

ÚZPI

ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH INFORMACÍ

ROSTLINNÁ VÝROBA

Plant Production

ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD

10

VOLUME 41 (LXVIII)

PRAHA

ŘÍJEN 1995

CS ISSN 0370-663X

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

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

Redakční rada – Editorial Board

Předseda – Chairman

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

Členové – Members

Doc. ing. Pavol Bajči, CSc. (Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra, SR)
Prof. dr. Márta Birkás (Agrártudományi Egyetem, Gödöllő, Hungária)
Doc. ing. Jozef Ciglar, CSc. (Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra, SR)
Ing. Helena Donátová, CSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)
Prof. ing. Václav Fric, DrSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)
Ing. Norbert Gáborčík, CSc. (Výskumný ústav trávnych porastov a horského poľnohospodárstva, Banská Bystrica, SR)
Ing. Alois Chalupa, CSc. (AGRITEC, výzkum, šlechtění a služby, Šumperk, ČR)
Ing. Bohdan Juráni, CSc. (Univerzita Komenského, Bratislava, SR)
Prof. dr. Günter Kahnt (Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, Stuttgart, BRD)
Prof. ing. Josef Kozák, DrSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)
Ing. Ladislav Lorenčík, DrSc. (Oblastný výskumný ústav agroekológie, Michalovce, SR)
Prof. ing. Lubomír Minx, DrSc. (Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, ČR)
Ing. Timotej Mištin, CSc. (Výskumný ústav rastlinnej výroby, Piešťany, SR)
Dr. Peter Newbould (The Macaulay Land Use Research Institute, Aberdeen, Scotland, UK)
Ir. Cees van Ouwerkerk (Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren Gn, Nederland)
Ing. Jaromír Procházka, CSc. (Výzkumný ústav pícninářský, Troubsko u Brna, ČR)
Prof. ing. Stanislav Procházka, DrSc. (Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, ČR)
Doc. ing. Vlastimil Rasocha, CSc. (Výzkumný ústav bramborářský, Havlíčkův Brod, ČR)
Prof. Dr. Heinrich W. Scherer (Agrikulturchemisches Institut der Rheinischen Friedrich Wilhelms-Universität, Bonn, BRD)
Doc. ing. Ladislav Slavík, DrSc. (Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, ČR)
Doc. ing. Miron Suškevič, DrSc. (Výzkumný ústav výživy zvířat, Odbor základní agrotechniky, Hrušovany u Brna, ČR)
Prof. ing. Václav Vaněk, CSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)
Ing. Marie Váňová, CSc. (Zemědělský výzkumný ústav, Kroměříž, ČR)
Prof. ing. Karel Voříšek, CSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)
Doc. ing. František Vrkoč, DrSc. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně, ČR)
Prof. dr. hab. Kazimiera Zawislak (Akademia Rolniczo-Techniczna, Olsztyn, Polska)

Vedoucí redaktorka – Editor-in-Chief

RNDr. Eva Stříbrná

Cíl a odborná náplň: Časopis publikuje původní vědecké práce, výsledky výkumu a studie z oborů rostlinná výroba, půdoznalství, meliorace a z navazujících disciplín.

Časopis je citován v bibliografickém časopise Current Contents – Agriculture, Biology and Environmental Sciences, abstrakty z časopisu jsou zahrnuty v těchto databázích: Agricola, Agris, CAB Abstracts, Current Contents on Diskette – Agriculture, Biology and Environmental Sciences, Czech Agricultural Bibliography, Toxline Plus, WLAS.

Periodicita: Časopis vychází měsíčně (12x ročně), ročník 41 vychází v roce 1995.

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

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

Aims and scope: The journal publishes scientific papers, results of research and studies of the branches plant production, pedology, amelioration and related disciplines.

The journal is cited in the bibliographical journal Current Contents – Agriculture, Biology and Environmental Sciences, abstracts from the journal are comprised in the databases: Agricola, Agris, CAB Abstracts, Current Contents on Diskette – Agriculture, Biology and Environmental Sciences, Czech Agricultural Bibliography, Toxline Plus, WLAS.

Periodicity: The journal is published monthly (12 issues per year), Volume 41 appearing in 1995.

Acceptance of manuscripts: Two copies of manuscript should be addressed to: RNDr. Eva Stříbrná, editor-in-chief, Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/25 25 41, fax: 02/25 70 90, e-mail: braun@uzpi.agrec.cz. The day the manuscript reaches the editor for the first time is given upon publication as the date of reception.

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

VYUŽITÍ GEOGRAFICKO-INFORMAČNÍHO SYSTÉMU PŘI DELIMITACI KULTUR A ŘEŠENÍ PÁSEM HYGIENICKÉ OCHRANY POVRCHOVÝCH VODNÍCH ZDROJŮ

THE USE OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM IN DELIMITATION OF CULTURES AND SOLUTION OF ZONES OF HYGIENIC PROTECTION OF SURFACE WATER RESOURCES

T. Kvítek

Research Institute for Soil and Water Conservation, Praha, Czech Republic

ABSTRACT: The use of technology of the Geographic Information Systems (GIS) is an ordinary practice in many fields of human activities. Till the present time the solution of zones of hygienic protection of waters has been designed in zones. Now there are much enough bases proving that the greatest supply of biogenic substances into drainage basin comes from the Zone of Hygienic Protection III (Kvítek, 1994) which is the largest in view of its size. It seems to be that zone protection of waters should be replaced by differentiated soil and water conservation. Only in differentiated approach to single lands the change in the system of management on land, change in cultures and to improve soil and water conservation is required. Without this approach it will be very difficult to reach the reduction in volume of substances coming from the Zone of Hygienic Protection III into individual subsidiary basins and basins of accumulation of surface waters. Till the present time the lands for differentiated soil and water conservation have been chosen only according to geomorphological, pedological and hydrological indicators. To improve the quality of the process of choice of lands it will be necessary in GIS to form all sections which will classify, above all, hydrogeological section and section of actual erosion danger of lands. Only then by intersection of all above sections we shall come to optimization of the proposal of distribution of permanent grasslands and forest cultures in the landscape. By intersection of sections of water management map, classified soil-ecological unit BPEJ (in placing criteria of selection of classified soil-ecological unit) maps of drainage of lands, present condition of cultures, buffer zones and point sources of pollution and with regard to production of noxious materials, the territory will be classified into areas which should be reforested in view of water and soil conservation or grassed and into areas with necessary establishment of ponds; on remaining area it can be managed on arable land. By intersection of layers of water management maps, buffer zones and maps of erosion danger of lands, another selection of arable lands into soil without limitation of agricultural activity and into soils where technological, biological and management arrangements will be required will appear along with limitation of the use of territory due to higher erosion activities and potential danger to quality of surface and underground water. The complete territory of agricultural land fund can be classified into five types of lands by the process of selection of lands: a) forests, b) meadows and pastures, c) arable land with limitation of agricultural activities, d) arable land without limitation of agricultural activities, e) territory designed for water reservoirs of various function. This classification includes a criterion of vulnerability of surface and underground waters. Areas designed for grassing and forestation have the greatest degree of vulnerability of waters. Within Complex Land Reallocations it is necessary to carry out delimitation of cultures. The present state of cultures will be one of initial bases. This classification of lands, together with the proposal of criteria of vulnerability of surface and underground waters is a main principle of differentiated soil and water conservation. It follows from Tab. I that in the given territory is the motion of change of cultures into meadows from arable land in the extent of some 20% of the total area of farm land in the river basin. The transfer of forest was not performed, as there are no soils which should be reforested, another reason – that there are no extreme slopes, and a great part of the territory is forested.

delimitation of permanent cultures; zone of hygienic protection of waters; GIS; differentiated soil and water conservation in river basin

ABSTRAKT: Práce se zabývá využitím geograficko-informačního systému (GIS) při ochraně vody a půdy v zemědělské krajině. Pro návrh a delimitaci kultur v krajině a pro diferencovanou ochranu vody a půdy byla zpracována metodika zranitelnosti povrchových a podzemních vod. Na základě pedologických, hydrogeologických a geomorfologických kritérií byl proveden výběr ploch pro delimitaci kultur v krajině a současně pro diferencovanou ochranu půdy a vody v povodí. Diferencovaná ochrana půdy a vody by mohla v budoucnu nahradit současné pásmové pojetí ochrany povrchových vodních zdrojů. Na povodí Kopaninského toku bylo ověřeno, že cca 20 % výměry orné půdy je nutno převést do kategorie trvalých travních porostů.

delimitace trvalých kultur; pásma hygienické ochrany vod; GIS; diferencovaná ochrana vody a půdy v povodí

Geografický informační systém (GIS) je počítačový systém pro ukládání a organizaci prostorových informací, sloužící mimo jiné i pro hodnocení a výzkum složek životního prostředí.

Využívání technologie GIS je v mnoha oborech lidské činnosti dnes již běžnou praxí. Mohutný rozmach této technologie se nevyhnul ani zemědělství ani vodnímu hospodářství (Srinivasan, Arnold, 1993; Mellerowicz et al., 1994). Ve VÚMOP Praha jsou touto technologií zpracovávány půdní mapy. Při doplnění dalších vrstev do GIS lze pak výsledky jejich syntézy používat v mnoha výzkumných programech s možnou následnou plošnou aplikací pro různé organizace státní správy. Pro návrh delimitace kultur v krajině s ohledem na ochranu půdy a vody bylo pro tuto činnost také využito technologie GIS.

Diferencovaný výběr ploch (současně jak pro delimitaci kultur, tak i pro nové pojetí a řešení pásem hygienické ochrany povrchových vod – PHO) pro ochranu půdy a vody před plošným znečištěním je navržen jako velmi variabilní, počítající s možným doplněním v závislosti na budoucích výzkumných poznatcích vztahujících se ke kvalitě vody a ochraně půdy. Je navržen tak, aby uživatel tohoto řešení měl k dispozici přímý kontakt s majitelem, resp. nájemcem pozemku. Pro tuto informaci je v GIS jako jedna z vrstev zařazena katastrální mapa a na ní v databázi navazující katastr evidence nemovitostí.

Řešení pásem hygienické ochrany vod je doposud navrženo jako pásmové. Dnes je však k dispozici dostatek podkladů, které prokazují, že největší přísun biogenních látek do povodí přichází ze třetího stupně PHO (Kvítek, 1994), který je také co do rozsahu největší. Ukazuje se, že pásmová ochrana vod by mohla být nahrazena diferencovanou ochranou půdy a vody. Pouze při diferencovaném přístupu k jednotlivým pozemkům lze docílit změny systému hospodaření na půdě, změny kultur a zvýšit ochranu půdy a vody. Bez tohoto přístupu bude velmi obtížné dosáhnout snížení objemu látek přicházejících ze třetího stupně PHO do jednotlivých předzdrží a nádrží akumulace povrchových vod.

MATERIÁL A METODA

Návrh delimitace kultur a diferencované ochrany půdy a vody byl řešen na povodí Kopaninského toku, na deseti dílčích povodích, na výměře cca 900 ha. Podrobný popis povodí uvádějí Kvítek, Klímová (1992).

Pro návrh delimitace kultur z hlediska ochrany půdy a vody a změny rozsahu a členění PHO byly zpracovány metodiky (Kvítek et al., 1994a, b).

Pro komplexní řešení delimitace kultur a PHO je nutné zdigitalizovat tyto vrstvy GIS:

- katastrální mapu,
- správní mapu,

- topografickou mapu,
- vodohospodářskou mapu,
- současný stav trvalých kultur – vyhodnocení leteckých snímků,
- mapu BPEJ (bonitované půdně-ekologické jednotky),
- mapu geomorfologických zón – infiltrační, transportní, akumulační,
- mapu hydrogeologickou – oblasti infiltrace,
- mapu erozní ohroženosti pozemků s určeným limitem odnosu půdy,
 - bufer zóny podél vodních toků,
 - bodové zdroje znečištění,
 - mapy odvodnění,
 - mapu kvality vody na monitorovaných tocích,
- mapy CHKO, NP, jejich ochranná pásma, ÚSES, zvlášť chráněná území, památné stromy, významné krajinné prvky, biotopy.

(Bufer zóna je zde ochranná zóna trvalých travních porostů podél vodních toků, především v nivních polohách, představuje liniový prvek.)

Vzhledem k pracovní náročnosti řešení jsme v první etapě pracovali pouze s některými vrstvami GIS, přesto jsme mohli provést konkrétní návrh delimitace kultur, i když ne zcela komplexní.

V současné době jsou pro povodí Kopaninského toku k dispozici v digitalizované formě tyto mapové podklady:

- vodohospodářská mapa,
- současný stav trvalých kultur – vyhodnocení leteckých snímků od roku 1948 do roku 1992 po pěti letech,
- mapa BPEJ,
- mapa geomorfologických zón – infiltrační, transportní, akumulační,
- mapa odvodňovacích staveb,
- mapa kvality vody v 18 monitorovaných bodech.

Některé mapové podklady byly zjišťovány rekognoskačním terénním a byly zpracovány na základě dílčích metodik řešení konkrétní vrstvy GIS.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Výběr pozemků byl prozatím proveden pouze podle geomorfologického, pedologického a hydrologického hlediska. Pro zkvalitnění procesu výběru pozemků bude však nutno v GIS vytvořit postupně všechny vrstvy s přiřazením především hydrogeologické vrstvy a vrstvy aktuálního erozního ohrožení pozemků. Pak teprve průnikem všech zmíněných vrstev dospějeme k optimalizaci návrhu rozmístění trvalých travních porostů a lesních kultur v krajině.

Průnikem vrstev vodohospodářské mapy, BPEJ (při zadání kritérií výběru BPEJ), mapy odvodnění pozemků, současného stavu kultur, bufer zón a bodových zdrojů znečištění, s přihlédnutím k produkci škodlivých látek dojde, k rozdělení území na plochy, které je třeba z hlediska ochrany vody a půdy zalesnit, resp. zatravnit, a na plochy s nutnou výstavbou rybníků; na

zbývajících ploše lze hospodářit na orné půdě. Průnikem vrstev map vodohospodářských, bufer zón a map erozní ohroženosti pozemků dojde k další selekci orných půd na půdy bez omezení zemědělské činnosti a na půdy, kde bude nutno přistoupit k technickým, biologickým a hospodářským úpravám a k omezení využití území v důsledku zvýšené erozní činnosti a možného ohrožení kvality povrchové a podzemní vody.

Celé území zemědělského půdního fondu lze procesem výběru pozemků rozčlenit na pět druhů pozemků: a) lesy, b) louky a pastviny, c) ornou půdu s omezením zemědělské činnosti, d) ornou půdu bez omezení zemědělské činnosti, e) území pro vyčlenění vodních nádrží s různou funkcí. Toto členění zahrnuje v sobě kritérium zranitelnosti povrchových a podzemních vod. Plochy navržené k zatravnění a zalesnění mají nejvyšší stupeň zranitelnosti vod. V rámci KPÚ je nutné provést delimitaci kultur. Současný stav kultur bude jedním z výchozích podkladů. Toto rozčlenění pozemků spolu s návrhem kritérií zranitelnosti povrchových a podzemních vod je hlavním principem diferencované ochrany vody a půdy.

NÁVRH KRITÉRIÍ ZRANITELNOSTI POVRCHOVÝCH A PODZEMNÍCH VOD

I. Pedologické hledisko

Podle tohoto hlediska lze provést výběr ploch přes jednotky BPEJ pomocí počítačového vyhodnocení ve VÚMOP Praha s výstupem v GIS. Je to nejjednodušší typ výběru ploch. Současné rozčlenění pozemků zařazených do BPEJ je třeba průzkumem zpřesnit.

a) Vymezení půd pro zalesnění

Do lesního půdního fondu lze převést půdně-ekologické jednotky na svazích se sklonem větším jak 17° a pozemky na půdách skalnatých a kamenitých, dále půdy glejové zrašeliněné, různé hydromorfní a semi-hydromorfní půdy. Tyto půdy jsou z hlediska porušení vodního režimu, resp. z hlediska obhospodařování nevhodné pro zemědělské využití. Dále jde o mělké strže, půdy znehodnocené dřevinným náletem, pozemky, které nelze připojit k pozemkům okolním, ale s dostatečnou výměrou, resp. tvarem umožňujícím obhospodařování a ochranu nově vzniklých porostů situovaných v lesních enklávách a půdy s nevyvinutým půdním profilem na písčitéch substrátech.

b) Vymezení půd pro převod do travních porostů

Za základ pro diferencovanou ochranu vod před plošným znečištěním byla vzata Bonitace čs. zemědělských půd a směry jejich využití (1988). Základní kategorizace BPEJ je provedena na orné půdy – O, podmíněně orné půdy a trvalé travní porosty (střídavé pole) – OT a trvalé travní porosty – T.

Kritéria, podle kterých byly v roce 1988 zahrnuty půdy do travních porostů, jsou tyto: půdy na svazích nad 12°, mělké (30 až 10 cm), středně skeletovité půdy na pevných substrátech a svazích 7 až 12°, zamokřené glejové (GL), glejové rašelinové (GLrš) a zasolené půdy (Sc, SK) a jíly, nemeliorované oglejené půdy (OG) v klimatických regionech MCH a CH, severní expozice svahů 7 až 12° v chladném klimatickém regionu (CH), katény půd s nepříznivými vlastnostmi, půdy v nadmořské výšce nad 800 až 850 m.

II. Geomorfologické hledisko

Uplatnění tohoto hlediska v praxi vyžaduje znát velmi podrobně geomorfologii daného terénu. Zatravňování by měly být údolnice, celé údolní nivy, sedla, kotliny. Jde o zpevnění drah soustředěného odtoku po přívalových srážkách a po jarním tání. Rozsah zatravnění závisí na velikosti kulminačního průtoku nebo přítoku (určuje se zpravidla podle četnosti výskytu jednou za několik let), na sklonu údolnice a na návrhové rychlosti proudění (hustota travního porostu). Podrobný postup navrhování je uveden v metodice VÚMOP (1990).

Dále by měly být zatravňovány takto se utvářející geomorfologické tvary: kombinací dvou svahů obrácených proti sobě vznikají terénní rýhy, úžlabiny, údolí; proti sobě skloněné dva svahy probíhající napříč hřbetem nebo hřebem tvoří sedlo; na horním konci hlavního údolí, v uzavěrech postranních údolí, někdy i v údolních bocích bývají svahy skloněny polokruhovitě, do středně (amfiteátry) a vytvářejí kotliny; zvláštními detailními tvary jsou povrchové bezodtoké sníženiny, které mají ze všech stran dostředně skloněné svahy.

III. Hledisko erozní ohroženosti (půdy ve sklonu 7 až 12°)

Bude řešeno na základě metodiky vytvořené pro GIS.

IV. Hydrologické a hydrogeologické hledisko

Umožňuje posoudit vznik podzemních a povrchových vod a možnost ohrožení jejich kvality. Vymezení zón odůvodňuje převedení zemědělské orné půdy na lesy, louky a pastviny i omezení hospodářského využívání orné půdy v některých partiích terénu. Zkoumá se reliéf terénu a geologický profil místa.

Zóna infiltrační

Infiltrační zóna se nachází většinou ve vrcholových partiích terénu. Je jednoznačně určena parametry vsakování srážkové vody. Většina srážek zasakuje do rozpuštěné skály, kamenitých a úlomkovitých sutí a svahových písků. Doplnuje zásobu podzemní vody, která zde má volnou hladinu. Z hlediska ochrany podzemních vod by skalnaté a kamenité půdy měly být zalesněny, úlomkovité a písčité půdy by měly být trvale zatravněny, tj. převedeny na pastviny rozčleněné křovinatými porosty. V infiltrační zóně v závislosti na struktuře

trvalých kultur vzniká určité množství podzemní vody, které je jímáno vybudovanými odvodňovacími systémy, a existují v této zóně i možnosti pro ovlivnění hydrologické bilance a kvality vody drenážních systémů ve svahových polohách při převodu orné půdy této zóny do luk, pastvin a lesa.

Zóna infiltračně-transportní

a) Infiltračně-transportní zóna se nachází většinou v horních až středních částech svahů tvořených sutěmi a svahovými písčými, místy překrytými tenkou vrstvou svahových hlín. Část srážek zasakuje do hornin a část odtéká po povrchu terénu. Podzemní voda zde má volnou nebo mírně napjatou hladinu. Vznikají zde periodické přelivní prameny.

b) Transportní zóna se nachází většinou ve střední a dolní části svahů zakrytých svahovými hlínami, případně sprašemi. Většina srážek odtéká po povrchu terénu. Prakticky zde nedochází k doplňování zásob podzemních vod, proto je velmi malá možnost ohrožení jejich kvality. Podzemní voda zde má napjatou hladinu. Na horním okraji zóny vznikají trvalé přelivní prameny. Propustnými polohami v hlinitém pokryvu vystupuje podzemní voda k povrchu terénu a vznikají zde trvalé prameny, odvodňující podzemní vodu s napjatou hladinou.

Zóna akumulační

Oblast údolních poloh je tvořena propustnými sedimenty, které drénují podzemní vodu akumulovanou v propustných svahových sedimentech a v podložních krystalických zeminách. Z hlediska podzemních vod je to oblast přirozeného odvodnění hydrogeologické struktury. Z hlediska povrchových vod je to akumulační zóna, neboť do nivy přitéká ze svahu povrchová voda, která přináší kontamináty.

