okopů, palebných postavení, bunkrů, polních letišť apod.), což vede k celkové devastaci;
- obsahem střepin, nábojnic, úlomků střel, v četných případech obsahem nevybuchlé munice;
- postupným náletem a rozšiřováním spontánní vegetace křovinného či stromového charakteru.

Bylo vymezeno pět stupňů poškození půdního fondu (0 až 80 %) a podle finanční hodnoty příslušné BPEJ bylo vypočítáno finanční ohodnocení úbytku hodnot devastovaných ploch.

Ve vzorcích půd (zásadně pouze z humusového horizontu) byly z 223 odběrových míst všech tří prostorů stanoveny obsahy vybraných rizikových prvků (As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) ve výluhu 2M HNO₃. K vyhodnocení byla použita kritéria vypracovaná ve VÚMOP a schválená komisí MZP ČR. Kritéria jsou diferencována pro půdy lehké a ostatní ve dvou úrovních:

- hranice požadových hodnot,
- maximálně přípustné obsahy.

Bylo zjištěno minimální plošné znečištění půd sledovaných území rizikovými prvky. Ze sledovaných 223 odběrových míst při stanovení 10 prvků z každého místa vykazovalo pouze šest stanovení jednotlivých prvků (Pb, Cu, Zn, Cr, Hg) v povrchovém horizontu hodnoty vyšší než připouštějí limity maximálně přípustných obsahů rizikových prvků v půdách. Na 12 lokalitách byly nalezeny koncentrace vždy jen jednotlivých rizikových prvků (především As, Be, Pb, Cd, Zn, Cr, Hg) vyšší, než jsou jejich přirozené (požadové) obsahy. Zatížení území opakovanými pojezdy vojenské techniky nemělo podstatný vliv na koncentraci Pb a Cd (nadlimitní hodnoty Pb byly nalezeny jen na třech místech); stejně tak na cílových plochách střelnic posetých krátery byly jen ojediněle (rovněž třikrát) nalezeny nadlimitní obsahy (např. Cr, Cu) a jen ve dvou případech byly zjištěny hodnoty Be a Co vyšší než požadové.

Toto zjištění je příznivé jednak pro budoucí návrat těchto prostorů civilnímu sektoru (Mladá, Ralsko), jednak vyvrací dosti všeobecné představy o značném zamoření těchto území rizikovými prvky.

Finanční a plošné škody, jež způsobila Sovětská armáda v letech 1968 až 1990 na půdách uvedených vojenských prostorů, byly stanoveny takto:

- ve VVP Mladá 44,4 mil. Kč a v různém stupni bylo poškozeno 1 630 ha;
- ve VVP Ralsko 63,2 mil. Kč a poškozeno bylo v různém stupni 2 842 ha;
- ve VVP Libavá 145,9 mil. Kč s celkem 7 842 ha v různém stupni poškozených půd.

Celkem tedy 253,5 mil. Kč (podle úředních cen BPEJ) a 12 314 ha poškozených půd. Vzhledem k celkovým škodám způsobených Sovětskou armádou je to částka poměrně malá a byla nakonec stejně po jednání anulována; tento příspěvek chce jen poukázat na jeden z problémů návratu dvou z výše uvedených prostorů civilnímu sektoru a zemědělské výrobě.

Ing. Pavel Novák, CSc.

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 156 27 Praha 5-Zbraslav

TVORBA DATABÁZE RELEVANTNÍCH ÚDAJŮ Z PŮDOZNALECKÝCH SOND

E. Fišerová

Dokumentační fondy o půdách ČR uložené v archivu VÚMOP obsahují velké množství cenných údajů získaných při průzkumu půd, zejména komplexním průzkumu zemědělských půd (KPZP) a půdněekologickém průzkumu.

Údaje z KPZP byly vzhledem k době jejich pořízení (1960 až 1971) archivovány tradičními postupy bez pomoci výpočetní techniky. Manuální manipulace s tak rozsáhlými soubory dat značně omezuje možnosti jejich využití, a proto je nutné převést vybrané relevantní údaje pomocí vhodného software z archivních forem do databázových souborů umožňujících počítačové zpracování.

Za základ souboru byla vzata profilová charakteristika pedonu, vycházející z popisu vlastností půdního profilu a výsledků analýz půdních vzorků speciálních (S) sond, které pro tento účel poskytují nejširší soubor zejména analytických údajů a navíc je značná část vzorků dosud archivována. Postup řešení zahrnoval výběr použitelných údajů, odstranění případných chyb a nesrovnalostí v polním půdním záznamu o jednotlivých sondách, formální a významové sjednocení údajů, úpravu údajů pro ukládání do počítače, návrh číselníků pro kódování údajů, zakódování údajů a jejich uložení na paměťová média. Do datového souboru byly zahrnuty i údaje, které jsou uloženy u jednotlivých řešitelů mimo evidenci S-sond, a předpokládá se jejich postupné zapracování do souboru.

Při doplňování údajů bylo nutné použít různých zdrojů informací:

- pracovní mapy KPZP v měřítku 1 : 5 000, 1 : 10 000;
- mapy SMO 1 : 5 000 s tiskem BPEJ;
- polní půdní záznamy o S-sondách;
- dokumentace fyzikálně-chemických analýz S-sond;
- číselník prostorových jednotek FSÚ.

Jednotlivé sondy se značně liší počtem obsazených údajů; aplikace standardního databázového programu je proto nevhodná vzhledem k neúměrným nárokům na paměť počítače a nepřehlednosti souboru. Z těchto důvodů jsme pro ukládání dat použili textový program HYPERTEXT, vytvořený ve spolupráci s VŠZ Praha speciálně pro tuto problematiku. Jeho předností je členění formuláře po blocích dat, čímž se značně zrychluje pohyb v souboru a usnadňuje pořizování dat. Velkou výhodou je, že do paměti jsou ukládány pouze vyplněné údaje, takže nároky na kapacitu paměti se podstatně sníží - jedna sonda zabírá průměrně cca 3 až 4 kB. Pro další zpracování a manipulaci s daty se zpracovává program umožňující výběr proměnných a jejich převod z textového o databázového či jiného tvaru vhodného pro zpracování hromadných dat podle požadavků uživatele.

Věta o S-sondě zahrnuje popisné a lokalizační údaje (max. 51 údajů) a údaje o horizontech (max. 200 údajů pro horizont). Počet horizontů je omezen na 5 + nultý horizont

u lesních půd. Zastoupení jednotlivých proměnných dostupných z archivních materiálů je následovné:

A) Identifikační a lokalizační údaje:

číslo sondy, okres, katastr, souřadnice x, y (S-JTSK), půdní typ (klasifikace MKSA, KPZP, FAO), substrát, zrnitost, skeletovitost, BPEJ, klimatická charakteristika (Konček), sklonitost, expozice, geomorfologická oblast, hloubka oglejení, podzemní voda.

B) Údaje o horizontech:

a) morfologické vlastnosti:

označení horizontu (klasifikace MKSA, KPZP), hloubka horizontu, mocnost, typ přechodu, barva (Munsell), struktura, konzistence, novotvary, skeletovitost, zrnitost (Nováková stupnice);

b) analytické vlastnosti:

základní údaje (výběrová sonda) - zrnitost, C_{ox} , N_t , pH, $CaCO_3$, sorpční kapacita, sorpční nasycení, přístupné živiny;
kompletizované sondy - výměnné kationty, $H_k : F_k$, celkový rozbor zeminy, rozbor jílu, výluh 20% HCl, fyzikální rozbor.

Modelově byla vhodnost ukládacího programu HYPERTEXT ověřena v roce 1992, od roku 1993 probíhá sériové pořizování dat. V současné době je zpracováno 600 z cca 1 250 S-sond. Po zpracování celého souboru budou obdobným způsobem uloženy údaje z výběrových V-sond (celkem cca 28 000 sond), které obsahují z analytických vlastností pouze základní údaje. V rámci řešení Automatizovaného informačního systému o půdě (1981 až 1985) byly na počítač EC 1030 převedeny údaje ze 4 500 V-sond deseti okresů. Konverze těchto dat z magnetické pásky na osobní počítač PC umožňuje nyní zpracování souboru databázovým programem PARADOX.

Cílem řešení je vytvoření integrované databáze obsahující digitalizované mapy s hranicemi bonitovaných půdněekologických jednotek (BPEJ) a databázi jejich vlastností doplněnou o soubor vybraných bodových údajů o půdě získaných z půdoznaleckých sond.

*RNDr. Eva Fišerová
Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 156 27 Praha 5-Zbraslav*

OBSAH – CONTENTS

Š i m o n J.: Produkce ozimé a jarní pšenice na lehkých půdách při různém vodním režimu, hnojení dusíkem a zpracování půdy – Winter and spring wheat production on light-textured soils at various water regime, nitrogen fertilization and soil treatment	1
S l a v í k L., K o p e c k ý J.: Vliv kapkové závlahy na výnos chmele – The effect of trickle irrigation on the hop yield	13
K y n c l o v á J.: Vliv úrovně hladiny podzemní vody na výnosy zemědělských plodin – The effect of groundwater level on yields of crops	19
Z a v a d i l J.: Obsah xenobiotických organických látek v plodinách zavlažovaných vodou Labe – Xenobiotic organic substances content in crops irrigated with water from the Labe river	29
Š á l e k J., E l a z i z y I.: Vliv závlah splaškovými odpadními vodami na kvalitu povrchových a podzemních vod – The effect of irrigation with untreated waste waters on the quality of surface and groundwaters	37
K v í t e k T.: Modelování vývoje koncentrací dusičnanů v malém zemědělském povodí – Methods of nitrate concentration forecasting within attenuation programmes	45
Č e r m á k P., V á š k a J., K u r á ž V.: Problematika erozních procesů na převýšených výsypkách Severočeského hnědouhelného revíru – Problems of erosion processes on superelevated dumping sites of the North Bohemian Brown Coal Mining District	53
K o h e l J.: Využití zemin sprašového původu k rekultivacím v oblasti Severočeského hnědouhelného revíru – Exploitation of the loess-derived soils for the reclamation of lands damaged by mining activity in the North Bohemian Brown Coal Mining District	63
P o d l e š á k o v á E., N ě m e č e k J., H á l o v á G.: Zatížení nivních půd Labe rizikovými látkami – Contamination of fluvisols on Labe floodplains by hazardous elements	69
V o p l a k a l K.: Důsledky omezené aplikace průmyslových hnojiv na chování fosforu v půdách – Consequences of the reduced industrial fertilizer application on the phosphorus behaviour in soils	81
N o v á k P.: A study of soil cover and transport processes in soils of waterlogged slopes – Studie půdního pokryvu a transportních procesů v půdách zamokřených svahů	97
SDĚLENÍ – REPORT	
Ž i g o v á A.: Rozšíření šedozemí na území České republiky – Extension of Greyzems in the territory of the Czech Republic	105
N o v á k P.: Poškození půdy ve vojenských prostorech užívaných Sovětskou armádou	109
F i š e r o v á E.: Tvorba databáze relevantních údajů z půdoznaleckých sond	111

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.: 02/257541 ● Sazba: Studio DOMINO - ing. Jakub Černý, Popovice 144, 267 01 Králův Dvůr, tel.: 0311/22959 ● Tisk: ÚZPI Praha ● © Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha 1994

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