Navrhujeme zatravnit i půdy, na kterých byly v nivních polohách vybudovány drenážní systémy, které lze

převést na regulované, resp. retardační drenážní systémy. Kolísající hladina podzemní vody zde nebude mít negativní vliv na trvalé travní porosty a retardace a regulace podle našich výsledků zlepší kvalitu drenážní vody.

Na základě uvedených podkladů a kritérií, které byly k dispozici, byla zpracována tab. I pro změny kultur jednotlivých dílčích povodí Kopaninského toku. Výsledek převodu orné půdy do luk, resp. pastvin je znatelný především v infiltračních zónách jednotlivých dílčích povodí, kde došlo především k převodu BPEJ 7.29.14, která se zde nalézala. Tyto půdy jsou silně kamenité, propustné, jsou často i infiltračními plochami drenážních systémů, které především výrazně ovlivňují kvalitu vody. Tyto drenážní systémy byly vybudovány v letech 1961 až 1968 a sloužily k zúrodnění luk a pastvin při převodu na ornou půdu. Mineralizace probíhající na orné půdě (mělký půdní profil) je hlavní příčinou zhoršené kvality vody drenážních systémů i vod pramenů vyvěrajících v nivních polohách.

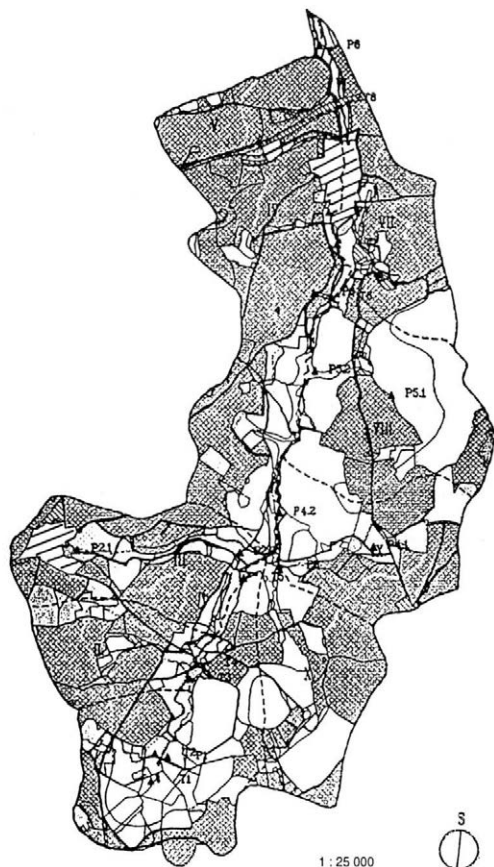
Dále došlo i k převodu BPEJ 7.73.11, která při odvodnění přechází na BPEJ 7.65.11. Z tab. I je zřejmé, že došlo i k převodu orné půdy do luk, pokud je tato BPEJ v transportních a akumulačních oblastech území. Pokud by byl i tento dílčí návrh realizován v rámci komplexních pozemkových úprav, kde by mohly být řešeny i vlastnické vztahy, byl by to pozitivní krok v ochraně vody a půdy v povodí Kopaninského toku.

Z tab. I vyplývá, že v daném území je návrh na změnu kultur z orné půdy na louky v rozsahu cca 20 % celkové výměry zemědělské půdy v povodí. Převod do lesa nebyl uskutečněn vzhledem k tomu, že zde nejsou půdy, které by bylo nutné zalesňovat, dále i z toho důvodu, že se zde nevyskytují extrémní svahy, a dále, že značná část území je zalesněna (obr. 1). Na obr. 2 je znázorněn návrh delimitace kultur bez uplatnění geomorfologického hlediska a hlediska erozní ohroženosti (půdy ve sklonu 7 až 12°). Tyto vrstvy zatím nejsou zpracovány.

I. Návrh převodu orné půdy do trvalých travních porostů v povodí Kopaninského toku (ha) – Proposal of transfer of arable land into permanent grasslands in the river basin of Kopaninský tok (ha)

Povodí ¹	Akumulační zóna ²	Infiltrační zóna ³	Transportní zóna ⁴	Celkem ⁵	Celková výměra ⁶	%
I.	0,0195	13,3305	0,1255	13,4755	132,6500	10,15
II.	0,0398	16,1115	0,0829	16,2342	57,9200	28,02
III.	0,4573	23,0966	0,3684	23,9223	94,1100	25,42
IV.	3,9607	30,1596	11,4702	45,5905	78,9800	57,72
V.	0,2893	12,5773	2,9643	15,8309	46,1100	25,47
VI.	0,1382	0	0,0173	0,1555	7,6100	2,04
VII.	0,2495	11,3996	1,8602	13,5093	77,0000	17,54
VIII.	0,0692	7,2706	1,9845	9,3243	23,6700	7,54
IX.	1,6919	10,6385	4,9931	17,3235	89,9500	19,26
X.	0,3430	20,3300	4,9298	25,6028	90,8000	28,20
Celkem ⁵ (ha)	7,2584	144,9142	28,7962	180,9688	898,8000	20,13

¹river basin, ²accumulation zone, ³infiltration zone, ⁴transport zone, ⁵total, ⁶total area



1. Zastoupení kultur v povodí Kopaninského toku – Percentage of cultures in river basin of Kopaninský tok

- orná půda – arable land
- louky, pastviny a ovocné sady – meadows, pastures and orchards
- lesy – forests
- voda – water
- zastavěné plochy – built-in areas
- A – akumulační zóna – accumulation zone
- I – infiltrační zóna – infiltration zone
- T – transportní zóna – transport zone
- ▲ měrné body kvality vody a průtoku – specific points of water quality and flow rate
- toky – streams
- - hranice dílčích povodí I. až X. – boundaries of partial river basin I. to X.



2. Návrh delimitace kultur v povodí Kopaninského toku – Proposal of delimitation of cultures in the river basin of Kopaninský tok

- převod orné půdy do trvalých travních porostů – transfer of arable land into permanent grasslands

Obr. 2 jednoznačně vymezuje areály trvalých travních porostů, které by měly na základě tohoto návrhu vzniknout. Z porovnání situace struktury pozemků z leteckých snímků z roku 1948, 1951, 1961 s naším návrhem se ukazuje, že nedosáhneme původní krajinnou mikrostrukturu, resp. její prostorovou diverzitu. Minulá léta znamenala strukturální a funkční destabilizaci krajinného systému (Lipický, 1994). Vzájemné uspořádání ploch, jejich velikost a tvar bude muset dořešit projektant pozemkových úprav. Bude vymezen

pouze rámec, který je třeba respektovat pro zvýšení ochrany půdy a vody v povodí. Bude však otázkou dalšího výzkumu, zda je nutné původní krajinnou mikrostrukturu respektovat zcela přesně, nebo zvážit veškeré environmentální vstupy do krajiny a přizpůsobit jim návrh krajinné mikrostruktury. Máme především na zřeteli 40letou zvýšenou erozní činnost a s ní související degradaci půdy a půdní struktury, výstavbu plošných odvodňovacích systémů, které negativně (jako transportní prvek) ovlivňují kvalitu vody povrchových toků (Kvítek, 1994).

LITERATURA

KVÍTEK, T.: Možnosti snížení zatížení povrchových vod nitráty. Rostl. Výr., 40, 1994 (12): 1129–1138.

KVÍTEK, T. – KLÍMOVÁ, P.: Kvalita vody v povodí Kopaňského toku. [Závěrečná zpráva.] Praha, VÚMOP 1992.

KVÍTEK, T. et al.: Delimitace kultur a využívání travních porostů v útlumových extenzivních podmínkách. Metodika VÚMOP, 15, 1995.

KVÍTEK, T. et al.: Návrh změny rozsahu a členění PHO. Koncepce VÚMOP, 1994b.

LIPSKÝ, Z.: Změna struktury České venkovské krajiny. In: Sbor. Čes. geogr. Spol., 99, 1994 (4): 248–260.

MELLEROWITZ, K. T. – RESS, H. W. – CHOW, T. L. – GHANEM, I.: Soil conservation planning at the watershed level using the Universal Soil Loss Equation with GIS and microcomputer technologies: A case study. J. Soil Wat. Conserv., 49, 1994 (2): 194–200.

SRINIVASAN, R. – ARNOLD, J. G.: Basin scale water quality modelling using GIS. Proc. Conf. Application of advanced information technologies: Effective management of natural resources, Spokane, Washinton, 1993: 475–484.

Došlo 20. 4. 1995

Kontaktní adresa:

Ing. Tomáš Kvítek, CSc., Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Žabovřeská 250, 156 27 Praha 5-Zbraslav, Česká republika, tel.: 02/59 12 05, fax: 02/59 12 08

DEPOZICE XENOBIOTICKÝCH LÁTEK ZÁVLAHOU VODOU LABE

DEPOSITION OF XENOBIOTIC SUBSTANCES BY IRRIGATION WATER FROM THE LABE RIVER

J. Zavadil

Research Institute for Soil and Water Conservation, Praha, Czech Republic

ABSTRACT: Of surface waters used in the Czech Republic for irrigation, water from the Labe river is the greatest risk of soil and crops contamination by some xenobiotic, particularly organic substances. That is why in the years 1991 to 1994 within the solution of the project Healthy Nutrition by the Ministry of Economy of the Czech Republic an extraordinary attention was paid to the quantification of deposition of xenobiotic substances (XL) by water irrigation from this river. XL depositions presented in this contribution are calculated for two characteristic profiles of Labe (Valy and Jiřice) from average content of these substances in water in the vegetation period of 1994 and irrigation quantities for crops as determined by Slavík (1994). Deposition of some important XL by irrigation water from Labe of the profile Valy and Jiřice in decisive dry year is presented in Tabs II, III, IV. Deposition of xenobiotic organic volatile substances (XOL) differs most between these two profiles in view of the quantity – roughly by one to two orders. Of hazardous elements mercury and cadmium were deposited in the lowest quantity by irrigation water, of XOL substances with higher boiling point. Annual deposition of cadmium by water from Labe ranges in tenths $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$. The same applies to dichlorophenols whose concentrations in Labe were highest of all XOL substances with higher boiling point. Of volatile XOL in the Mělník region most dichlorobenzenes (as much as several $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$) are deposited by Labe water. In quantities deposited by irrigation water from Labe, namely from the Valy profile, XL had no measurable negative effects on soil and quality of crops. They were proved neither by their analyses (Zavadil, 1992, 1993, 1994a, b), nor by the examination for genotoxicity by Ames' tests (Černá, Zavadil, 1994). Soil and crop samples, however, were taken from plots irrigated for 20 to 30 years by high doses of Labe water. Vegetation pot trials with well water artificially contaminated by XOL performed at the Research Institute of Soil and Water Conservation Praha (Zavadil, 1993, 1994a, b) showed that their contents in soil increases at a dose of 1 to $> 10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (especially in dependence on the type of substance). These XOL doses are many times higher than those originating from irrigated water, namely also during their sampling from Labe in profile of Valy. Deposition of individual XL by irrigation water from Labe in decisive dry year, presented in this paper, is lower in an average year. This is significantly reduced by accumulation of water before its use for irrigation. In its usage a part of XL is deposited into sediments and volatile substances from water are weathering. The above findings correspond to the present degree of knowledge of XL effect on animals and environment and present sensitivity of analytical and testing methods. It cannot be eliminated that XL deposition by irrigation water from Labe will be more significant in some aspects in the future than reported now.

xenobiotic substances; content in water from Labe; deposition by irrigation water

ABSTRAKT: Jsou uvedeny depozice vybraných rizikových prvků (kadmia, olova, arzenu a niklu) a organických xenobiotických látek (toluenu, benzenu, chlorbenzenů, dichlorbenzenů, trichlorbenzenů, PCB, dichlorfenolů, fluorantenu a fenatrenu a antracenu) při průměrném obsahu těchto látek ve vodě Labe v profilu Valy a Jiřice v roce 1994 a závlahových množstvích ve směrodatně suchém roce. Bylo zjištěno, že roční depozice xenobiotických látek (XL) závlahou vodou Labe z těchto jeho dvou charakteristických profilů je nízká a nepředstavuje vážnější nebezpečí pro půdu a plodiny ani z dlouhodobého hlediska. Mezi profilem Valy a Jiřice je zásadní rozdíl v depozici xenobiotických organických látek (XOL) těkavých – v závislosti na druhu látky se liší zhruba o jeden až dva řády. Co se týká rizikových prvků, byly závlahou v nejmenším množství deponovány kadmium a rtuť, z XOL látky výševroucí. Roční depozice kadmia se pohybuje v desetinách $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$. Stejně je tomu i s dichlorfenoly, jejichž koncentrace v Labi byly z výševroucích XOL největší. Z těkavých XOL je vodou z profilu Valy ročně deponováno nejvíce toluenu (až ca $133 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$) a vodou z profilu Jiřice dichlorbenzen (až $3 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$).

xenobiotické látky; obsah ve vodě Labe; depozice závlahovou vodou

Labe v úseku, ve kterém je z něho odebírána voda pro ca 30 000 ha závlah, je kontaminováno řadou xenobiotických, zejména organických látek. Některé z nich jsou velmi nebezpečné pro zdraví lidí a zvířat (zejména různé chlorované aromatické a alifatické uhlovodíky). Ze závlahově využívaných toků ČR je zde jejich koncentrace největší. Prokazují to výsledky monitorování jakosti povrchových vod, prováděného ČHMÚ (Kult, 1994). Z tohoto důvodu byla v letech 1991 až 1994 v rámci řešení projektu MH ČR Zdravá výživa věnována mimořádná pozornost kvantifikaci de-

pozice xenobiotických látek závlahou vodou Labe. Získané poznatky jsou stručně uvedeny v této práci.

MATERIÁL A METODA

Depozice xenobiotických látek (XL) závlahou vodou Labe jsou vypočteny pro dva jeho charakteristické profily (Valy a Jiřice) z průměrného obsahu těchto látek ve vodě ve vegetačním období roku 1994 a ze závlahových množství plodin (Slavík, 1994) pro směrodatně suchý rok. Profil Valy je situován ca 6 km pod místem vypouštění odpadních vod ze Synthesie, a. s., Pardubice-Semtín, profil Jiřice nad Neratovicemi na okrese Mělník (ca 15 km pod soutokem s Jizerou). V každém kontrolním profilu bylo VÚMOP Praha odebráno celkem šest vzorků vody.

Rizikové prvky (RP) byly stanoveny v laboratoři VÚMOP Praha metodou AAS, xenobiotické organické látky (XOL) v laboratoři VZ GLS, a. s., metodou GS/MS. Z celkem 12 měřených RP byly pro výpočet jejich depozice závlahovou vodou vybrány čtyři nejnebezpečnější pro zdraví lidí a zvířat, z více než 60 měřených XOL pět těžkých a čtyři výševroucí, zjištěné ve vodě v největších koncentracích. Mezi vybranými RP není rtuť proto, že její obsah ve vodě byl v obou profilech ve všech vzorcích menší než mez detekce ($1 \mu\text{g.l}^{-1}$). Při výpočtu průměrného obsahu XOL v profilu Jiřice byly hodnoty menší než mez detekce uvažovány jako tato mez, tj. $0,1 \mu\text{g.l}^{-1}$ u těžkých XOL, $0,005 \mu\text{g.l}^{-1}$ u PCB a $0,05 \mu\text{g.l}^{-1}$ u dichlorfenolů. Závlahová množství uvádí tab. I, průměrnou koncentraci XL, použitou pro výpočet jejich depozice závlahovou vodou, tab. II, III, IV, v nichž odpovídá dávce v g.ha^{-1} při závlahovém množství $1\,000 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ (plodina ozimá pšenice).

Údaje o koncentraci XL ve vodě Labe v roce 1994 byly použity proto, že se její kontaminace některými

I. Závlahová množství pro závlahové oblasti okresu Mělník – Irrigation quantity for irrigation region of the Mělník district (Slavík, 1994)

Plodina ¹	Směrodatně suchý rok ¹⁴	Průměrný rok ¹⁵
Vojtěška ²	3 100	2 650
Cukrová řepa ³	2 700	2 180
Brambory rané ⁴	1 500	1 200
Kukuřice ⁵	1 400	800
Pšenice ozimá ⁶	1 000	650
Ječmen jarní ⁷	900	550
Zelí zimní ⁸	3 750	3 600
Květák letní ⁹	3 400	3 050
Květák raný ¹⁰	2 800	2 500
Celer ¹¹	2 250	2 050
Okurky ¹²	2 150	1 850
Karotka ¹³	1 300	900

¹crop, ²lucerne, ³sugar beet, ⁴early potatoes, ⁵maize, ⁶winter wheat, ⁷spring barley, ⁸winter cabbage, ⁹summer cauliflower, ¹⁰early cauliflower, ¹¹celery, ¹²cucumbers, ¹³carrot, ¹⁴standard dry year, ¹⁵average year

II. Dávky rizikových prvků (g.ha^{-1}) ve směrodatně suchém roce při průměrném obsahu ve vodě Labe v profilu Valy a Jiřice v roce 1994 – Doses of hazardous elements (g.ha^{-1}) in standard dry year in average content in Labe water in profile of Valy and Jiřice in 1994

Plodina ¹	Cd		Pb		As		Ni	
	Valy	Jiřice	Valy	Jiřice	Valy	Jiřice	Valy	Jiřice
Vojtěška ²	0,31	0,62	27,0	28,5	20,1	16,4	31,9	4,6
Cukrová řepa ³	0,27	0,54	23,5	24,8	17,5	14,3	27,8	4,0
Brambory rané ⁴	0,15	0,30	13,0	13,8	9,7	7,9	15,4	2,2
Kukuřice ⁵	0,14	0,28	12,2	12,9	9,1	7,4	14,4	2,1
Pšenice ozimá ⁶	0,10	0,20	8,7	9,2	6,5	5,3	10,3	1,5
Ječmen jarní ⁷	0,09	0,18	7,8	8,3	5,8	4,8	9,3	1,3
Zelí zimní ⁸	0,37	0,75	32,6	34,5	24,4	19,9	38,6	5,6
Květák letní ⁹	0,34	0,68	29,6	31,3	22,1	18,0	35,0	5,1
Květák raný ¹⁰	0,28	0,56	24,4	25,8	18,2	14,8	28,8	4,2
Celer ¹¹	0,22	0,45	19,6	20,7	14,6	11,9	23,2	3,4
Okurky ¹²	0,21	0,43	18,7	19,8	14,0	11,4	22,1	3,2
Karotka ¹³	0,13	0,26	11,3	12,0	8,4	6,9	13,4	1,9

For 1–13 see Tab. I

těkavými XOL (zejména 1,2-dichlorethanem a dichlorbenzeny) v tomto roce snížila v důsledku realizace opatření pro zlepšení kvality odpadních vod chemických závodů situovaných v povodí Labe. Koncentrace RP a výševroucích XOL v roce 1994 se v průměru podstatněji nelišila od jejich koncentrací naměřených před tímto rokem.

Profily Valy a Jiřice byly zvoleny proto, že významnost depozice XL závlahou je možné v těchto případech posoudit podle jejího vlivu na půdu, kvalitu plodin a jejich mutagenitu. Potřebná šetření proběhla ve VÚMOP Praha v období 1991 až 1994 v rámci řešení zmíněného projektu MH ČR Zdravá výživa (Zav-

díl, 1992, 1993, 1994a, b). S vodou z profilu Valy, která se pro závlahy nepoužívá, byl realizován dvouletý vegetační nádobový pokus s tímto sledem plodin: hlávková kapusta, mrkev a kukuřice. Vodou Labe prakticky stejných vlastností, jakou má v profilu Jiřice, jsou na Mělnicku zavlažovány tisíce ha. Některé pozemky jsou zde zavlažovány již více než 30 let. V této oblasti byly odebrány desítky vzorků půd a plodin (rané brambory, kedlubny, zelí, kapusta, květák, mrkev, celer, okurky). Ve všech vzorcích půd a plodin byly obvyklými analytickými metodami stanoveny RP a XOL. Většina vzorků plodin a některé vzorky půd byly vyšetřeny na mutagenitu Amesovými testy (Černá, Zavadil, 1994).

III. Dávky těkavých organických xenobiotických látek ($\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$) ve směrodatně suchém roce při průměrném obsahu ve vodě Labe v profilu Valy a Jiřice v roce 1994 – Doses of volatile organic xenobiotic substances ($\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$) in standard dry year in average content in Labe water in profile of Valy and Jiřice in 1994

Plodina ¹	Toluen		Benzen		Chlorbenzen		Dichlorbenzeny		Trichlorbenzeny	
	Valy	Jiřice	Valy	Jiřice	Valy	Jiřice	Valy	Jiřice	Valy	Jiřice
Vojtěška ²	110,0	0,31	10,5	0,46	27,6	0,31	28,5	2,5	4,6	0,64
Cukrová řepa ³	95,8	0,27	9,2	0,40	24,0	0,27	24,8	2,2	4,0	0,54
Brambory rané ⁴	53,2	0,15	5,1	0,22	13,3	0,15	13,8	1,2	2,2	0,30
Kukuřice ⁵	49,7	0,14	4,8	0,21	12,5	0,14	12,9	1,1	2,1	0,28
Pšenice ozimá ⁶	35,5	0,10	3,4	0,15	8,9	0,10	9,2	0,8	1,5	0,20
Ječmen jarní ⁷	31,9	0,09	3,1	0,13	8,0	0,09	8,3	0,7	1,3	0,18
Zelí zimní ⁸	133,1	0,37	12,7	0,55	33,4	0,37	34,5	3,0	5,6	0,75
Květák letní ⁹	120,7	0,34	11,6	0,51	30,3	0,34	31,3	2,7	5,1	0,68
Květák raný ¹⁰	99,4	0,28	9,5	0,42	24,9	0,28	25,8	2,2	4,2	0,56
Celer ¹¹	79,9	0,22	7,6	0,34	20,0	0,22	20,7	1,8	3,4	0,45
Okurky ¹²	76,3	0,21	7,3	0,32	19,1	0,21	19,8	1,7	3,2	0,43
Karotka ¹³	46,1	0,13	4,4	0,19	11,6	0,13	12,0	1,0	1,9	0,26

For 1–13 see Tab. I

IV. Dávky výševroucích organických xenobiotických látek ($\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$) ve směrodatně suchém roce při průměrném obsahu ve vodě Labe v profilu Valy a Jiřice v roce 1994 – Doses of organic xenobiotic substances with higher boiling points ($\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$) in standard dry year in average content in profile of Valy and Jiřice in 1994

Plodina ¹	PCB (Delor 106)		Dichlorfenoly		PAU			
	Valy	Jiřice	Valy	Jiřice	fluoranten		fenatren + antracen	
					Valy	Jiřice	Valy	Jiřice
Vojtěška ²	0,31	0,062	0,77	0,59	0,060	0,062	0,186	0,152
Cukrová řepa ³	0,27	0,054	0,67	0,51	0,051	0,054	0,162	0,132
Brambory rané ⁴	0,15	0,030	0,37	0,28	0,028	0,030	0,090	0,073
Kukuřice ⁵	0,14	0,028	0,35	0,27	0,027	0,028	0,084	0,069
Pšenice ozimá ⁶	0,10	0,020	0,25	0,19	0,019	0,020	0,060	0,049
Ječmen jarní ⁷	0,09	0,018	0,22	0,17	0,017	0,018	0,054	0,044
Zelí zimní ⁸	0,37	0,075	0,94	0,71	0,071	0,075	0,225	0,184
Květák letní ⁹	0,34	0,068	0,85	0,65	0,065	0,068	0,204	0,167
Květák raný ¹⁰	0,28	0,056	0,70	0,53	0,053	0,056	0,168	0,137
Celer ¹¹	0,22	0,045	0,56	0,43	0,043	0,045	0,135	0,110
Okurky ¹²	0,21	0,043	0,54	0,41	0,041	0,043	0,129	0,105
Karotka ¹³	0,13	0,026	0,32	0,25	0,025	0,026	0,078	0,064

For 1–13 see Tab. I

Depozice některých významných XL závlahou vodou Labe z profilu Valy a Jiřice ve směrodatně suchém roce je uvedena v tab. II, III, IV. Mezi těmito profily se co do množství nejvíce liší depozice těkavých XOL (zhruba o jeden až dva řády). Z RP byly závlahovou vodou v nejmenším množství deponovány rtuť a kadmium, z XOL látky výševroucí. Roční depozice kadmia vodou Labe se pohybuje v desetinách $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$, stejně tomu je i s dichlorofenoly, jejichž koncentrace v Labi byly z výševroucích XOL největší. Z těkavých XOL je na Mělnicku labskou vodou nejvíce deponováno dichlorbenzenů (až několik $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$). V množstvích deponovaných závlahou vodou Labe, a to i z profilu Valy, neměly XL žádné měřitelné negativní účinky na půdu ani na kvalitu plodin. Neprokázaly je ani jejich rozborů (Zavadil, 1992, 1993, 1994a, b), ani jejich vyšetření na genotoxicitu Amesovými testy (Černá, Zavadil, 1994). Přitom vzorky půdy a plodin byly odebrány na pozemcích zavlažovaných 20 až 30 let vysokými dávkami labské vody (protože zemědělské podniky za vodu neplatily, tak s ní nešetřily). S výjimkou pozemků, na kterých byly aplikovány vysoké dávky čistírenských kalů, nepřekračoval obsah jednotlivých RP v půdě jejich referenční limit, který uvádějí Podlešáková et al. (1994). Obsah XOL v půdě byl vždy menší než jejich referenční limit, který uvádějí Němeček et al. (1994).

Vegetační nádobové pokusy se studniční vodou uměle kontaminovanou XOL, realizované ve VÚMOP Praha (Zavadil, 1993, 1994a, b), ukázaly, že ke zvýšení jejich obsahu v půdě dochází při dávce 1 až $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (v závislosti na druhu látky). Tyto dávky XOL jsou mnohonásobně větší než jejich dávky závlahovou vodou, a to i při jejím odběru z Labe v profilu Valy.

Depozice jednotlivých XL závlahou vodou Labe ve směrodatně suchém roce, uvedená v této práci, je v průměrném roce nižší. Významně ji snižuje akumulace vody před jejím použitím k závlaze. Během ní je část XL deponována do sedimentů a těkavé látky z vody vyvětrávají.

Depozice XL závlahou vodou Labe je nízká. Neprojevila se měřitelným zvýšením obsahu žádné této látky v půdě a plodinách ani zvýšením jejich mutagenní aktivity. Je však třeba mít na zřeteli, že tyto poznatky odpovídají současné citlivosti analytických a testovacích metod, která se stále zvyšuje. Rychle roste úroveň poznání o vlivu XL na živočichy a životní prostředí. Nelze proto vyloučit, že se v budoucnu nezjistí větší význam depozice XL závlahou vodou Labe, než se uvádí v této práci.

LITERATURA

- ČERNÁ, M. – ZAVADIL, J.: Mutagenní aktivita plodin zavlažovaných vodou kontaminovanou xenobiotickými organickými látkami. *Rostl. Výr.*, 40, 1994 (12): 1171–1176.
- KULT, A.: Celkové zhodnocení jakosti vody v kontrolních profilech ČHMÚ v povodí Labe a Lužické Nisy za období 1991–1993. Díl II. Praha, VÚV TGM 1994: 1/A–23/C.
- NĚMEČEK, J. – PODLEŠÁKOVÁ, E. – FIRÝT, P.: Kontaminace půd severočeského regionu organickými xenobiotickými látkami. *Rostl. Výr.*, 40, 1994 (2): 113–121.
- PODLEŠÁKOVÁ, E. – NĚMEČEK, J. – VÁCHA, R.: Kontaminace půd severočeského regionu rizikovými prvky. *Rostl. Výr.*, 40, 1994 (2): 123–130.
- SLAVÍK, L.: Speciální závlahové režimy v regionech se zhoršenou kvalitou povrchových vod. [Závěrečná zpráva.] Praha, VÚMOP 1994. 8 s.
- ZAVADIL, J.: Kontrola jakosti vody Labe a Vltavy z hlediska závlah v roce 1991. [Výzkumná zpráva.] Praha, VÚMOP 1992. 54 s.
- ZAVADIL, J.: Jakost vody Labe a Vltavy z hlediska závlah v roce 1992. [Výzkumná zpráva.] Praha, VÚMOP 1993. 38 s.
- ZAVADIL, J.: Jakost vody Labe z hlediska závlah v roce 1993. [Výzkumná zpráva.] Praha, VÚMOP 1994. 21 s.
- ZAVADIL, J.: Kontaminace půdy, plodin a podzemních vod cizorodými látkami ze závlahové vody. [Závěrečná zpráva.] Praha, VÚMOP 1994. 32 s.

Došlo 20. 4. 1995

Kontaktní adresa:

Ing. Josef Zavadil, CSc., Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Žabovřeská 250, 156 27 Praha 5-Zbraslav, Česká republika, tel.: 02/59 12 05, fax: 02/59 12 08

TEPLOTNÍ CHARAKTERISTIKY A BOWENŮV POMĚR V POROSTECH BRAMBOR PŘI RŮZNÝCH VLÁHOVÝCH REŽIMECH

TEMPERATURE CHARACTERISTICS AND BOWEN RATIO IN POTATO STANDS AT VARIOUS IRRIGATION REGIMES

J. Fidler

Czech University of Agriculture, Praha, Czech Republic

ABSTRACT: In conditions of vegetation hall with open sides and glass roof letting ultraviolet radiation in and with lysimeters of an area 6.25 m² and depth of 1.40 m with a possibility to adjust height of the groundwater table (GWT) at the experimental station of the Research Institute of Soil and Water Conservation at Hořín near Mělník, in 1992 in potato stands gradually in different phases of development surface temperatures of leaves were measured by touchless sensor, air temperatures and air humidity over the stand and at a height of 2 m. Data were used for evaluation of the effect of moisture regimes of soil, formed under the hall by underground trickle irrigation (section A), surface trickle irrigation (section B), sprinkling (section C) and dispersion irrigation (section D). The following lysimeters were used in the trials: lysimeters L3 and L11 (without GWT), L12 and L13 (GWT 0.8 m), L14 (GWT 0.40 m) and finally, L10 (without stand and without GWT). Measurements were carried out in two-hours' intervals from 7 a.m. to 5 p.m. of summer time during a day gradually in different developmental stages throughout the whole vegetation period. The values taken were plotted in graphs, including calculated values of the Bowen ratio and fraction $1/(1 + \beta)$ which for identical time, that is at the same solar radiation which then becomes a constant, gives comparable values for studied treatments of irrigation regime, making possible to judge the differences in the levels of actual evapotranspiration. Except graphic processing for visual comparison the data were subject to straight line regression analysis, searching for relationships between surface temperature of plants, temperature, moisture and tension of water vapour in the air over the stand. In another analysis the corresponding factors of treatments were compared with chosen standards (sections A and L3). This results in finding of the dependence of surface temperature of plants on air temperature over the stand and in addition, on tension of water vapour for hall and more significantly (at $r > 0.66$) for lysimeters. Practically no dependences on surface temperatures and Bowen ratio for hall were found. Correlation coefficient for lysimeters r ranged from 0.125 to 0.302. The suitability of measurements of surface temperatures for judging of state of plants in various irrigation regimes can be confirmed. The use of the Bowen ratio for distinction of effects of water regime of soil is not unambiguous for vegetation hall. Better results were acquired from observation with lysimeters.

surface temperature of plants; moisture regime of soil; Bowen ratio; lysimeters; evapotranspiration; potatoes

ABSTRAKT: V podmínkách vegetační haly s otevřenými boky a skleněnou střešou propouštějící ultrafialové záření a na lyzimetrech o ploše 6,25 m² a hloubce 1,40 m s možností regulace výšky hladiny podzemní vody (HPV) na pokusné stanici VÚMOP Praha v Hoříně u Mělníka byly na porostech brambor v roce 1992 postupně v jednotlivých vývojových fázích měřeny povrchové teploty listů bezdotykovým snímačem, teploty vzduchu a vlhkosti vzduchu nad porostem a ve 2m výšce. Údaje byly použity pro hodnocení vlivu vláhoých režimů půdy, vytvářených pod halou podzemní kapkovou závlahou (dílce A), povrchovou kapkovou závlahou (dílce B), postřikem (dílce C) a disperzní závlahou (dílce D). Na lyzimetrech byly použity lyzimetry L3 a L11 (bez HPV), L12 a L13 (HPV 0,8 m), L14 (HPV 0,40 m) a konečně L10 (bez porostu a bez HPV). Měření probíhalo v 2h intervalech od 7.00 do 17.00 letního času v průběhu jednoho dne, postupně v jednotlivých vývojových fázích po celou vegetační dobu. Naměřené hodnoty byly vyneseny graficky včetně vypočtených hodnot Bowenova poměru a zlomku $1/(1 + \beta)$, který pro stejný čas, tedy při stejné sluneční radiaci, která se tak stane konstantou, udává pro sledované varianty vláhoého režimu srovnatelné hodnoty, umožňující posoudit rozdíly v úrovních aktuální evapotranspirace. Kromě grafického zpracování pro vizuální porovnání byly údaje podrobeny přímkové regresní analýze, hledající vztahy mezi povrchovou teplotou rostlin, teplotou, vlhkostí a napětím vodních par ve vzduchu nad porostem. V další analýze byly porovnávány odpovídající faktory variant se zvolenými standardy (dílce A a L3). Výsledkem je zjištění závislosti povrchové teploty rostlin na teplotě vzduchu nad porostem a dále na napětí vodních par pro halu a výrazněji (při $r > 0,66$) pro lyzimetry. Nebyly zjištěny prakticky žádné závislosti povrchové teploty a Bowenova poměru pro halu. Pro lyzimetry se pohyboval koeficient korelace r v rozmezí 0,125 až 0,302. Lze konstatovat vhodnost měření povrchových teplot pro posuzování stavu rostlin v různých vláhoých režimech. Použití Bowenova poměru pro odlišení vlivů vodního režimu půdy není jednoznačné pro vegetační halu. Lepší výsledky byly získány z pozorování na lyzimetrech.

povrchová teplota rostlin; vláhoý režim půdy; Bowenův poměr; lyzimetry; evapotranspirace; brambory

Na Výzkumné stanici Hořín u Mělníka byl v roce 1992 realizován výzkum reakcí plodin na různé vláhové režimy, zpracovaný do výzkumných zpráv. V jeho rámci bylo prováděno měření povrchových teplot, gradientů teploty a napětí vodních par v porostech brambor zavlažovaných různými způsoby v pokusné vegetační hale a při různých HPV na otevřených lyzimetrech. Postižení diferencí ve vlivech jednotlivých faktorů na životní procesy rostlin při modelových výzkumech v oblasti půda – voda – rostlina dostatečně citlivými metodami je mnohdy obtížné. Jednou z metod může být porovnávání reakce rostlin, vyjádřené teplotou povrchu listů. Další, posuzující mikroklimatické poměry nad porostem, může být metoda využívající Bowenova poměru.

Bowen v roce 1926 (cit. Rosenberg et al., 1968) zjistil, že proud tepla A vyzařovaného do okolního prostoru tvoří jen malou část dopadající čisté radiace R_n na povrch půdy.

Po ohodnocení této složky a energie výparu λE zahrnu obě hodnoty do poměru β . Suomi, Tanner v roce 1958 (cit. Rosenberg et al., 1968) vycházeli z výchozí bilance a Bowenův poměr vyjádřili jako

$$\beta = \frac{A}{\lambda E} = \frac{R_n - \lambda E - G}{\lambda E} \quad (1)$$

kde R_n je čistá radiace a G je energie toku tepla do půdy v $J/m^2/\text{čas}$.

Nověji se problematikou zabývali Massman (1992), Kelliher et al. (1992), Malek et al. (1992), Malek (1993a, b) a Malek, Bingham (1993a, b). Pro Bowenův poměr použili vztah

$$\beta = \frac{H}{\lambda E} = \frac{C_p \cdot d\theta}{\lambda \cdot dq} \quad (2)$$

kde C_p je specifické teplo vzduchu při konstantním tlaku [$1005 (10 + 0,9q) J/kg/K$], $d\theta$ a dq jsou vertikální gradienty potenciální teploty (K) a specifické vlhkosti vzduchu (kg vody na kg vlhkého vzduchu). Postup výpočtu toku tepla půdy na povrchu půdy G a specifické vlhkosti popsal Malek (1992) s převzetím vztahů, které odvodili Hanks, Ashcroft (1980 – cit. Gregory, 1988). S použitím rovnic uvedených v citované práci je

$$\lambda E_{act} = \frac{R_n + G}{1 + \beta} \quad (3)$$

Gregory (1988) pro β uvádí tvar

$$\beta = \frac{C}{\lambda E} = \frac{\rho \cdot C_p \cdot K_h}{(\rho/\gamma) \cdot K_v} \cdot \frac{\partial T/\partial z}{\partial e/\partial z} \quad (4)$$

kde γ je psychrometrická konstanta ($\gamma = p \cdot C_p/0,622\lambda$), ρ je měrná hmotnost vzduchu, p je celkový tlak vzduchu ($0,66 \text{ mbar/K}$), λ je latentní teplo vody ($2,45 \text{ kJ/g}$) a K_h , K_v jsou koeficienty turbulentního proudění tepla a vodní páry. Koeficienty K_h a K_v je možno uvažovat jako stejné a po nahrazení derivací konečnými hodnotami je Bowenův poměr možno psát jako

$$\beta = \gamma \cdot \frac{T_o - T_a}{e_o - e_a} \quad (5)$$

kde e_o , T_o jsou hodnoty na vypařujícím se povrchu, e_a , T_a jsou hodnoty ve výšce z nad povrchem. Nejistá situace nastává při hodnotách rozdílu vlhkostí $e_o - e_a$ blízkých nule, které vedou k hodnotám $\beta \approx \pm\infty$, v následujícím výrazu pro výpar pak k nulovému výparu.

Rovnice (3) byla pro náš postup formálně upravena na tvar

$$\lambda E_{act} = \frac{1}{1 + \beta} \cdot (R_n - G) \quad (6)$$

kde výraz v závorce je při jednotném čase měření prakticky konstantní ve všech současně měřených alternativách v jedné lokalitě. Pro porovnání okamžitých poměrů výparu pro jednotlivé vláhové režimy postačí tak porovnat hodnoty zlomku $1/(1 + \beta)$. Z jeho tvaru je zřejmé, že odvozené hodnoty β podle vztahu (5) blízké nebo rovné -1 vyjadřují nestabilní stav soustavy, poskytující nereálně vysoké hodnoty λE s mezí $\pm\infty$.

Použití uvedeného zlomku usnadňuje grafické zpracování oproti údajům poměru β , protože zužuje výrazně extrémní hodnoty Bowenova poměru.

V našich podmínkách použil v roce 1978 metody Bowenova poměru pro určení průběhu evapotranspirace na lyzimetru s mokřadními travními porosty na Mokřých lukách u Třeboně Ondok (cit. Dykyslová et al., 1989). Popis metody a výsledky měření na lučních porostech pro smilkový nekosený porost v Kamenických publikovali Rychnovská et al. (1987). Jako podmínku realizace uvádějí homogenost porostu na poměrně velké ploše. Chybu metody oceňuje Novák (1979) do 30 %; narůstá při malých hodnotách R_n a v noci.

Použití Bowenova poměru bylo tedy podle publikovaných výsledků zatím využíváno spíše pro jednorázová měření. Naše měření v Hoříně umožnila získat hodnoty β v jednotlivých růstových fázích za celé vegetační období jedné plodiny a využít je pro posouzení vlivů alternativních vláhových režimů na evapotranspiraci, včetně vzájemných vztahů působících faktorů na povrchovou teplotu rostlin bramborů při modelovaných vláhových režimech. Cílem bylo i posouzení metod hodnocení.

MATERIÁL A METODA

Porosty brambor byly sledovány jednak v podmínkách různých způsobů závlah, jednak na lyzimetrech s přirozenými srážkami bez závlahy, ale s různými HPV. Závlahové pokusy byly realizovány pod halou se střechem ze skla propouštějícího ultrafialové záření (Slavík et al., 1992) o ploše $8,2 \times 20,0 \text{ m}$ s volnými boky a minimální výšce $3,20 \text{ m}$. Uspořádání umožňovalo sledovat reakci porostů na podzemní kapkovou závlahu (dílec A), povrchovou kapkovou závlahu (dílec B), zá-

vlahu klasickým postřikem (dílec C) a konečně disperzní závlahu (dílec D).

Pro sledování na lyzimetrech byly voleny lyzimetry bez porostu (lyzimetr L10), bez HPV (L11 a L3), s HPV 0,8 m pod povrchem (L12 a L13) a s HPV 0,4 m (L14). Lyzimetry o ploše 2,5 x 3,25 m a hloubce 1,40 m jsou situovány ve dvou řadách po devíti lyzimetrech uprostřed s podzemní chodbou. Podrobnější popis uvádí např. Fídlér (1993).

Vlastní měření probíhalo v 2h intervalech od 7.00 do 17.00 letního času. Povrchové teploty rostlin byly měřeny pyrometrem Raynger RK 2 HR/SC fy Raytek (USA). Měřeno bylo vždy v pěti bodech a používány byly průměry naměřených hodnot. Vypočteny byly i jejich průměrné a směrodatné odchylky. Vlhkosti vzduchu, resp. napětí vodních par ve vzduchu byly měřeny psychrometricky. Pro hodnoty teplot nad porostem jsou uváděny naměřené teploty suchého teploměru.

Termíny měření byly voleny tak, aby byly postiženy vývojové fáze brambor, hodnocené metodou podle Engela. Pro nevyvinuté rostliny nebylo měření v prvním termínu 5. 5. 1992 úplné a bylo ukončeno po dozrání porostů 2. 7. 1992. V průběhu měření se ve dvou termínech vyskytly mechanické poruchy psychrometru, což vedlo rovněž k neúplnému měření. Měření hodnot pod halou byla ovlivňována i provozem závlahových zařízení. Obdobně na lyzimetrech bezprostředně po přivalové dešti nebylo měřeno, aby nebyly poškozeny porosty při rozbahněné půdě.

Z naměřených hodnot teplot a napětí vodních par nad porosty byly vypočteny s použitím rovnice (5) hodnoty Bowenova poměru. Pro hodnoty psychrometrické konstanty γ byly použity publikované tabulky (Maidment et al., 1993). Po výpočtu zlomku podle rovnice (6) byly jeho hodnoty a hodnoty β ze všech měření zpracovány tabulkově a graficky. Tabulkové zpracování vzhledem k rozsahu není uváděno.

V grafickém zpracování u obou sérií byly pro porovnání vykresleny průběhy teplot povrchů rostlin, teplot, vlhkosti a napětí vodních par nad povrchem porostu a teploty ve výšce 2 m. Ze stejného důvodu byly vykresleny i termíny a velikosti dávek, trvání vývojových fází brambor, teplot vzduchu v meteorologické budce a srážky pro lyzimetry.

Prvá série byla zpracována pro hodnoty z jednotlivých dnů odděleně pro vegetační halu a lyzimetry (obr. 1 a 2). Druhá série byla zpracována po jednotlivých hodinách měření za celé vegetační období rovněž odděleně pro alternativy vláhvových režimů v hale (obr. 3) a na lyzimetrech (obr. 4).

Další zpracování spočívalo ve výpočtu korelací mezi jednotlivými faktory, ovlivňujícími procesy teploty povrchu rostliny, teplotou, vlhkostí a napětím vodních par ve vzduchu nad porostem a vlhkostí půdy vyjádřenou sacím tlakem. Pro lyzimetry bez HPV (L3 a L11) byly posouzeny i vlivy objemových vlhkostí. Důležité bylo posouzení závislosti povrchové teploty rostliny, hodnot Bowenova poměru β a zlomku $1/(1 + \beta)$.

Druhou částí korelačních výpočtů bylo posouzení těsnosti vztahů mezi jednotlivými variátami vláhvového režimu jak zavlažovanými, tak s různými HPV na lyzimetrech s tím, že byla zvolena standardní srovnávací varianta, tj. u závlah varianta (A) s podzemní kapkovou závlahou a u lyzimetrů lyzimetr bez HPV (L3). Dále byly porovnávány postupně jednotlivé faktory mezi standardní variantou a dalšími variantami pro halu a pro lyzimetry. Výsledky tohoto zpracování jsou reprezentovány hodnotami korelačních koeficientů r (tab. I, II).

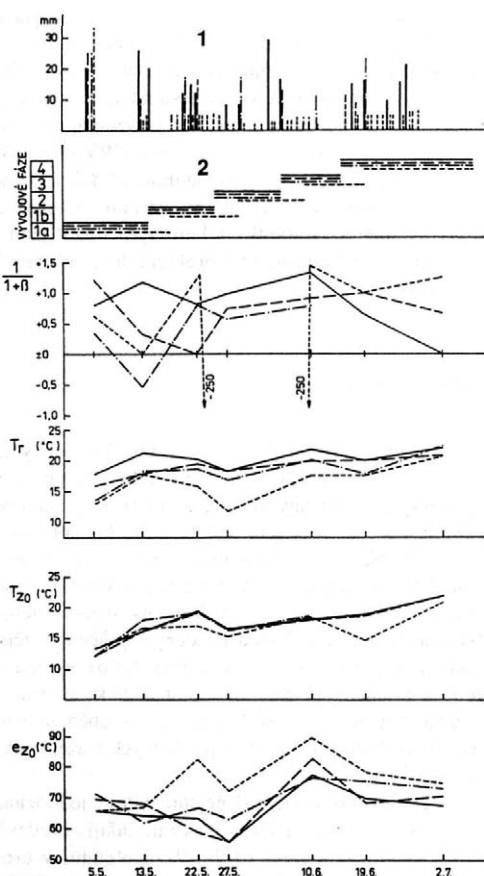
VÝSLEDKY A DISKUSE

Z grafického zpracování jsou na obr. 1 uvedeny hodnoty $1/(1 + \beta)$ pro čas 9.00 h pro halu a na obr. 2 pro lyzimetry pro všechny sledované alternativy vláhvového režimu pro celé vegetační období a pro hodnoty výrazu $1/(1 + \beta)$. Na obr. 3 pro halu a na obr. 4 pro lyzimetry jsou pak pro termín 13. 5. 1992 a pro všechny časové intervaly od 7.00 do 17.00 h vykresleny hodnoty stejných faktorů. U obr. 1 a 2 jsou uvedeny i průběhy vnějších faktorů, počínaje průběhem vývojových fází porostů přes průběh průměrných denních teplot a vlhkostí vzduchu, měřené v meteorologické budce, resp. průběh závlah na jednotlivých dílcích a průběh přirozených srážek na lyzimetrech.

Z grafického vyjádření nejsou patrné jednoznačné závislosti mezi mikroklimatickými údaji, především povrchovými teplotami rostlin T_r , teplotami v úrovni povrchu porostu T_o a hodnotami poměru $1/(1 + \beta)$. Patří sem i průběhy vlhkostí vzduchu e_o . Logická je vazba povrchových teplot T_r a teplot vzduchu nad porostem T_o . Je zřejmé, že hodnoty $1/(1 + \beta)$ mají rovněž pro jednotlivé varianty vláhvových režimů rozdílné průběhy, shodující se jen v některých časových úsecích. Není zřejmé ani vazba na vnější faktory jako srážky, resp. závlahy, vývojové fáze rostlin, průměrnou denní teplotu apod. Pro podmičky lyzimetrů je výrazně rozdílná teplota povrchu neporostlé půdy v lyzimetru L10, která až v závěrečné části období začala sledovat ostatní teplotní údaje.

V druhé fázi zpracování bylo hlavním cílem vyjádřit jiným způsobem než graficky rozdílné chování lyzimetrů a pokusných ploch při různých vláhvových režimech. Byla použita metoda lineární regrese s využitím programu Quatro Pro. Z výpočtu byly použity hodnoty regresních koeficientů r a byly vypočteny i ostatní parametry. Program přímo udává hodnoty r^2 . Kde není možno vyjádřit jakoukoliv lineární závislost, objevují se ve výpočtu záporné hodnoty r^2 . Tyto případy byly vynečány.

Porovnávány byly nejdříve přímé vztahy mezi povrchovou teplotou T_o a ostatními faktory (tab. I). Dále byl hledán vztah stejných faktorů uvnitř souborů naměřených dat pro lyzimetry a pro vegetační halu mezi zvolenou standardní variantou (pro halu variantu A, pro lyzimetry lyzimetr L3) a variantami ostatními (tab. II).

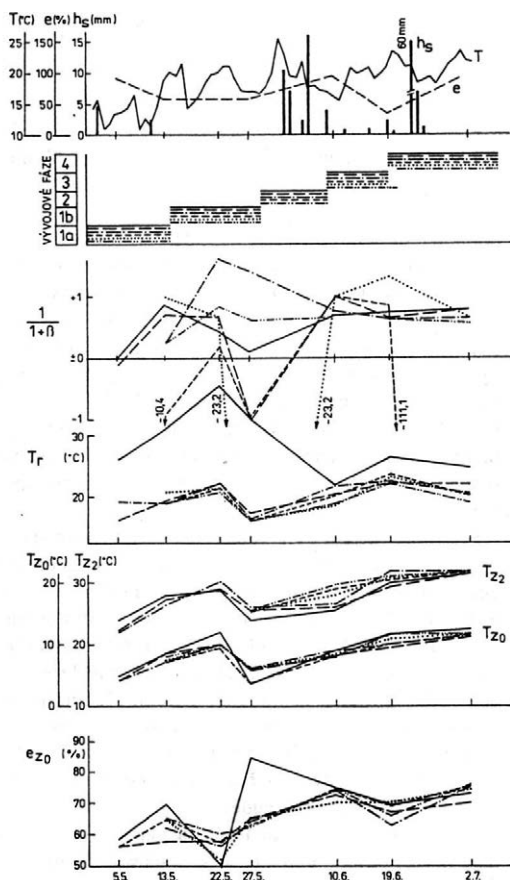


1. Rozdělení závlah (1) a vegetačních fází (2) pro brambory na stanici Hořín a průběhy hodnot: zlomku $1/(1+\beta)$, povrchové teploty rostliny T_r , teploty vzduchu nad porostem T_{z0} a relativní vlhkosti vzduchu nad porostem e_{z0} na dílcích pod vegetační halou ve vegetačním období v 9.00 h – Distribution of irrigations (1) and vegetation phases (2) for potatoes at the station Hořín and courses of values: fraction $1/(1+\beta)$, surface temperature of plant T_r , air temperature over stand T_{z0} and relative humidity over stand e_{z0} on sections under vegetation hall in vegetation period at 9 a.m.

— podzemní kapková závlaha – underground trickle irrigation
 — povrchová kapková závlaha – surface trickle irrigation
 - - - závlaha postřikem – sprinkling irrigation
 - - - disperzní závlaha – dispersion irrigation

Zatímco porovnání funkčních závislostí faktorů na povrchové teplotě rostlin T_r vykazuje ve všech alternativách její přímý vztah k teplotě vzduchu nad porostem T_{z0} , pro ostatní faktory taková závislost není jednoznačná. Pro halu navíc tato závislost vykazuje relativně proměnlivé hodnoty korelačního koeficientu r oproti poměrně vyrovnaným hodnotám r na lyzimetrech. Další výrazný rozdíl vykazují závislosti ostatních faktorů na lyzimetrech a pod halou.

Pod halou jsou to hodnoty r pro alternativy C (postřik) a D (disperzní závlaha) pro napětí vodních par e_{kpav} zatímco varianty A (podzemní kapková závlaha)

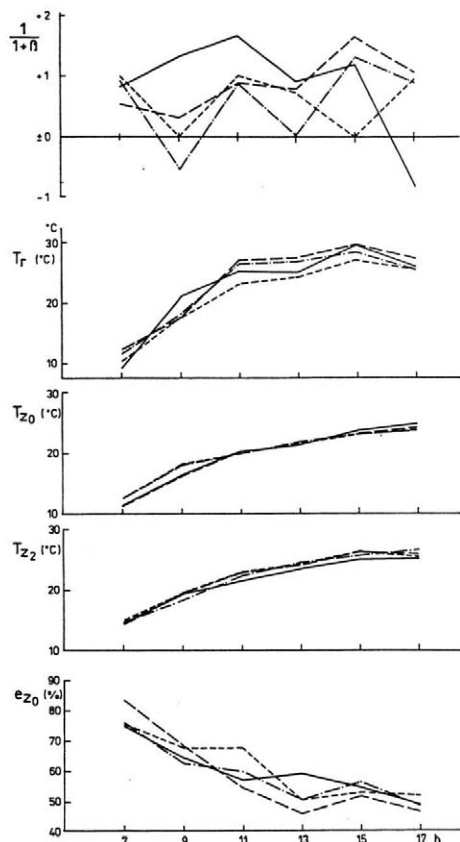


2. Průběh klimatických veličin a vegetačních fází pro brambory na stanici Hořín a průběhy hodnot: zlomku $1/(1+\beta)$, povrchové teploty rostliny T_r , teploty vzduchu nad porostem T_{z0} a relativní vlhkosti vzduchu nad porostem e_{z0} na lyzimetrech ve vegetačním období v 9.00 h – The course of climatic quantities and vegetation phases for potatoes at the station Hořín and courses of values: fraction $1/(1+\beta)$, surface temperature of plant T_r , air temperature over stand T_{z0} and relative humidity over stand e_{z0} on lysimeters in vegetation period at 9 a.m.

lyzimetry bez porostu – lysimeters without stand (L10 —)
 lyzimetry bez HPV – lysimeters without GWT (L11 —; L3 - - -)
 lyzimetry s HPV 0,8 m pod povrchem půdy – lysimeters with GWT of 0.8 m under soil surface (L12 - - -; L13 ····)
 lyzimetry s HPV 0,4 m – lysimeters with GWT of 0.4 m (L14 - - -)

a B (povrchová kapková závlaha) vztah nevykazují. Z ostatních hodnot jen velmi volný vztah k povrchové teplotě T_0 vykazala alternativa A pro hodnotu $1/(1+\beta)$ a vyšší hodnotu vztahu alternativa C pro hodnoty β a $1/(1+\beta)$.

Na lyzimetrech je situace výrazně odlišná. Především všechny vypočtené hodnoty r^2 byly kladné a navíc byl vysoký funkční vztah k povrchové teplotě T_0 , kromě již komentované teploty vzduchu nad porostem vykazaly hodnoty vlhkosti vzduchu $e\%$ rovněž relativně vysokou hodnotu r . Nepotvrdila se očekávaná závislost povrchových teplot rostlin T_0 na vlhkosti povrchové vrstvy půdy do hloubky 0,3 m, i když vlhkosti byly

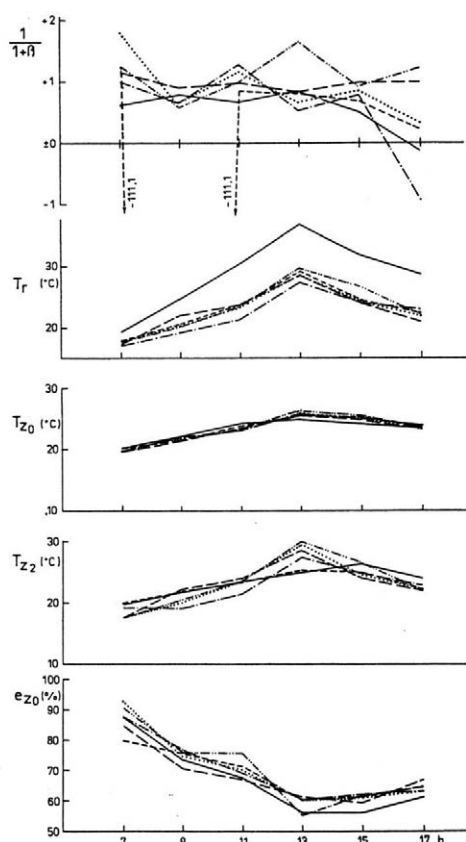


3. Průběhy hodnot: zlomku $1/(1 + \beta)$, povrchové teploty rostliny T_r , teploty vzduchu nad porostem T_{z0} a ve výšce 2 m T_{z2} a relativní vlhkosti vzduchu nad porostem e_{z0} ve vegetační hale v Hoříně dne 13. 5. 1992 od 7.00 do 17.00 h – The courses of values: fraction $1/(1 + \beta)$, surface temperature of plant T_r , air temperature over stand T_{z0} and at a height of 2 m T_{z2} and relative humidity over stand e_{z0} in vegetation hall at Hořín on May 13, 1992 from 7 a.m. to 5 p.m.

— podzemní kapková závlaha – underground trickle irrigation
 — povrchová kapková závlaha – surface trickle irrigation
 - - - závlaha postřikem – sprinkling irrigation
 — — — disperzní závlaha – dispersion irrigation

měřeny podle jiného časového rozvrhu a do výpočtu byly vzaty interpolované hodnoty ze sousedních termínů vlhkostních měření.

Druhá skupina regresí (tab. II) posuzuje mezivariantační vztahy. Zatímco varianty závlah pod halou ve srovnání se zvolenými standardními variantami sledování vykazují nejvyšší úroveň korelací pro teploty vzduchu nad porostem, nižší pak pro povrchové teploty rostlin vyvolané reakcemi rostlin na ostatní vnější podněty. Pro další varianty jsou nejnižší hodnoty koeficientů r pro disperzní závlahu logicky pro všechny faktory, včetně neexistujících vztahů pro β , $1/(1 + \beta)$ a vlhkosti půdy v 0,15 m, mimo T_r . Závislost neplatí obdobně pro variantu závlah postřikem u hodnoty β



4. Průběhy hodnot: zlomku $1/(1 + \beta)$, povrchové teploty rostliny T_r , teploty vzduchu nad porostem T_{z0} a ve výšce 2 m T_{z2} a relativní vlhkosti vzduchu nad porostem e_{z0} na lyzimetrech v Hoříně dne 2. 7. 1992 od 7.00 do 17.00 h – The courses of values: fraction $1/(1 + \beta)$, surface temperature of plant T_r , air temperature over stand T_{z0} and at a height of 2 m T_{z2} and relative humidity over stand e_{z0} on lysimeters at Hořín on July 2, 1992 from 7 a.m. to 5 p.m.

lyzimetry bez porostu – lysimeters without stand (L10 —)
 lyzimetry bez HPV – lysimeters without GWT (L11 —; L3 - - -)
 lyzimetry s HPV 0,8 m pod povrchem půdy – lysimeters with GWT of 0.8 m under soil surface (L12 - - -; L13 ····)
 lyzimetry s HPV 0,4 m – lysimeters with GWT of 0.4 m (L14 - - -)

a $1/(1 + \beta)$. Povrchové závlahy v prostředí haly tedy narušují vazby platné pro ostatní alternativy pokusu. Pro povrchovou kapkovou závlahu je vztah jen volný.

Na lyzimetrech jsou hodnoty koeficientů r vyšší. Zajímavé jsou odlišné hodnoty pro stejné vláhvové režimy v lyzimetrech L11 a L12, svědčící o nestejných vnějších podmínkách. Logické jsou odlišnosti pro neporostlý lyzimet L10. Zajímavé je v tomto posuzování výrazně užší vztah mezi hodnotami $1/(1 + \beta)$ oproti hodnotám Bowenova poměru β .

Z posaných výsledků je zřejmé, že obecně lepší výsledky byly získány pro pokusy na lyzimetrech. Ve srovnání s možnostmi použití Bowenova poměru na plošně rozsáhlejších územích (Rychnovská et al.,

I. Lineární korelační koeficienty vztahu povrchové teploty rostliny T_o k ostatním měřeným faktorům – Linear correlation coefficients of relationship between surface temperature of plant T_o and other measured factors

	Varianta ¹	Vodní režim ²	T_o	e_{kPa}	$e\%$	β	$1/(1 + \beta)$	h_c10 W15	h_c20 W30
Hala ³	A	KPod	0,820	–	–	–	0,079	–	–
	B	KPov	0,763	–	–	–	–	–	–
	C	Post	0,873	0,488	–	0,126	0,272	–	–
	D	Disp	0,900	0,503	–	–	–	–	–
Lyzimetr ⁴	L3	HPV 0	0,839	0,210	0,735	0,138	0,137	0,055	0,079
	L11	HPV 0,0	0,855	0,190	0,729	0,125	0,266	0,077	0,101
	L12	HPV 0,8	0,850	0,229	0,705	0,212	0,127	neměřeno ⁵	neměřeno
	L13	HPV 0,8	0,806	0,150	0,715	0,184	0,231	neměřeno	neměřeno
	L14	HPV 0,4	0,870	0,250	0,660	0,240	0,115	neměřeno	neměřeno
	L10	holý	0,801	0,308	0,738	0,302	0,075	neměřeno	neměřeno

Vysvětlivky k tab. I a II – Explanations to Tabs I and II:

- T_o – povrchová teplota rostlin – surface temperature of plants
 T_{zo} – teplota vzduchu nad porostem – air temperature over the stand
 e_{kPa} – napětí vodních par ve vzduchu nad porostem – tension of water vapour in the air over the stand
 $e\%$ – relativní vlhkost vzduchu – relative humidity (%)
 β – Bowenův poměr – Bowen ratio
 $1/(1 + \beta)$ – faktor výparu – evaporation factor
 KPod – kapková závlaha podzemní – underground trickle irrigation
 KPov – kapková závlaha povrchová – surface trickle irrigation
 Post – závlaha postřikem – sprinkling irrigation
 Disp – disperzní závlaha realizovaná mikropostřikem – dispersion irrigation using microsprinkling
 HPV 0 – lyzimetr bez HPV – lysimeter without GWT
 HPV 0,8 – lyzimetr s HPV 0,80 m – lysimeter with GWT of 0.80 m
 holý – lyzimetr bez HPV a bez porostů – nude – lysimeter without GWT and without stands
 h_c10 W15 – vlhkost půdy ve vrstvě do 15 cm – soil moisture at a depth to 15 cm
 h_c20 W30 – vlhkost půdy ve vrstvě do 30 cm – soil moisture at a depth to 30 cm

¹treatment, ²water regime, ³hall, ⁴lysimeter, ⁵not measured

II. Vztahy jednotlivých sledovaných faktorů variant ke standardní variantě – Relationships of different investigated factors of treatments to standard treatment

	Varianta ¹	Vodní režim ²	T_o	T_{zo}	e_{kPa}	$e\%$	β	$1/(1 + \beta)$	h_c10 W15	h_c20 W30
Hala ³ (standard A)	A	KPod	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	B	KPov	0,890	0,989	0,931	0,871	0,204	0,374	0,734	0,717
	C	Post	0,819	0,977	0,819	0,851	–	–	0,520	0,611
	D	Disp	0,880	0,965	0,671	0,232	–	–	–	0,550
Lyzimetr ⁴ (standard L3)	L3	HPV 0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	L11	HPV 0,0	0,920	0,973	0,923	0,906	0,202	0,052	0,718	0,053
	L12	HPV 0,8	0,521	0,496	0,624	0,570	0,135	0,567	neměřeno ⁵	neměřeno
	L13	HPV 0,8	0,902	0,959	0,913	0,617	0,132	0,887	neměřeno	neměřeno
	L14	HPV 0,4	0,941	0,979	0,956	0,891	0,272	0,538	neměřeno	neměřeno
	L10	holý	0,817	0,162	0,592	0,800	0,010	0,562	neměřeno	neměřeno

For 1–5 see Tab. I

1987) lze konstatovat, že jeho použití, zvláště ve tvaru zlomku $1/(1 + \beta)$, je pro intenzitu evapotranspirace dostatečně citlivé při porovnávání variant pokusů. V podmínkách vegetační haly je však méně vhodný, patrně pro aplikaci povrchových závlah v relativně omezeném prostoru a sníženou výměnu vzduchu.

Z fyziologického pohledu je zajímavý rozdíl vztahů pod halou mezi povrchovou teplotou rostliny T_o a napětím vodních par ve vzduchu, rovněž z důvodu povrchového zavlažování u variant C a D a neexistujícího vztahu pro relativní vlhkost vzduchu, která naopak na lyzimetrech vykazuje poměrně úzký funkční vztah. Roz-

hodující pro povrchovou teplotu rostlin je ve všech variantách teplota vzduchu nad porostem.

Provedené sledování a hodnocení ukazuje současně, že Bowenův poměr je citlivý pro porovnání intenzit výparu nad volnými plochami s různými vláhovými režimy a s časovým odstupem od srážek, a to až přirozených, tak v podobě povrchových závlah, zvláště závlah postřikem.

ZÁVĚR

Provedená měření a určení hodnot Bowenova poměru β a jeho modifikace do zlomku $1/(1 + \beta)$ potvrdila možnost jeho použití pro hodnocení vlivů rozdílných variant vláhových režimů na intenzitu evapotranspirace na lyzimetrech už s plochou cca 6 m², a tím spíše na volných plochách porostů. Platí to jak při posuzování variant mezi sebou, tak ve vztahu k ostatním faktorům v povrchové vrstvě vzduchu nad porostem a k povrchové teplotě rostliny. Provedené zpracování prokázalo také míru vlivu teploty vzduchu, relativní vlhkosti vzduchu, napětí vodních par v této vrstvě na povrchovou teplotu listů brambor při různých vláhových režimech půdy.

Při aplikaci v provozu závlah, zvláště při porovnávání s kontrolní, nezavlažovanou plochou, jde o expeditivní objektivní metodu s malými nároky na přístrojové vybavení. V podmínkách vegetační haly jsou vztahy mezi působícími faktory méně výrazné.

LITERATURA

- DYKYJOVÁ, D. et al.: Metody studia ekosystémů. Praha, Academia 1989. 690 s.
FÍDLER, J.: Výparoměrná metoda určení vláhové potřeby zemědělských plodin. Rostl. Výr., 39, 1993 (10): 967–975.

- GREGORY, P. J.: Water and crop growth. In Russel's soil and plant growth. New York, John Wiley and Sons 1988.
KELLIHER, F. M. – KÖSTNER, B. M. M. – HOLLINGER, D. Y. – BYERS, J. N. – HUNT, J. E. – MC SEVENY, T. M. – MESERTH, R. – WEIR, P. L. – SCHULTZE, E. D.: Evaporation, xylem sap flow, and tree transpiration in New Zealand broad-leaved forest. Agric. For. Meteorol., 62, 1992: 53–73.
MAIDMENT, D. R. et al.: Handbook of hydrology. McGraw-Hill Inc. 1993.
MALEK, E.: Night time evapotranspiration vs. daytime and 24 h evapotranspiration. J. Hydrol., 138, 1992: 119–129.
MALEK, E.: Rapid changes of the surface soil heat flux and its effects on the estimation of evapotranspiration. J. Hydrol., 142, 1993a: 89–97.
MALEK, E.: Rapid changes of the surface soil heat flux and its effects on the estimation of evapotranspiration. J. Hydrol., 142, 1993b: 209–220.
MALEK, E. – BINGHAM, G. E.: Comparison of the Bowen ratio-energy balance and water balance methods for the measurement of evapotranspiration. J. Hydrol., 146, 1993: 209–220.
MALEK, E. – BINGHAM, G. E. – MC CURDY, G. D. – HANGS, R. J.: Determination of evapotranspiration from an alfalfa crop irrigated with saline waste water from an electrical power plant. Irrig. Sci., 13, 1992: 73–80.
MASSMAN, W. J.: A surface energy balance method for partitioning evapotranspiration data into plant and soil components for a surface with partial canopy cover. Wat. Resour. Res., 28, 1992 (6): 1723–1732.
NOVÁK, V.: Mikrometeorologické metody stanovení evapotranspirace. Vodohosp. Čas., 27, 1979 (2): 210–224.
ROSENBERG, N. J. – HART, H. E. – BROWN, K. W.: Evapotranspiration. Rev. Res. Univ. Nebraska, 1968. 80 s.
RYCHNOVSKÁ, M. et al.: Metody studia travinných ekosystémů. Praha, Academia 1987.
SLAVÍK, L. et al.: Racionální exploatace závlah. [Výzkumná zpráva.] Praha, VÚMOP 1992, 1993.

Došlo 13. 10. 1994

Kontaktní adresa:

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

Upozornění pro autory vědeckých časopisů

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

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

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

Redakce časopisu

VYUŽITÍ DRCENÉHO HADCE JAKO ALTERNATIVNÍHO HNOJIVA

THE USE OF CRUSHED SERPENTINE ALTERNATIVE FERTILIZER

R. Vácha¹, E. Podlešáková¹, J. Němeček²

¹Research Institute for Soil and Water Conservation, Praha, Czech Republic

²Czech University of Agriculture, Praha, Czech Republic

ABSTRACT: Serpentine powder has been tested as an alternative source of Mg in a set of pot, laboratory and field trials. The used materials (Bernartice) fulfil hygiene standards as for asbestos content as for toxicity for plants and microorganism. Attention has been focused both upon the efficacy of serpentine application and on ecological risks in connection with the inputs of serpentine into soils due to high concentration of trace elements, especially Cr and Ni. In pot and modelling laboratory experiments the influence of the environment responses, finegrain texture of grinding of a rock, applied dose and activities of soil microorganisms on the release of Mg, Cr and Ni from the serpentine, their mobility and transfer into plants has been tested. In a field experiment the suitability of the applied material for fertilization purposes of agricultural soils has been confirmed.

serpentine powder; Mg; heavy metals; Ni; Cr; soil contamination; mobility of elements; relationship of soil-plant

ABSTRAKT: Hadcová moučka byla testována jako alternativní zdroj Mg v sérii nádobových, laboratorních a poloprovazných polních pokusů. Použitý materiál splňoval hygienickou normu pro obsah azbestu a normu toxicity pro rostliny a mikroorganismy. Pozornost byla zaměřena na účinnost aplikace hadce a na ekologická rizika spojená se vstupem hadcové moučky do půdy. V nádobových a modelových laboratorních pokusech byl testován vliv reakce prostředí, jemnosti mletí horninové moučky, velikosti použité dávky a aktivity půdních mikroorganismů na uvolnitelnost Mg, Cr a Ni z hadce, jejich mobilitu a transfer do rostlinné hmoty. Polním poloprovazným pokusem byla ověřena možnost použití tohoto materiálu pro účely hnojení zemědělských půd.

hadcová moučka; Mg; těžké kovy; Ni; Cr; kontaminace půdy; mobilita prvků; vztah půda-rostlina

ÚVOD

V roce 1989 byl ve VÚMOP Praha zahájen ve spolupráci se ZD Poděbradská Blata se sídlem v Chotánkách výzkum, zaměřený na možnost využití mletého hadce jako alternativního hořčičného hnojiva, s ohledem na potenciální ekologická rizika, spojená s aplikací tohoto materiálu do půdy. Využívání drtí silikátových hornin jako zdroje elementů potřebných pro výživu rostlin je známo už z minulého století. V současné době sledujeme trend nárůstu obliby těchto materiálů, který má příčiny nejen v jejich cenové dostupnosti, ale je spojen také se změnou způsobu hospodaření, především se zaváděním systémů alternativního zemědělství.

Právě alternativní zemědělství využívá horninové moučky nejen pro zásobení půd makro- a mikroprvky. Vergner, Barták (1991) je doporučují i pro účely stimulace růstu (chrání buněčné stěny) a ochrany rostlin proti škůdcům a chorobám (křemenný pudr proti rzi, sněti, strupovitosti, jamkovitosti plodů, plísni apod.)

Spornou otázkou bývá často ekologická nezávadnost horninových mouček, přestože jde o materiál přírodního původu. Významný obsah některých těžkých kovů

může být při nezodpovědné aplikaci zdrojem kontaminace půdy a v případě jejich zvýšeného transferu i kontaminace zemědělských plodin. Pevšíme-li si vysokého podílu sloučenin Cr a Ni v hadci (Cr_2O_3 – průměr 0,43 %, NiO – průměr 0,25 %), je zřejmé, že nelze toto riziko podceňovat ani s přihlédnutím k poměrně vysoké stabilitě chemické vazby těchto kovů. Řešili jsme proto otázku aplikace mletého hadce do půdy především z tohoto pohledu, nikoliv pouze z hlediska uvolnitelnosti Mg a jeho vlivu na růst výnosu a kvality zemědělských plodin. Naše studie byla využita jako podkladový materiál MŽP ČR, které rozhodne o vhodnosti použití hadce z kamenolomu v Bernarticích pro účely hnojení zemědělských půd.

MATERIÁL A METODA

Testovaný hadec z kamenolomu v Bernarticích s obsahy prvků uvedených v tab. Ia, b, splňující normu pro obsah azbestu a toxicity pro rostliny a mikroorganismy, jsme použili ve dvou zrnitostních frakcích (tab. II) k realizaci těchto pokusů:

Ia. Obsah prvků v hadci (mg.kg⁻¹) – The content of elements in serpentine (mg.kg⁻¹)

Ag	Al	B	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mn	Na	Ni	P
0,02	7 400	40	25 000	50	700	50	48 000	600	1 080	370	1 500	500

Ib. Obsah oxidů prvků v hadci (mg.kg⁻¹) – The content of oxides of elements in serpentine (mg.kg⁻¹)

Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	MnO	Na ₂ O	P ₂ O ₅	SiO ₂	SO ₃	Ti ₂ O
14 000	35 300	68 200	700	347 300	1 380	500	1 200	349 900	800	300

Polní poloprovodní pokus založený v areálu ZD Poděbradská Blata byl zaměřen na možnost použití mletého hadce v poloprovodních podmínkách, se zřetelem na výnosotvorný efekt a ekologickou nezávadnost materiálu. Sledoval účinnost aplikace hadcové moučky na těžkých nasycených půdách (ČMp).

Zvolili jsme dvě lokality lišící se zrnitostním složením půdy a na každé z nich jsme na dvou zrcadlově orientovaných plochách zavedli šestihodný osevní postup s rotačním střídáním plodin (cukrovka, ozimá pšenice, kukuřice na zeleno, středně rané brambory, jarní ječmen a vojtěška). Použité dávky hadce byly po přepočtu: 0, 35, 70, 175 kg MgO.ha⁻¹.

Každoročně jsme sledovali: v půdě obsahy makro- a mikroprvků, fyzikální, mikrobiologické a biochemické vlastnosti; v rostlinách výnosy zemědělských plodin, obsahy makro- a mikroprvků, obsah sušiny a vlákniny, cukernatost (cukrovka) a škrobnatost (brambory).

Nádobový pokus sledoval závislost rychlosti rozkladu hadce na jeho zrnitosti, dávce a půdní reakci. Proběhl v Mitscherlichových pokusných nádobách s hnědou půdou kyselou (podloží hornina rula), s dvěma úrovněmi pH (původní – 5,4 a vápněnou – 6,8). Hadeč jsme aplikovali ve dvou dávkách (500 a 1 500 kg.ha⁻¹) a ve dvou zrnitostních formách. Polovina pokusu byla vyhnována kejdou prasat v dávce 150 t.ha⁻¹. Pokus jsme oseli prvním rokem kukuřicí (FAO 200), ve druhém roce mrkví.

Zaměřili jsme pozornost na sledování vlivu půdní reakce, zrnitosti hadce a aplikace kejdý (podpora akti-

vity půdních mikroorganismů) na uvolňování a mobilitu prvků a jejich transfer do rostlin.

Modelový pokus s hydroponicky pěstovaným ječmenem sledoval schopnost rostlin přijímat Mg, Cr a Ni bezprostředně z vodního roztoku s hadcovou moučkou. Byla použita destilovaná a nedestilovaná voda s 30 g jemně mletého hadce v 1 l. Jarní ječmen jsme zvolili pro prokázanou citlivost kořenů na hnojení Mg, sklídili jsme ho ve stadiu pátého listu, vyhodnotili hmotnost kořenové a nadzemní části rostlin a stanovili v nich obsahy Mg, Cr a Ni.

Modelový laboratorní pokus: Z hadcové drti jsme separovali šest zrnitostních frakcí, které jsme vystavili v uzavřených nádobách po dobu šesti měsíců působení tří louhovacích činidel: 1) destilovaná voda (pH 6,2); 2) zředěný roztok kyseliny octové (pH 5,0); 3) zředěný roztok kyseliny dusičné (pH 3,0).

Po dobu trvání pokusu jsme průběžně měřili pH roztoků, po ukončení byla provedena filtrace a stanovení obsahu Mg, Cr a Ni ve filtrátu.

Obsahy těžkých kovů v půdách byly stanoveny jako celkové obsahy (rozklad směsí kyselin HF + HClO₄ + HNO₃) a ve výluhu 2M HNO₃.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Vliv aplikace hadcové moučky na výnos a kvalitu zemědělských plodin

Polním poloprovodním pokusem jsme tři roky sledovali efektivnost hnojení hadcem u šesti zemědělských plodin. Trend růstu výnosu jsme zjistili až v druhém roce po založení pokusu, kdy začalo docházet k pozvolnému přechodu Mg z hadce do půdního roztoku. Na variantách hnojených hadcem jsme zaznamenali růst výnosu brambor, kukuřice a cukrovky (tab. III), přestože obsah Mg v půdě (ČMp) nebyl deficitní ani na kontrolní variantě. Růst výnosu plodin (zvláště brambor) po hnojení hadcem i na půdách s dobrou zásobou Mg uvádí Zahradník (1977). K podobnému závěru dospěli také Vymětal et al. (1969), kteří použili hadcovou moučku na hnědozemí a zaznamenali růst výnosu i kvality jarního ječmene a jetele červeného.

Předpokládáme, že efekt příjmu Mg rostlinami je podpořen jejich schopností uvolňovat živiny prostřednictvím kořenových výměšků přímo z horniny. H u a n g ,

II. Zrnitostní složení hadce – Grain-size composition of serpentine

Velikost částic ¹ (mm)	Hrubě mletá forma ² (% hmotn. ⁴)	Jemně mletá forma ³ (% hmotn.)
0,71–0,50	20	0
0,50–0,25	26	0
0,25–0,12	20	0
0,12–0,09	3	18
0,09–0,08	6	4
0,08–0,063	5	6
0,063–0,05	4	8
< 0,05	16	64

¹size of particles, ²rough-ground form, ³fine-ground form, ⁴% of weight

	1. rok ⁶				2. rok			
MgO ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	0	35	70	175	0	35	70	175
Jarní ječmen ¹	4,1	4,3	4,5	4,4	3,8	4,0	3,9	4,0
Ozimá pšenice ²	4,6	5,1	4,9	5,5	6,0	6,3	6,2	6,0
Kukuřice ³	38,5	41,5	42,2	42,7	48,0	49,4	53,6	55,2
Brambory ⁴	14,6	18,4	18,2	19,2	15,5	17,8	17,8	18,0
Cukrovka ⁵	40,9	41,5	44,4	46,1	39,7	42,1	44,7	46,8

¹spring barley, ²winter wheat, ³maize, ⁴potatoes, ⁵sugar beet, ⁶year

K i a n g (1972) prokázali účinnost tohoto mechanismu zvláště u fylogeneticky vyspělých rostlin.

Při hodnocení kvality zemědělských plodin jsme nezjistili statisticky průkazné rozdíly u ukazatelů, jakými byly obsah sušiny a vlákniny, cukernatost u cukrovky, škrobnatost u brambor, stejně jako obsah Mg v rostlinné hmotě, což přisuzujeme efektu ředění ve fytomase.

V nádobovém pokusu jsme zaznamenali růst výnosu kukuřice i kořenů mrkve. Vyšší účinnost hnojení hadcem jsme zjistili na nevápněné variantě (pH 5,4), oproti vápněné variantě, s dávkou 1 500 kg jemně mletého hadce, kde výnos kukuřice vzrostl o 20 %, výnos kořene mrkve o 30 %. Účinnost aplikace hadce hrubší zrnitosti byla neefektivní, stejně jako aplikace kejdy, stimulační činnost půdních mikroorganismů, kde jsme předpokládali kladný dopad na uvolňování Mg z hadcové moučky.

Uvolnitelnost Mg, Cr a Ni z hadce, jejich mobilita a transfer do rostlinné hmoty

Stabilitu chemické vazby, která přímo ovlivňuje uvolňování prvků do půdního roztoku, jsme testovali laboratorním pokusem. Výstupem byly křivky vyluhovatelnosti Mg, Cr a Ni v jednotlivých louhovacích roztocích. Ze zjištěných výsledků vyplývá, že přítomnost ultrajemných částic v hadcové moučce je nejdůležitější podmínkou uvolňování Mg do roztoku. Současně došlo také k poměrně intenzivnímu uvolňování Ni, vyluhovatelnost Cr byla velmi nízká i v silně kyselém prostředí. Agresivita prostředí ovlivnila nejvíce uvolňování Ni, přechod Mg do roztoku tak výrazně vlivu prostředí nepodléhal.

Pokus s hydroponicky pěstovaným ječmenem potvrdil schopnost rostlin přijímat Mg přímo z roztoku vody s horninovou moučkou. Více než dvojnásobná hmotnost kořenové soustavy na variantě s hadcovou moučkou ukazuje na zvýšený příjem Mg rostlinou, což potvrdil i výrazně vyšší obsah Mg v rostlinné hmotě. Zároveň jsme zjistili i vyšší příjem Ni a Cr, přičemž obsah Ni v kořenech ječmene byl oproti obsahu Cr více než trojnásobný. V nadzemní části dosáhly Cr a Ni přibližně stejné koncentrační hladiny.

Vyšší mobilitu Ni potvrdil také nádobový pokus, kde na nevápněné variantě s 1 500 kg jemně mletého

hadce byl zjištěn dvojnásobný obsah Ni v půdě oproti kontrolní variantě, stejně jako zvýšený transfer Ni do kořenů mrkve. Na žádné z variant však nedošlo k překročení limitních hodnot pro obsah rizikových prvků v půdě a plodinách.

V podmínkách polního poloprovozního pokusu s nejvyšší použitou dávkou hadcové moučky $500 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ nebyl zjištěn na variantách ošetřených hadcem vzrůst koncentrace rizikových prvků v půdě ani v rostlinné hmotě. Přisuzujeme to aplikaci nižšího množství tohoto materiálu, bohatému sorpčnímu komplexu půdy a vysokému podílu organických látek v půdě. Obsahy rizikových prvků v kořenech a v nadzemní části vojtěšky, sklizené ve čtvrtém roce trvání pokusu, uvádí tab. IV.

Vliv aplikace hadce na ostatní půdní charakteristiky

Během trvání polního poloprovozního pokusu byly sledovány fyzikální, mikrobiologické a biochemické půdní charakteristiky. Vliv aplikace hadce v maximální dávce $500 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ nebyl u těchto charakteristik průkazný.

Celkové obsahy Cr a Ni v půdách před založením a po ukončení pokusu uvádí tab. V.

ZÁVĚR

Z testování drceného hadce z lomu Bernartice lze pro využití hadce jako zdroje Mg vyvodit tyto závěry:

- hadec se uplatňuje jako pomaleji působící zdroj Mg;
- aplikace v dávce 500 a 1 500 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ se uplatnila zvýšením výnosů hospodářských plodin;
- účinný je hadec jemného zrnění;
- v sérii poloprovozních polních a nádobových pokusů byl zvýšený příjem Ni (nikoliv Cr) zjištěn pouze v nádobových pokusech na kyselé půdě po aplikaci hadce 1 500 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$;
- modelové pokusy prokázaly zvýšené uvolňování Mg a Ni z hadce v kyselém prostředí a jejich zvýšený příjem rostlinou, u Ni transport hlavně do kořenů;
- vstupy rizikových prvků (hlavně Ni) nepřekračují hodnoty limitů krmivářské a potravinářské normy ani kritické hodnoty snižování výnosů.

MgO (kg.ha ⁻¹)	Nadzemní část ¹				Kořeny ²			
	0	35	70	175	0	35	70	175
Cr (mg.kg ⁻¹ sušiny ³)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,9	0,9	0,8	0,8
Ni	0,9	0,8	0,7	0,7	8,5	9,0	8,5	8,0
Cd	0,05	0,05	0,05	0,02	0,09	0,09	0,08	0,08
Co	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,3	0,3
Cu	8,0	7,5	9,9	7,5	5,0	6,0	5,0	5,0
Hg	0,04	0,04	0,03	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01
Pb	5,0	5,0	2,5	5,0	2,5	5,0	3,0	3,0

¹above-ground part, ²roots, ³of dry matter

V. Celkové obsahy Cr a Ni v půdách před založením a po ukončení pokusu – Total Cr and Ni contents in soils before trial establishment and after its finishing

MgO (kg.ha ⁻¹)	1989				1993			
	0	35	70	175	0	35	70	175
Cr	47,3	37,7	45,3	45,2	47,5	47	48,5	47,4
Ni	18,1	16,4	15,5	16,9	16,5	15	17,5	14

Hadec v jemném zrnění je možné doporučit, a to v dávce do 1 500 kg.ha⁻¹ jednou za tři až čtyři roky, jako nezávadný, pomaleji působící hnojivý materiál.

LITERATURA

HUANG, W. M. – KIANG, W. C.: Laboratory dissolution of plagioclase feldspars in water and organic acids at room temperature. Amer. Mineral., 57, 1972: 1849–1858.

VERGNER, I. – BARTÁK, R.: Základy alternativního zemědělství. Praha, MZe ČR 1991. 101 s.

VYMĚTAL, V. – ŘÍMOVSKÝ, K. – HAMAN, F.: Možnosti použití mletého hadce jako hořčnatého hnojiva. Rostl. Vyr., 15, 1969 (10): 993–1000.

ZAHRADNÍK, K.: Výzkum chemického složení surovin použitelných jako mikrohnojivo. [Zpráva.] Praha-Ruzyně, VÚRV 1977.

Došlo 14. 3. 1995

Kontaktní adresa:

Ing. Radim V á c h a , Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Žabovřeská 250, 156 27 Praha 5-Zbraslav, Česká republika, tel.: 02/59 12 05, fax: 02/59 12 08

EKOLOGICKÉ ASPEKTY VYUŽITÍ RAŠELINIŠTNÍCH PŮD – ZMĚNY MIKROKLIMATU A PŮDNÍHO PROSTŘEDÍ

ECOLOGICAL ASPECTS OF THE USE OF PEATLAND SOILS – CHANGES OF MICROCLIMATE AND SOIL MEDIUM

F. Havelka

Research Institute for Soil and Water Conservation, Praha, Research Station Borkovice, Czech Republic

ABSTRACT: The peatland of Borkovická blata in the Tábor district is a suitable model study site. There are natural reserves, natural therapeutic source, areas after devastation bark deep harvesting, after surface milling cutting, areas cultivated into meadows, forests and reclaimed after harvesting into meadows, forests and arable land. There are also pyrite fen bogs, areas excessively cut and those with properly finished cutting and preserved peatland character. This is an area of occurrence of quality artesian water with spring flowings and artificial wells. During eight years at this site the effect of the use of felled areas reclaimed into forest, for grasslands and arable land on the changes in some meteorological indicators, hydrosphere, physics, chemistry and soil microbiology. The reserve and derelict land served as a comparative area after exploitation of peat. This contribution gives summaries of some results (except monitoring atmosphere). The results show the disturbance of temperature conditions (of air and soil) on areas after industrial exploitation of peat. Maximum and minimum values show an extension of temperature amplitude compared with original situation. Diurnal and nocturnal temperature amplitude extended. From practical standpoint the reduction in minimum ground air temperatures on felled areas in spring and autumn months is significant. In April reduction is 2.55 °C, in May 1.66 °C, in September 1.62 °C and in October 2.40 °C. Soil porosity was most stable in the reserve, followed by area after lodging, forest, meadow and arable land. In the reserve maximum capillary water capacity (MKVK) under reduction in minimum water capacity (MVK). On reclaimed areas porosity decreased due to the effect of MKVK and MVK (the most markedly on the arable land). An increase in the reduced value of bulk density weight corresponds to the development of porosity on reclaimed areas where the ash percentage increased as well. The value of soil reaction did not show any significant changes. On arable land C_{ox} and C_h values decreased, the highest C_f was found in the reserve. The highest quantity of N_i and N_{NH_4} was in the reserve, the most N_{NO_3} was on reclaimed areas. P_2O_5 and K_2O contents increased on reclaimed areas, the most and to the greatest depth in arable land. Raised K_2O content reaches greater depths (60 cm) compared with P_2O_5 (30 cm). Vegetation cover, fertilization and intensive management supported the development of biological activity of soil. Decomposition of cellulose increased also basal respiration. Potential respiration shows a lack of easy-available organic substances (increase after alcohol adding). Physiological groups of microorganisms were evaluated as well. Generally speaking, initial values of biological activity of natural peatland sites are low, reclamation activities and they increase by utilization with time. The greatest stability of site conditions on forest reclamation was manifested in reclaimed areas. Significant changes in arable land take place during reclamation.

reclamation of felled-out peatlands; changes in microclimate and soil medium

ABSTRAKT: V osmileté časové řadě byl sledován vliv různé intenzity využívání slatiniště Borkovická blata na mikroklima a základní fyzikální vlastnosti, chemické složení a mikrobiologii půdy. Byly sledovány plochy po těžbě rašeliny, pozemky rekultivované pro les, travní porosty a ornou půdu. Jako kontrola sloužila původní rezervace. Bylo zjištěno, že plochy po těžbě mají výrazně změněné mikroklima. Rekultivované pozemky vykazují změny základních půdních vlastností. Lesnická rekultivace vrací těžbou narušené prostředí k původnímu stabilizovanému stavu. Významné změny prolévá půdní profil při rekultivaci na ornou půdu.

rekultivace odtěžených rašelinišť; změny mikroklimatu a půdního prostředí

ÚVOD

Rašeliniště a okolní prostředí na sebe vzájemně působí. S rozvojem činností člověka v krajině rostlo i antropogenní ovlivňování rašelinišť. Významně je ovliv-

nila těžba rašeliny, s ní související odstranění vegetačního krytu, odvodnění a následná asanace.

Rašeliniště Borkovická blata představuje modelové významné území. Nachází se zde národní přírodní rezervace Borkovická blata, přírodní rezervace Kozo-

hlůdky, přírodní léčivý zdroj, plochy devastované divokou ruční borkovací těžbou, kultivované části na les, louku, plochy po frézovací těžbě, plochy rekultivované na louky, ornou půdu a lesy. Vyskytují se zde pyritové slatiny odkryté těžbou, části přetěžžené i nedotěžžené a plochy s ukončenou těžbou se zachovanou dostatečnou vrstvou rašeliny pro udržení rašeliništního charakteru ložiska. Vyskytují se zde velmi kvalitní artéské vody, s jejichž využitím se počítá pro pitné účely.

Různě zaměřenému studiu je věnována řada prací (Ferda, 1964; Haken, 1967; Ferda, Pasák, 1969; Ferda, Havelka, 1985; Havelka, 1990, 1993).

V osmileté časové řadě jsme se věnovali studiu vlivu různých způsobů využívání ložiska na hydrosféru, vlastnosti půdního profilu a okolní prostředí. V tomto sdělení je uveden výťah z výsledků pozorování změn mikroklimatu, fyzikálních vlastností, chemického složení a mikrobiologie půdy.

MATERIÁL A METODA

Pozornost byla zaměřena na dynamiku změn základních půdních vlastností a vybraných meteorologických prvků. Byly sledovány tyto způsoby využívání ložiska: rezervace, plocha po těžbě rašeliny, rekultivace na les, louku a ornou půdu. Na orné půdě byla pěstována zelenina, léčivé rostliny a okrasné rostliny. Z lučních porostů pak byla sledována trvalá louka, dočasná louka a jetelotráva. Lesní výsadbu tvořila borovice lesní ve stáří 15 až 23 let. Kontrolní stanoviště v centrální části rezervace bylo ve sto- až dvousetletém porostu borovice blatky s podrostem rojovníku. Travní porosty a orná půda byly hnojeny síranem amonným (jaro), ledkem vápenatým (vegetace), superfosfátem a draselnou solí. Dávka 160 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$ a 240 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$ byla jednotná pro travní porosty i ornou půdu. Dávka dusíku se

pohybovala podle kultury od 60 do 100 kg ha^{-1} . Vzorok půdy byly odebrány v jarním, letním a podzimním období. Standardní meteorologické pozorování probíhalo na meteorologické stanici VS Borkovice. Na sledovaných plochách byla měřena teplota vzduchu, maxima, minima přizemní a ve 2 m a teplota půdy.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Teplota vzduchu a půdy

Průměrné roční maximální a minimální teploty vzduchu v přizemní vrstvě i ve 2 m nad zemí dokazují širší teplotní amplitudu na plochách zejména po těžbě, ale i na plochách rekultivovaných, oproti teplotám v rezervaci. Plocha po těžbě rašeliny má nejteplejší ovzduší v přizemní vrstvě i ve výšce 2 m (tab. I).

Ovlivnění maximálních a minimálních teplot přizemní vrstvy vzduchu těžbou dokládají i teploty letních měsíců s nejvyššími maximálními a minimálními hodnotami na odtěženém rašeliništi (tab. II).

Z hlediska nástupu a ukončení vegetace jsou významné minimální teploty jarních a podzimních měsíců (tab. III). Údaje dokládají největší teplotní rozdíly denní i roční na plochách odtěžených. Naopak u lesnické rekultivace je zřejmý trend návratu mikroklimatu k původnímu stabilizovanému stavu.

Obdobně je ovlivněna i teplota půdy. Nejteplejší je půda odtěžených ploch, nejchladnější v rezervaci. Lesnická rekultivace vykazuje střední hodnoty (tab. IV). Stejně i teplota půdy v 10 a 100 cm v letním a zimním období ukazuje nejvyšší rozkolísání na odtěžené ploše (tab. V). V hlubších vrstvách rezervace je nižší teplota ovlivněna vyšší vlhkostí, která při dobré tepelné vodivosti zabezpečuje v zimním období dotaci povrchu akumulovaným teplem spodních vrstev. Se zvýšenou teplotou povrchových vrstev půdy i vzduchu, souvise-

I. Teplota vzduchu v osmiletém průměru (°C) – Air temperature in eight-year average (°C)

Stanoviště ¹	Přizemní ⁵			Ve výšce ⁶ 2 m		
	ranní ⁷	max.	min.	ranní	max.	min.
Rezervace ²	9,13	16,54	-2,87	9,37	16,94	-1,94
Plocha po těžbě ³	10,18	18,74	-4,42	9,79	18,18	-3,50
Lesnická rekultivace ⁴	8,13	17,82	-4,03	8,26	17,04	-3,60

¹site, ²reserve, ³area after harvesting, ⁴forest reclamation, ⁵ground, ⁶at a height of, ⁷morning

II. Maxima a minima přizemních teplot vzduchu (°C) – Maximum and minimum ground air temperatures (°C)

Stanoviště ¹	Max.			Min.		
	měsíc ⁵					
	6.	7.	8.	6.	7.	8.
Rezervace ²	24,68	26,96	26,84	2,40	4,85	4,80
Plocha po těžbě ³	28,44	30,84	29,89	1,53	2,48	3,04
Lesnická rekultivace ⁴	26,30	29,36	28,48	1,71	3,95	3,26

¹site, ²reserve, ³area after harvesting, ⁴forest reclamation, ⁵month

jících mimo jiné i s barvou povrchu, bude nutné počítat v kalkulacích vláhové potřeby při pěstitelském využívání odtěžených ploch.

Fyzikální vlastnosti

Byla věnována pozornost základním hydrolimitům charakterizujícím vodní režim půdy a s objemovou hmotností redukovanou i mineralizací rašeliny. Z hodnot charakterizujících vodní režim půdy lze usuzovat na stupeň mineralizace organické rašeliništní hmoty.

Pórovitost půdy byla v osmileté časové řadě (v profilu 0 až 80 cm) nejstabilnější v rezervaci, pak následovala nevyužívaná plocha po těžbě, lesnická rekultiva-

vace a nejvyšší pokles byl u rekultivace pro travní porosty a ornou půdu. Maximální kapilární vodní kapacita (MKVK) se zvýšila v rezervaci za současného poklesu minimální vzdušné kapacity (MVK). U plochy odtěžené a lesnické rekultivace poklesla MKVK a vzrostla MVK. Na rekultivaci pro travní porosty a ornou půdu poklesla MKVK i MVK, nejnižší MVK byla zaznamenána na orné půdě (tab. VI). S hloubkou rašeliništního profilu bylo zaznamenáno zvyšování pórovitosti a hodnoty MKVK, resp. pokles MVK. Ovlivnění různým využitím bylo nejvýraznější v povrchové vrstvě. Nejvýraznější byl v porovnání s rezervací vzestup MKVK na všech stanovištích (nejméně u lesnické rekultivace) a pokles MVK. Pokles MVK byl nejmenší u lesnické rekultivace a nejvyšší u orné půdy. Opět se

III. Minima přizemních teplot vzduchu jarních a podzimních měsíců (°C) – Minimum ground air temperatures in spring and autumn months (°C)

Stanoviště ¹	Měsíc ⁵			
	4.	5.	9.	10.
Rezervace ²	-4,30	-0,34	1,55	-1,96
Plocha po těžbě ³	-6,85	-2,00	-0,07	-4,36
Lesnická rekultivace ⁴	-4,64	-0,76	1,20	-2,11

¹site, ²reserve, ³area after harvesting, ⁴forest reclamation, ⁵month

IV. Teplota půdy na různých stanovištích (°C) – Soil temperature at various sites (°C)

Stanoviště ¹	Hloubka ⁵ (cm)			
	10	20	30	100
Rezervace ²	7,32	7,65	8,20	8,10
Plocha po těžbě ³	8,09	8,59	8,89	10,03
Lesnická rekultivace ⁴	7,67	8,39	8,58	9,39

¹site, ²reserve, ³area after harvesting, ⁴forest reclamation, ⁵depth

V. Teplota půdy v letním a zimním období různých stanovišť (°C) – Soil temperature in summer and winter periods at various sites (°C)

Měsíc ¹	Hloubka ² (cm)					
	10			100		
	rezervace ³	plocha po těžbě ⁴	lesnická rekultivace ⁵	rezervace	plocha po těžbě	lesnická rekultivace
1.	0,57	0,30	-0,03	6,67	7,32	7,03
7.	14,16	17,20	15,32	9,15	12,32	11,18

¹month, ²depth, ³reserve, ⁴area after harvesting, ⁵forest reclamation

VI. Změny základních hydrolimitů v profilu 0 až 80 cm (% obj.) – Changes in basic hydrolimits in profile of 0 to 80 cm (% of volume)

Ukazatel ¹	Rok ³	Rezervace ⁴	Plocha po těžbě ⁵	Rekultivace ⁶		
				les ⁷	travní porost ⁸	orná půda ⁹
Pórovitost ²	1.	87,8	91,4	86,0	88,8	89,3
	8.	87,7	90,1	85,5	84,6	84,9
MKVK	1.	76,4	88,2	78,4	79,5	80,9
	8.	80,3	84,8	74,4	77,9	79,1
MVK	1.	11,4	3,2	7,6	9,3	8,4
	8.	7,4	5,3	11,1	6,7	5,8

¹indicator, ²porosity, ³year, ⁴reserve, ⁵area after harvesting, ⁶reclamation, ⁷forest, ⁸grassland, ⁹arable land

potvrdila určitá stabilita stanovištních podmínek při lesnickém využití (tab. VII). Momentní stavy vlhkosti a vzdušnosti půdy vykazaly snížení vzdušnosti u orné půdy a nevyužívané plochy po těžbě, při jejím vzestupu u lesnické rekultivace a jen nepatrném poklesu u travního porostu (tab. VIII).

V souladu se změnami pórovitosti jsou změny objemové hmotnosti redukováné, rekultivačními zásahy se zvýšila oproti rezervaci a zejména oproti ploše po těžbě (tab. IX).

Chemie půdního profilu

V profilu rekultivovaných ploch vzrůstá podíl minerálních látek, a to i s postupem času. Rekultivované plochy byly využívány 15 až 20 let před zahájením sledování, čímž lze vysvětlit i vysoké výchozí hodnoty (tab. X).

S obsahem popelovin souvisí i obsah oxidovatelného uhlíku (C_{ox}). Rekultivace pro les vykazovala jeho mírný vzestup (z 35,0 na 37,0 %), travní porosty stagnaci (37,0 % v prvním roce a stejnou hodnotu v osmém roce), při rekultivaci na ornou půdu pak pokles (z 32,0 na 30,0 %). V rezervaci naopak C_{ox} vzrostl z 39 na 47 % a na odtěžené ploše se zvýšil z 37 na 45 %. Na jeho uchování na rekultivovaném území se bezesporu podílela zvýšená vlhkost půdy, vhodné odvodnění odvodňovacími příkopy o rozchodu 60 m a vhodně směřovaná agrotechnika. Nebyly zaznamenány podstatnější rozdíly v půdní reakci.

Humínové kyseliny (C_h) vykazovaly vyrovnané obsahy v rezervaci (18,85 %), rekultivaci pro les (18,13 %) a travní porosty (17,65 %), poklesly na odtěžené ploše a orné půdě (15,91 %). Stanoviště v rezervaci a lesnická rekultivace zaznamenaly s postupem let jejich nárůst. Nejvyšší obsah fulvokyselin (C_f) byl ve všech le-

VII. Změny základních hydrolimitů v různých hloubkách profilu (% obj.) – Changes in basic hydrolimits in various depths of profile (% of volume)

Ukazatel ¹	Hloubka ³ (cm)	Rezervace ⁴	Plocha po těžbě ⁵	Rekultivace ⁶		
				les ⁷	travní porost ⁸	orná půda ⁹
Pórovitost ²	10	85,7	88,9	86,8	82,5	83,2
	80	92,2	91,3	89,6	87,7	87,0
MKVK	10	51,0	74,2	67,3	71,9	73,3
	80	86,3	87,2	84,1	83,4	83,2
MVK	10	34,7	14,7	19,5	10,6	9,9
	80	5,9	4,1	5,5	4,3	3,8

¹indicator, ²porosity, ³depth, ⁴reserve, ⁵area after harvesting, ⁶reclamation, ⁷forest, ⁸grassland, ⁹arable land

VIII. Změny momentních stavů vlhkosti a vzdušnosti (% obj.) – Changes in momentary moisture and aeration conditions (% of volume)

Ukazatel ¹	Rezervace ⁴	Plocha po těžbě ⁵	Rekultivace ⁶		
			les ⁷	travní porost ⁸	orná půda ⁹
Vlhkost ²	70,5	78,7	63,2	69,6	74,3
Vzdušnost ³	18,1	12,1	23,7	17,5	12,8

¹indicator, ²moisture, ³aeration, ⁴reserve, ⁵area after harvesting, ⁶reclamation, ⁷forest, ⁸grassland, ⁹arable land

IX. Hodnoty objemové hmotnosti redukováné ($g \cdot cm^{-3}$) – Values of reduced bulk density ($g \cdot cm^{-3}$)

Rok ¹	Rezervace ⁴	Plocha po těžbě ⁵	Rekultivace ⁶		
			les ⁷	travní porost ⁸	orná půda ⁹
1.	0,140	0,110	0,170	0,179	0,188
8.	0,183	0,156	0,237	0,245	0,261

¹year, ⁴reserve, ⁵area after harvesting, ⁶reclamation, ⁷forest, ⁸grassland, ⁹arable land

X. Obsah minerálních látek v půdním profilu (%) – The content of mineral substances in soil profile (%)

Rok ¹	Rezervace ⁴	Plocha po těžbě ⁵	Rekultivace ⁶		
			les ⁷	travní porost ⁸	orná půda ⁹
1.	6,45	6,05	18,66	20,35	29,97
8.	4,11	6,03	20,17	25,23	33,58

¹year, ⁴reserve, ⁵area after harvesting, ⁶reclamation, ⁷forest, ⁸grassland, ⁹arable land

tech zaznamenán v rezervaci (9,25 %), na ostatních stanovištích se také výrazně neliší (4,57 až 6,23 %).

Nejnižší obsah celkového dusku (N_t), odpovídající spíše přechodové rašelině (1,05 % v průměru osmi let), byl zaznamenán v rezervaci, na ostatních stanovištích se pohyboval v rozmezí typickém pro slatinu (1,56 až 1,90 %). Nejvyšší obsah (1,90 %) byl stanoven na lesnické rekultivaci. Jeho přístupné formy se vyskytly v největší míře na rekultivacích a v rezervaci (tab. XI).

Na nerektifikovaných stanovištích (rezervace, plocha po těžbě rašeliny) byl zaznamenán zvýšený obsah N_{NH_4} oproti N_{NO_3} . Lze to vysvětlit rozkladnými procesy, doprovázenými amonizací, a to zejména v rezervaci. Přestože se dusík nedodává hnojivem, je celkový obsah přístupného dusíku na úrovni rekultivovaných a hnojených ploch. Na rekultivovaných plochách převládají dusičnanové a v rezervaci amonné formy dusíku. Nejnižší obsah rostlinám přístupných forem dusíku byl zaznamenán na ploše po těžbě rašeliny.

Obsahy rostlinám přístupných forem fosforu (P_2O_5) jsou na všech stanovištích nízké, a to zejména v hlubších vrstvách profilu. Pouze povrchová vrstva 0 až 10 cm na rekultivaci pro ornou půdu vykazuje dobrou zásobu.

Obsah přístupných forem draslíku (K_2O) vykazuje opět nejvyšší hodnoty na plochách rekultivovaných, jeho zvýšení sahá do větších hloubek než u fosforu (tab. XII). Nejvyšší obsahy byly u přístupného draslíku na rekultivovaných plochách, stejně jako u přístupného fosforu v hloubce 0 až 10 cm.

Mikrobiologie půdy

Vegetační pokryv, hnojení a intenzita využití zvyšují rozvoj biologické aktivity vyjádřené rozkladem celulózy (plocha po těžbě 1,69 %, rezervace 5,39 %, rekultivace pro les 9,34 %, pro ornou půdu 37,10 %). S ohledem na hnojení se příznivě projevil zejména fosfor a draslík. Bazální respirace byla zvýšená na rekultivovaných plochách. Stanoviště jsou podle potenciální respirace dobře zásobena lehce přijatelnými dusíkatými látkami. Potenciální respirace se zvyšuje po přidání glukózy a zejména při současném přidání i lehce přijatelných dusíkatých látek (tab. XIII). Ke změnám dochází i v zastoupení fyziologických skupin mikroorganismů.

Aerobní bakterie stanovené na Thorntonově agaru: Nejnižší hodnoty byly stanoveny u kontroly ($1,44 \cdot 10^5$),

XI. Obsah přístupných forem dusíku ($mg \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$) – The content of available forms of nitrogen ($mg \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$)

Ukazatel ¹	Rezervace ⁴	Plocha po těžbě ⁵	Rekultivace ⁶		
			les ⁷	travní porost ⁸	orná půda ⁹
Suma N přístupný ²	4,31	2,94	4,62	3,61	3,70
N_{NO_3}	0,12	0,60	3,55	2,20	2,38
N_{NH_4}	4,19	2,34	1,07	1,41	1,32

¹indicator, ²sum N available, ⁴reserve, ⁵area after harvesting, ⁶reclamation, ⁷forest, ⁸grassland, ⁹arable land

XII. Obsah přístupných forem fosforu a draslíku ($mg \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$) – The content of available forms of phosphorus and potassium ($mg \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$)

Ukazatel ¹	Hloubka ³ (cm)	Rezervace ⁴	Plocha po těžbě ⁵	Rekultivace ⁶		
				les ⁷	travní porost ⁸	orná půda ⁹
P_2O_5	0–10	0,29	0,32	0,39	2,24	5,35
	10–20	0,20	0,11	0,23	0,83	1,99
	20–30	0,18	0,06	0,23	0,34	0,84
K_2O	0–10	2,31	1,17	3,54	16,55	18,98
	10–20	1,35	1,02	2,83	8,86	9,78
	20–30	1,38	0,86	2,24	5,15	6,06

¹indicator, ³depth, ⁴reserve, ⁵area after harvesting, ⁶reclamation, ⁷forest, ⁸grassland, ⁹arable land

XIII. Bazální a potenciální respirace ($mg \text{ CO}_2 \cdot 100 \text{ g sušiny}^{-1} \cdot h^{-1}$) – Basal and potential respiration ($mg \text{ CO}_2 \cdot 100 \text{ g dry matter}^{-1} \cdot h^{-1}$)

Hodnota ¹	Rezervace ⁴	Plocha po těžbě ⁵	Rekultivace ⁶		
			les ⁷	travní porost ⁸	orná půda ⁹
B	0,90	0,80	0,89	1,32	1,13
+N	0,84	0,74	0,90	1,38	1,20
+G	1,59	1,45	1,98	3,48	3,28
+NG	2,53	2,37	2,46	4,99	5,62

¹value, ⁴reserve, ⁵area after harvesting, ⁶reclamation, ⁷forest, ⁸grassland, ⁹arable land

poněkud vyšší hodnotu vykazala rekultivace na les ($1,7 \cdot 10^6$), ještě vyšší plocha po těžbě rašeliny ($4,56 \cdot 10^6$). Intenzivní využívání vykazalo průměr $4,85 \cdot 10^6$.

Aerobní bakterie stanovené na živném agaru č. 1: Oproti rezervaci ($3,27 \cdot 10^5$) vykazaly všechny způsoby využití rašeliniště řádové zvýšení. Intenzivní rozvoj měly vzorky z intenzivního využívání (v průměru $8,98 \cdot 10^6$).

Zajímavé je, že na půdách pro bakterie (TA, ŽA), a to především u vzorků z rezervace, roste velké množství plísní i mikromycet. Výskyt mikromycet na živných půdách pro bakterie činil na TA $5,10 \cdot 10^4$ a ŽA $1,86 \cdot 10^5$.

Aerobní sporotvorné bakterie stanovené na živném agaru č. 1: Nejnížší hodnotu měla odtěžená plocha ($1,28 \cdot 10^4$), nejvyšší lesní porost ($1,31 \cdot 10^6$) a rezervace měla $3,57 \cdot 10^4$. Intenzivní využívání vedlo k řádovému zvýšení (v průměru $2,32 \cdot 10^5$) oproti kontrole.

Aerobní aktinomycety stanovené na Thorntonově agaru: Nebyly vůbec v rezervaci zjištěny (v žádném roce). Odtěžená plocha vykazala v průměru $3,39 \cdot 10^2$, lesní porost $1,01 \cdot 10^4$ a intenzivní využívání zvýšilo v průměru počet na $1,11 \cdot 10^5$ v 1 g sušiny vzorku. Činit závěry vzhledem k značnému rozkolísání hodnot od 0 do $8,58 \cdot 10^4$ je obtížné.

Mikromycety stanovené na Jensenově agaru: Nejvyšší hodnota byla zjištěna u vzorku z rezervace ($1,14 \cdot 10^6$), ostatní varianty vykazaly řádové snížení.

Nejnižší hodnota byla u lesního porostu ($1,34 \cdot 10^5$), odtěžená plocha projevila zvýšení ($3,44 \cdot 10^5$) a průměr variant intenzivního využívání byl $4,76 \cdot 10^5$.

V této souvislosti je nutné upozornit na naléhavou potřebu podrobného mikrobiologického studia tohoto prostředí včetně možností poznání účinku metabolických produktů a antibiotického působení.

Amonizační test: Všechny varianty vykazaly proti rezervaci zvýšení (tab. XIV).

Nitrifikační test pro posouzení nitrifikační intenzity v půdě ($K_N - A_N$), potenciální nitrifikační schopnosti půdy ($R - A_N$) a posouzení aktivity mikroflóry R ukazují na nejnižší nitrifikační intenzitu půdy v rezervaci a současně i na její nejnižší potenciální schopnosti. Plochy po těžbě vykazují sice zvýšenou, ale ještě nízkou schopnost. Relativně výrazné zvýšení bylo zaznamenáno na rekultivovaných plochách pro les a zejména pro ornou půdu (tab. XV).

Mikrobiologické rozborů ukazují na změny v půdě u rekultivovaného rašeliniště intenzivně využívaného a potvrzují tak změny fyzikálních a chemických vlastností půdy.

Obecně lze konstatovat, že výchozí hodnoty biologické aktivity přírodních rašeliništních stanovišť jsou nízké (bakteriemi chudé půdy při hodnotách pod $0,5 \cdot 10^7$ v 1 g půdy), vhodnými zúrodnovacími zásahy a využíváním dochází k výraznému zvýšení při uplatnění faktoru času.

XIV. Výsledky amonizačního testu (mg N.100 g sušiny⁻¹) – Results of ammonization test (mg N.100 g dry matter⁻¹)

Hodnota ¹	Rezervace ⁴	Plocha po těžbě ⁵	Rekultivace ⁶	
			les ⁷	orná půda ⁹
A_A	80,21	105,50	138,00	129,81
K_A	80,90	112,51	140,45	130,55
$K_A - A_A$	0,69	7,01	2,47	3,60

A_A – aktuální obsah NH_4 -N v neinkubovaném vzorku – actual NH_4 -N content in non-incubated sample

K_A – NH_4 -N po osmidenní inkubaci – NH_4 -N after eight-day incubation

$K_A - A_A$ – mineralizace N – N mineralization

¹value, ⁴reserve, ⁵area after harvesting, ⁶reclamation, ⁷forest, ⁹arable land

XV. Výsledky nitrifikačního testu (mg N.100 g sušiny⁻¹) – Results of nitrification test (mg N.100 g dry matter⁻¹)

Hodnota ¹	Rezervace ⁴	Plocha po těžbě ⁵	Rekultivace ⁶	
			les ⁷	orná půda ⁹
A_N	0,21	1,56	11,33	13,79
K_N	0,36	2,78	13,67	17,65
R	0,38	3,17	17,74	25,46
$K_N - A_N$	0,04	1,23	2,34	3,86
$R - A_N$	0,06	1,61	6,41	11,82
$R - K_N$	0,02	0,38	4,06	7,96

A_N – aktuální obsah NO_3 -N v neinkubovaném vzorku – actual NO_3 -N content in non-incubated sample

K_N – NO_3 -N po osmidenní inkubaci – NO_3 -N after eight-day incubation

R – NO_3 -N po přidání $(NH_4)_2SO_4$ – NO_3 -N after adding of $(NH_4)_2SO_4$

¹value, ⁴reserve, ⁵area after harvesting, ⁶reclamation, ⁷forest, ⁹arable land

LITERATURA

FERDA, J.: Příspěvek k zúrodnění odtěžených slatinných ložisek. Rostl. Výr., 10, 1964 (2): 103–122.

FERDA, J. – PASÁK, V.: Hydrologická a klimatická funkce československých rašelinišť. [Vědecká monografie.] Zbraslav, VÚM 1969.

FERDA, J. – HAVELKA, F.: Návrh směrnice pro zúrodnění obhospodařování odtěžených rašelinných ložisek. [Závěrečná zpráva.] Praha, VÚZP 1985.

HAKEN, D.: Zkulturnění slatiništních půd a možnosti jejich plného využití. Meliorace, 2, 1967 (1): 47–56.

HAVELKA, F.: Ekologické aspekty využití československého rašelinného fondu. [Závěrečná zpráva.] Praha, VÚZP 1990.

HAVELKA, F.: Kontaminace rašelinišť a rašelin rizikovými prvky a určení jejich maximálně přípustných obsahů. [Závěrečná zpráva.] Praha, VÚMOP 1993.

Došlo 20. 4. 1995

Kontaktní adresa:

Ing. František Havelka, CSc., Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, Výzkumná stanice, 391 91 Borkovice, Česká republika, tel.: 0363/58 11 76, fax: 0363/82 22

INSTITUTE OF AGRICULTURAL AND FOOD INFORMATION

Slezská 7, 120 56 Praha 2, Czech Republic

Fax: (00422) 25 70 90

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

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

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

KONTAMINACE ANTHROPICKÝCH PŮD RIZIKOVÝMI PRVKY V OBLASTI SEVEROČESKÉ PODKRUŠNOHORSKÉ PÁNVE

CONTAMINATION OF ANTHROPIC SOILS WITH HAZARDOUS ELEMENTS IN THE NORTH BOHEMIAN BROWN-COAL MINING REGION

J. Kohel

Research Institute for Soil and Water Conservation, Praha, Czech Republic

ABSTRACT: In 16 agriculturally reclaimed dumps in the North Bohemian brown-coal mining region in the years 1993 to 1994 their load by hazardous elements was studied. In a set of 81 mixed soil samples taken from topsoil or humus horizon from a depth of 0 to 0.2 m the content of 10 hazardous elements (As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V and Zn) was determined in the extract of 2M HNO_3 by the AAS method. The total Hg content was quantified by the TMA method. The degree of load of anthropic soils (anthrosoils on dumps) by hazardous elements in different basin districts is documented in Tabs I to III. As is potentially most hazardous element which exceeds the limit of maximum-permissible values in 18.5 % soil samples. Be and Hg are applied locally. As to the districts, in the Most and Ústí nad Labem districts anthropic soils are most loaded by hazardous elements. This finding corresponds to high immission load of the whole North Bohemian region which is in the central part of the basin most adversely affected by industrial exhalations from chemical works at Záluží u Mostu and in the eastern part of the basin by immissions from pressure gas plant at Úžín. The acquired values of contamination of anthropic soils by hazardous elements are comparable with the load of soils caused by natural pedogenetic process. The level of the contamination found does not require any sanitary activities.

anthropic soils; hazardous elements; limits of contamination; load of soils

ABSTRAKT: Kontaminace antropických půd (antrozemě haldové) rizikovými prvky byla sledována u souboru 81 půdních vzorků odebraných z hloubky 0 až 0,2 m na zemědělsky rekultivovaných výsypkách v oblasti severočeské podkrušnohorské pánve. V extraktu 2M HNO_3 byl metodou AAS stanoven obsah As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb a Zn. Obsah Hg byl stanoven metodou TMA. Potenciálně nejrizikovějším prvkem je As, lokálně se uplatňuje Be a Hg. Stupeň kontaminace antropických půd nevyžaduje asanaci.

antropické půdy; rizikové prvky; limity kontaminace; zatížení půd

ÚVOD

V oblasti severočeské podkrušnohorské pánve bylo dosud zrekultivováno na zemědělskou půdu cca 3 500 ha ploch zdevastovaných povrchovou těžbou hnědého uhlí.

Při vytváření antropických půd na zemědělsky rekultivovaných výsypkách se užívají různé technologické postupy od přímé rekultivace výsypkových substrátů k jejich překryvům orníci či jinými zúrodnitelnými zemínami (spraše, sprašové hlíny, bentonity), skrývanými v předpolí postupujících povrchových dolů. Na povrch výsypek se tak často dostávají horniny a zeminy z různých geologických souvrství s obsahy rizikových prvků, které prezentují jejich přirozené obsahy (geogenní zatížení).

Nejrozšířenějším výsypkovým substrátem v oblasti severočeské podkrušnohorské pánve jsou terciární jíly miocenního stáří, jejichž geochemické složení se zpravidla pohybuje pod úrovní limitů kontaminace půd (Beneš, 1994; Fišera, Bartoš, 1994; Podlešáková et al., 1994a, b). Překryvy kulturních půdních vrstev, převážně orníci, aplikovaných v průběhu technické rekultivace na povrch výsypek, vykazují často vyšší stupeň zatížení některými rizikovými prvky než převrstvované výsypkové substráty, což je důsledek antropogenní činnosti, zejména dlouhodobého zatížení imisemi. Na atmosférické spady As, Hg a Pb připadá 80 až 90 % a Cd kolem 60 % všech vstupů do půdy (Beneš, 1994). Prašné spady na Chomutovsku obsahují v průměru 0,25 až 30 mg Cd.kg^{-1} , 22 až 28 mg Pb.kg^{-1} a 5 až 6 mg As.kg^{-1} , přičemž průměrná

koncentrace polétavého prachu přesahuje lokálně hodnotu 100 mg.m^{-3} (Petříková et al., 1995).

Účelem realizovaného výzkumu bylo zjištění stupně zatížení antropických půd rizikovými prvky z hlediska možnosti jejich dalšího využití.

MATERIÁL A METODA

Na území čtyř pánevních okresů (Chomutov, Most, Teplice a Ústí nad Labem) bylo v letech 1993 až 1994 na 16 zemědělsky rekultivovaných výsypkách odebráno 81 směsných půdních vzorků z povrchové půdní vrstvy 0 až 0,2 m (tvořené ornici či drnovým horizontem) a 26 půdních vzorků z hloubky 0,2 až 0,5 m k stanovení obsahu rizikových prvků.

V odebraných půdních vzorcích byl v extraktu 2M HNO_3 za chladu stanoven metodou AAS obsah 10 rizikových prvků: As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V a Zn. Metodou TMA byl stanoven celkový obsah Hg.

Vybrané lokality antropických půd reprezentují převážně rekultivované výsypky s překryvem ornice v mocnosti 0,4 až 0,5 m.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Zjištěné obsahy rizikových prvků v antropických půdách jednotlivých okresů severočeské podkrušnohorské pánve jsou uvedeny v tab. I a II. Hodnocení bylo realizováno podle limitů maximálně přípustných obsa-

hů rizikových prvků v půdách uvedených ve vyhlášce MŽP ČR (1994).

Z 26 půdních vzorků odebraných z profilu antropických půd z hloubky 0,2 až 0,5 m byl zjištěn nadlimitní obsah As ($4,6$ až $8,2 \text{ mg.kg}^{-1}$) u pěti půdních vzorků, z toho připadaly tři vzorky na aplikované překryvy humusových horizontů a dva vzorky na výsypkové substráty (miocenní jíly).

Zvýšený obsah As v antropických půdách severočeské podkrušnohorské pánve je zřejmě způsoben vysokým zatížením celé oblasti emisemi z fosilních paliv, spalovaných v tepelných elektrárnách a teplárnách a z exhalací chemického průmyslu.

K největšímu zatížení As dochází u antropických půd na okrese Most a Ústí nad Labem. Kontaminace dalšími rizikovými prvky (Be a Hg) má spíše lokální charakter. Toto zjištění odpovídá zvýšenému zatížení centrální části pánve, kde dochází ke kumulaci emisí z energetiky a chemického průmyslu, zejména z chemických závodů v Záluží u Mostu; ve východní části pánve jde o silné znečištění ovzduší provozem tlakové plynárny v Úžíně (Ústí nad Labem), teplárny Trmice, lomu Chabařovice aj.

V Litvínově na okrese Most se pohybuje průměrná roční koncentrace polétavého prachu kolem 100 mg.m^{-3} , v Ústí nad Labem (město) činila v roce 1989 150 mg.m^{-3} (Čížek, 1990).

Nadlimitní hodnoty As byly zjištěny i na okolních tzv. rostlých půdách v areálu zmíněných zdrojů znečištění. K nejvyššímu zatížení těchto rostlých půd dochází na okresech Most, Teplice a zejména Ústí nad Labem

I. Obsah rizikových prvků v antropických půdách okresů Chomutov a Most (mg.kg^{-1} ve výluhu 2M HNO_3 z půdní vrstvy 0 až 0,2 m) – The content of hazardous elements in anthropic soils of the districts Chomutov and Most (mg.kg^{-1} in the extract of 2M HNO_3 from soil layer of 0 to 0.2 m)

Okres ¹	n	Prvek ²	maximální přípustné hodnoty ³	Chomutov				Most			
				17				43			
				min.	max.	$\bar{x}$	v	min.	max.	$\bar{x}$	v
		As	4,5	1,2	6,3*	2,5	50	0,6	6,5*	2,8	63
		Be	2,0	0,7	2,0*	1,3	29	0,1	1,4	0,8	32
		Cd	1,0	0,1	0,2	0,2	1	0,1	0,6	0,2	50
		Co	25,0	6,7	9,7	7,4	16	4,3	19,0	8,3	46
		Cr	40,0	2,0	4,3	3,2	23	1,5	6,3	3,7	34
		Cu	50,0	8,1	15,7	11,7	17	5,3	13,3	9,3	26
		(Hg)	0,8	0,1	0,2	0,1	760	0,0	0,4	0,1	75
		Ni	25,0	4,6	11,9	10,0	17	4,3	23,8	9,7	53
		Pb	70,0	13,5	25,2	19,0	19	6,6	20,4	13,8	25
		Zn	100,0	13,0	40,0	20,3	37	5,6	60,0	21,3	66
		V	50,0	14,7	22,0	18,0	18	10,7	23,0	14,4	30

Vysvětlivky k tab. I, II – Explanations to Tabs I, II:

(Hg) – u Hg stanoven totální obsah – in Hg total content determined

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

v – koeficient variace – coefficient of variation

* – překročení limitu (maximální přípustný obsah) – exceeding of limit (maximal permissible content)

¹district, ²element, ³maximally permissible values

II. Obsah rizikových prvků v antropických půdách okresů Teplice a Ústí nad Labem (mg.kg^{-1} ve vyluhu 2M HNO_3 z půdní vrstvy 0 až 0,2 m) – The content of hazardous elements in anthropic soils of the districts Teplice and Ústí nad Labem (mg.kg^{-1} in extract of 2M HNO_3 from soil layer of 0 až 0,2 m)

Okres ¹		Teplice				Ústí nad Labem			
n		10				11			
Prvek ²	maximální přípustné hodnoty ³	min.	max.	$\bar{x}$	v	min.	max.	$\bar{x}$	v
As	4,5	1,1	3,9	2,0	42	1,2	5,9 ⁺	3,6	40
Be	2,0	0,5	0,9	0,6	16	0,5	0,9	0,7	20
Cd	1,0	0,1	0,7	0,3	58	0,1	0,5	0,3	50
Co	25,0	4,2	13,3	5,8	45	6,4	12,1	8,4	20
Cr	40,0	1,9	5,6	3,3	14	1,2	8,1	4,4	42
Cu	50,0	4,6	9,9	6,8	28	10,3	18,7	13,1	24
(Hg)	0,8	0,1	0,2	0,1	66	0,1	0,9 ⁺	0,4	62
Ni	25,0	3,4	8,0	4,8	28	8,3	23,8	13,3	38
Pb	70,0	10,7	24,0	15,4	27	10,5	35,0	21,5	36
Zn	100,0	13,6	78,0	29,5	70	23,5	54,8	34,5	27
V	50,0	9,8	23,0	14,9	34	15,8	22,0	18,7	12

For 1–3 see Tab. I

III. Překročení limitu maximálních přípustných hodnot rizikových prvků v antropických půdách v oblasti Severočeského hnědouhelného revíru v počtech a v procentech z celkového množství půdních vzorků (n) – Exceeding of limit of maximal permissible values of hazardous elements in anthropic soils in North Bohemian Brown-coal Basin in numbers and percentage of the total number of soils samples (n)

Okres ¹		Rizikový prvek ²		
		As	Be	Hg
Chomutov	n	17	17	
	z toho kontaminace ³	2	1	
	%	12	6	
Most	n	43		
	z toho kontaminace	10		
	%	23		
Ústí nad Labem	n	11		11
	z toho kontaminace	3		1
	%	27		9
Celkem (včetně okresu Teplice) ⁴	n	81	81	81
	z toho kontaminace	15	1	1
	%	18,5	1	1

¹district, ²hazardous element, ³out of it contamination, ⁴in total (including the Teplice district)

(Podlešáková et al., 1994a, b). Tyto hodnoty jsou srovnatelné se zatížením antropických půd uvedeným v tab. I a II.

Vzhledem k tomu, že zjištěný stupeň kontaminace antropických půd rizikovými prvky překračuje limity maximálně přípustných obsahů zcela výjimečně, není třeba provádět asanaci těchto půd (tab. III).

Co se týká obsahu rizikových prvků, je možné antropické půdy v oblasti severočeské podkráňnohorské pánve využívat k pěstování běžné zemědělské produkce. Ve zmíněných areálech nejvyšší imisní zátěže bude vhodné orientovat rostlinnou produkci na rozšíření pěstování technických a energetických plodin.

LITERATURA

- BENEŠ, S.: Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí. II. část. Studie. Praha, MZE ČR 1994. 159 s.
- ČÍŽEK, V.: Hodnocení sortimentu dřevin pro extrémní oblasti. [Závěrečná zpráva.] Průhonice u Prahy, VŠÚOZ 1990. 17 s.
- FIŠERA, E. – BARTOŠ, P.: Využití doprovodných surovin při vytváření vhodného půdního profilu při rekultivaci devastovaných území. In: Sbor. Konf. Hnědé uhlí, Most, 1994: 90–93.
- PETŘÍKOVÁ, V. – USTJAK, S. – ROTH, J.: Těžké kovy v půdách a zemědělských plodinách v pěti různě imisně zatížených lokalitách ČR. Rostl. Výr., 41, 1995 (1): 17–23.

PODLEŠÁKOVÁ, E. – NĚMEČEK, J. – VÁCHA, R.: Kontaminace půd severočeského regionu rizikovými prvky. Rostl. Výr., 40, 1994a (2): 123–130.

PODLEŠÁKOVÁ, E.: Hodnocení kontaminace půd a možnosti její eliminace. Praha, VÚMOP 1994b. 35 s.

MŽP ČR: Vyhláška MŽP, kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu. Sb. 13/1994, č. 4, s. 88.

Došlo 20. 4. 1995

Kontaktní adresa:

Ing. Jaroslav Kohel, CSc., Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Žabovřeská 250, 156 27 Praha 5-Zbraslav, Česká republika, tel.: 02/59 12 05, fax: 02/59 12 08

PROTIEROZNÍ STABILIZACE VÝSYPKOVÝCH ZEMIN POMOCÍ ORGANICKÝCH SUBSTRÁTŮ

STABILIZATION OF DUMP EARTHS AGAINST EROSION USING ORGANIC SUBSTRATES

P. Čermák¹, V. Kuráž²

¹Research Institute for Soil and Water Conservation, Praha, Czech Republic

²Czech Technical University, Faculty of Civil Engineering, Praha, Czech Republic

ABSTRACT: Different organic substrates were tested experimentally as a material used for reclamation of surface dumps in North Bohemian brown-coal region. The main purpose of the research was to test the resistance of the dump surface against water erosion. Treatments of surface mulching and mixture with the top part of soil horizon have been tested. The input data for the evaluation of time depending water erosion for rain intensities ranged from 15 to 40 mm.h⁻¹ and as to slopes of the dump these ranged from 13 to 20% and were obtained on the basis of field rain simulation. Hydrophysical characteristics for the above-mentioned treatments were measured in the laboratory (after one to four months' stabilization of the dump surface). Problems of water erosion of the dumps in the North Bohemian coal region have not been experimentally tested till the present time. Along with testing numerical models this task has been systematically solved by the Research Institute for Soil and Water Conservation, Praha in co-operation with the Department of Water Landscape Engineering, Czech Technical University, Praha since 1992. The main aim of the research is to find a suitable numerical model of surface runoff and soil water erosion based upon the input data which can be measured and taken in the field.

erosion of dump earths; evaluation method of water erosion; hydrophysical characteristics; organic substrates

ABSTRAKT: Na převýšených výsypkách Severočeského hnědouhelného revíru byly s cílem ověřit protierozní vlastnosti povrchu svahu výsypky experimentálně testovány dostupné organické substráty s technologií jejich aplikace ve formě mulče nebo promísením s povrchovým půdním horizontem. Podklady pro hodnocení časového průběhu erozního procesu při intenzitách srážek v rozmezí 15 až 40 mm.h⁻¹ a sklonu svahu výsypky (13 až 20 %) byly získány pomocí metodického postupu založeného na simulaci srážek v polních podmínkách. Stanovení hydrofyzikálních vlastností testovaných variant úpravy povrchu výsypky bylo provedeno na podkladě dostupných laboratorních metod po jedno- až čtyřměsíční stabilizaci povrchu výsypky s využitím těchto organických substrátů. Problematika erozních procesů na výsypkách Severočeského hnědouhelného revíru nebyla dosud na experimentální úrovni pro podmínky ČR řešena. Systematicky se touto problematikou zabývá VÚMOP Praha ve spolupráci s ČVUT Praha až od roku 1992, kdy jsou hodnoceny nejen protierozní vlastnosti výsypkových zemin používaných k sypaní převýšených výsypek, resp. k rekultivačním účelům a jejich vegetační nebo jiná ochrana před erozí (Čermák, 1993, 1994), ale i problematika určení vhodného matematického modelu, který by na podkladě vstupních údajů měřitelných v polních podmínkách poskytl reprezentativní údaje o přípustných délkách projektovaných svahů výsypkového tělesa (Váška et al., 1993).

eroze výsypkových zemin; metoda hodnocení erozních procesů; hydrofyzikální vlastnosti; organické substráty

ÚVOD

Skrývkové zeminy těžené z nadložních řezů a následně používané k sypaní výsypek patří k zeminám, jejichž protierozní odolnost je velmi nízká, a to již při výskytu srážek o intenzitě 4 až 10 mm.h⁻¹, s charakterem vizuálně hodnotitelných erozních procesů, které plasticky postihují celý takto rekultivovaný povrch výsypky.

Intenzita erozních procesů na těchto zeminách je ovlivňována především jejich vysokou heterogeností,

způsobenou nestejnoměrným zastoupením odlišného podílu různých jílových minerálů, zvýšeným obsahem uhelných příměsí, intenzitou zvětřování povrchového půdního horizontu a probíhajícími změnami v hydraulických parametrech rekultivovaného povrchu výsypky.

Úprava hydrofyzikálních vlastností takto rekultivovaného povrchu výsypkového tělesa se stává pak úkolem značně náročným, a to jak z pohledu technického, tak i ekonomického. Nejpoužívanějším technologickým postupem je jejich následné převrstvení zúrodnitelnými zeminami (orníci, sprašovými hlínami), při-

čemž v současné době se začínají používat ke stabilizaci písčitých zemín i postupy, které jsou založeny na jejich homogenizaci se slínovci.

V tomto příspěvku se zabýváme hodnocením poměrně atypického způsobu protierozní stabilizace těchto zemín, a to prostřednictvím aplikace vysokých dávek organických substrátů ve formě mulče nebo jejich promísením s povrchovým půdním horizontem. Tyto organické substráty jsou v současné době vzhledem ke značnému omezení zemědělské produkce objemově i ekonomicky dostupné.

MATERIÁL A METODA

K získání informací pro hodnocení uvedené problematiky byl použit metodický postup založený na hodnocení erozních procesů způsobených simulací srážek o intenzitě 15 až 20 a 30 až 40 mm.h⁻¹.

Zvolený postup umožňuje zachytit detailní časový průběh probíhajícího erozního procesu včetně změn ve fyzikálních vlastnostech rekultivovaného povrchu výsypky. Hodnocení erozního procesu pomocí tryskového simulátoru deště probíhalo na experimentálních plochách o celkové výměře 24 až 30 m² při sklonu svahu v rozmezí 13 až 20 %.

Organické substráty (kůry, kůrové komposty, krátká celulózová vlákna) byly ověřovány na výsypkových zemínách písčitohlinitých až jílovitohlinitých v rozsahu těchto variant úpravy povrchu svahu výsypky:

- při aplikaci organických substrátů ve formě mulče o celkové mocnosti cca 0,1 m;
- při aplikaci organických substrátů ve formě mulče o celkové mocnosti cca 0,1 m a vegetační úpravou (jetelotrávní směsí, jetelem inkarnátem);
- promísením (kultivací) organických substrátů a povrchu výsypky do celkové hloubky cca 0,2 m s objemem použitých dávek organických substrátů jako u variant s mulčováním.

Hydrofyzikální charakteristiky byly stanoveny z neporušených půdních vzorků odebraných po jedno- až dvouměsíční stabilizaci povrchu výsypky rekultivovaného pomocí těchto organických substrátů. Bod vadnutí byl odvozen z retenčních čar, které byly do podtlaku 100 cm provedeny pomocí pískového tanku, pro vyšší rozsahy tlakových výšek byl použit přetlakový přístroj.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Hydrofyzikální vlastnosti testovaných variant úpravy povrchu výsypky pomocí organických substrátů

Uváděné charakteristiky experimentálně hodnocených variant povrchového horizontu výsypky (tab. I a II) je nezbytné považovat za orientační, a to především z pohledu obtížně (objektivně) proveditelného odběru kvalitních neporušených půdních vzorků v hodnoceném fyzikálním stavu povrchového horizontu,

vzhledem k vysoké heterogenitě prostředí po aplikaci těchto hmot, která je vysoká především u technologických postupů, u kterých byla použita kultivace (promísení). Neméně důležitým faktorem se stává těžko definovatelný časový průběh hydrofyzikálních změn v důsledku probíhající mineralizace a použitého vegetačního pokryvu.

Maximální kapilární nasáklivost všech těchto testovaných organických substrátů je vysoká, pohybující se v rozmezí 58 až 66 % obj., přičemž vyšší hodnoty odpovídají kůrovým kompostům a krátkým celulózovým vláknům. Vyhodnocená pórovitost (84 až 89 %) je opět u všech hmot poměrně vyrovnaná a charakterizuje prostředí se zastoupením cca 32 až 40 % gravitačních, velmi hrubých pórů. Využitelná vodní kapacita je vysoká, pohybuje se v rozmezí 15 až 20 % obj. Výraznější rozdíly byly vyhodnoceny u bodu vadnutí (16 až 28 % obj.), přičemž vyšší hodnoty odpovídají testovaným kůrovým kompostům. Objemové hmotnosti jsou nízké (0,22 až 0,43 g.cm⁻³), u jednotlivých hmot mají značný rozptyl s nejnižšími hodnotami stanovenými u krátkých celulózových vláken a nejvyššími u kůry.

Po homogenizaci (promísení) s původní výsypkovou zeminou dochází v půdním horizontu do 0,2 m k výraznější rozdílu v hodnotách mezi kapilární nasáklivostí (25 až 38 % obj.) a pórovitostí (48 až 55 %). Jde tedy již o půdní prostředí se značným zastoupením gravitačních pórů a puklin. Hodnoty využitelné vodní kapacity se v rekultivovaném půdním horizontu zvyšují oproti kontrolní ploše na úroveň cca 11 až 17 % obj. se souběžným poklesem hodnot bodu vadnutí na 21 až 24 % obj. Oproti stavu na kontrolní ploše dochází i k výraznému snížení objemových hmotností, které lze charakterizovat hodnotou cca 1,08 až 1,20 g.cm⁻³.

Z průběhu vyhodnocených křivek retenčních čar u takto rekultivovaného povrchového horizontu výsypky je zřejmé, že dochází ke kvalitativní úpravě hydrofyzikálních vlastností, zvyšuje se vlhkost při nasycení cca o 6 až 8 % obj. a rovněž rozložení vlhkostí v závislosti na tlakových výškách se stává rovnoměrnější. Objektivní stanovení této charakteristiky bude samozřejmě závislé na dosaženém stupni homogenizace použitých organických substrátů s původním povrchem výsypky.

Protierozní odolnost testovaných variant úpravy povrchu výsypky při simulaci srážek o intenzitách 15 až 20 a 30 až 40 mm.h⁻¹ (tab. III)

Při aplikaci kůrových kompostů ve formě mulče o mocnosti 0,1 m a sklonu svahu výsypky v rozmezí 17 až 20 %: Hodnocená varianta (I) úpravy povrchu výsypky je zcela bezpečná při výskytu srážek o intenzitě 0,1 až 20 mm.h⁻¹. Erozní procesy vyvolané výskytem srážky o intenzitě 30 až 40 mm.h⁻¹ lze charakterizovat odtokem erozního sedimentu z takto upraveného povodí hodnotami 4 až 5 mm a obsahem erozního sedimentu v něm obohačeném 0,05 až 0,07 t.ha⁻¹. Odtok erozního

Hloubka půdního profilu ¹ (cm)	MKVK (% obj. ¹¹)	BV (% obj.)	VVK (% obj.)	Objemová hmotnost ² (g.cm ⁻³)
Kůrové komposty ³ (Revita)				
Mulč ¹⁰	48,48	27,89	20,59	0,34
Kůra ⁴				
Mulč	36,30	16,38	19,92	0,43
Krátká celulózoová vlákna ⁵				
Mulč	36,50	21,82	14,68	0,25
Kultivace (promísení) kůry s povrchem výsypky ⁶				
0–20	33,42	21,71	11,71	1,20
Kultivace (promísení) kůrových kompostů s povrchem výsypky ⁷				
0–20	45,56	30,06	15,50	1,23
Kultivace (promísení) krátkých celulózoových vláken s povrchem výsypky ⁸				
0–20	38,09	21,56	16,54	1,11
Původní povrch výsypky (kontrolní plocha) ⁹				
0–20	40,25	30,14	10,11	1,63

Vysvětlivky k tab. I, II – Explanations to Tabs I, II:

MKVK – maximální kapilární vodní kapacita – maximal capillary water capacity

BV – bod vadnutí – wilting point

VVK – využitelná vodní kapacita – available water capacity

¹depth of soil profile, ²bulk density, ³bark composts, ⁴bark, ⁵short cellulose fibres, ⁶cultivation (mixing) of bark with dump surface, ⁷cultivation (mixing) of bark composts with dump surface, ⁸cultivation (mixing) of short cellulose fibres with dump surface, ⁹original dump surface (control area), ¹⁰mulch, ¹¹% of volume

II. Stanovené hodnoty průběhu retenčních čar z rekultivovaného povrchu výsypky pomocí organických substrátů – Retention curves of the top layer of reclaimed dump using organic substrate

Hloubka půdního profilu ¹ (cm)	Vlhkostní potenciál ² (cm/% obj. ¹¹)					
	0	13	40	90	500	1 200
Kůrové komposty ³ (Revita)						
Mulč ¹⁰	62,22	45,20	44,59	43,45	38,41	27,76
Kůra ⁴						
Mulč	54,80	40,47	38,02	37,15	30,03	16,38
Krátká celulózoová vlákna ⁵						
Mulč	59,09	45,39	43,91	39,80	33,00	20,82
Kultivace (promísení) kůry s povrchem výsypky ⁶						
0–20	45,03	36,47	35,57	34,70	29,49	23,12
Kultivace (promísení) kůrových kompostů s povrchem výsypky ⁷						
0–20	51,75	49,48	49,31	49,03	40,32	30,06
Kultivace (promísení) krátkých celulózoových vláken s povrchem výsypky ⁸						
0–20	50,86	45,12	45,59	41,84	32,25	21,56
Původní povrch výsypky (kontrolní plocha) ⁹						
0–20	40,47	40,41	40,39	40,36	37,69	30,14

For I, 3–11 see Tab. I, ²moisture potential

sedimentu na této variantě se začíná projevovat kolem 30. min od počátku působení srážky, významným faktorem se stává i prodloužení doby odtoku erozního sedimentu po ukončení působení srážky, které dosahuje až 40 min.

Při aplikaci kůry ve formě mulče o mocnosti 0,1 m a sklonu svahu výsypky v rozmezí 13 až 15 %: Hodnocená varianta (3) úpravy povrchu výsypky je zcela bezpečná při výskytu srážek o intenzitě 0,1 až 20 mm.h⁻¹. K výraznějšímu rozvoji erozních procesů dochází až

III. Charakteristické fáze erozního procesu při simulaci srážky o intenzitě 30 až 40 mm.h⁻¹ – Characteristic phases of erosion process during rain simulation of intensity from 30 to 40 mm.h⁻¹

Varianta ¹ (číslo ²)	Hodnocený časový interval po melioračním zásahu ⁴ (měsíc ⁵)	Počátek odtoku erozního sedimentu ⁶ (min)	Celkový odtok za 1 h působení intenzity srážky ⁷ (mm)	Obsah erozního sedimentu (sušina) obsaženého v odtoku ⁸ (t.ha ⁻¹)	Prodloužení doby odtoku po ukončení působení srážky ⁹ (min)
1	8	15–30	4–5	0,05–0,07	30–40
2	20	15–30	1–2	0	> 10
Kontrola pro varianty ³ 1–2	–	2–3	16–18	20–22	> 2
3	8	10–15	7–8	1–1,5	> 20
4	3	25–30	1–2	> 1,3	> 5
5	8	15–20	11–13	0	> 20
6	3	0	0	0	0
Kontrola pro varianty 3–6	–	8–9	15–17	26–28	> 2

¹treatment, ²number, ³control for treatments, ⁴evaluated time interval for amelioration intervention, ⁵month, ⁶start of runoff of erosion sediment, ⁷total runoff per 1 h of action of rain intensity, ⁸erosion sediment content (dry matter) comprised in runoff, ⁹prolongation of runoff time after finishing action of rain

při výskytu srážek o intenzitě 30 až 40 mm.h⁻¹, kdy celkový odtok erozního sedimentu dosahuje 7 až 8 mm a je tedy vyšší než např. na variantě s použitím kůrových kompostů. V porovnání s variantou kontrolní představuje tato úprava opět výrazné zkvalitnění protierozních vlastností, což se projevuje především několikanásobným snížením obsahu erozního sedimentu (sušina) v něm obsaženém, a to až na úroveň 1 až 1,5 t.ha⁻¹. Typickou vlastností této úpravy je i doba prodloužení odtoku erozního sedimentu z hodnoceného povodí po ukončení srážky, které dosahuje až 20 min, přičemž je však opět výrazně nižší než např. na variantě s aplikací kůrových kompostů.

Při aplikaci krátkých celulózových vláken ve formě mulče o mocnosti 0,1 m a sklonu svahu výsypky v rozmezí 13 až 15 %: Hodnocená varianta (5) úpravy povrchu výsypky je zcela bezpečná při výskytu srážek o intenzitě 0,1 až 20 mm.h⁻¹. Výraznější rozvoj erozních procesů byl vyhodnocen až při výskytu srážky o intenzitě 30 až 40 mm.h⁻¹ se zachyceným počátkem odtoku erozního sedimentu v 15. až 20. min, přičemž probíhající intenzita erozního procesu na této variantě (odtok) je podstatně intenzivnější a lze ji charakterizovat hodnotou až 12 mm.

Při aplikaci kůry a krátkých celulózových vláken o mocnosti 0,1 m a jejich promísením s povrchem výsypky do hloubky 0,15 až 0,20 m: Hodnocená varianta úpravy povrchu výsypky je zcela bezpečná při výskytu srážek o intenzitě 15 až 20 mm.h⁻¹. Při výskytu srážek o intenzitě 30 až 40 mm.h⁻¹ se na variantě s kůrou (4) posouvá počátek odtoku erozního sedimentu cca na 30. min, celkový odtok lze charakterizovat 1 až 2 mm a obsahem erozního sedimentu (sušina) v něm kolem 1,0 t.ha⁻¹. U varianty s použitím krátkých celulózových vláken (6) nebyly při této intenzitě srážky zaznamenány žádné erozní procesy.

ZÁVĚR

Určitým problémem v dosažené poměrně vysoké zabezpečení svahů výsypek pomocí testovaných dávek organických substrátů se stává obtížně definovatelný časový průběh změn v hydrofyzikálních vlastnostech takto rekultivovaného povrchu výsypky v důsledku probíhající mineralizace těchto hmot. Tato charakteristika pak může podstatným způsobem ovlivňovat i následné změny v jeho retenční kapacitě, a tím i protierozní odolnosti takto rekultivovaného svahu.

Při výběru vhodného technologického postupu k hodnoceným účelům by proto měla být akceptována tato hlediska. Při sklonu svahu méně než 18 % by měly

být zásadně využívány především technologie, které umožňují kultivaci (promísení) organických substrátů s povrchovým horizontem výsypky do hloubky 0,1 až 0,2 m, při aplikaci těchto hmot o celkové mocnosti v rozmezí 5 až 10 cm. K přednostem těchto technologií patří zejména:

- kvalitativní úprava hydrofyzikálních vlastností povrchového horizontu výsypky o větší mocnosti;
- uměle vytvořený půdní horizont s odlišnými hydraulickými vlastnostmi není tak atypický jako např. při mulčování na texturálně těžkých výsypkových zemínách;
- prodlužuje se časový efekt tohoto melioračního opatření, který bude z pohledu ovlivnění fyzikálních vlastností výsypkové zeminy podstatně dlouhodobější než u mulčování;
- výrazně se eliminuje proces neproduktivních ztrát srážkové vody nejen vlivem povrchového odtoku, ale i odtoku podpovrchového, který je podstatně vyšší např. při mulčování na texturálně těžkých výsypkových zemínách;
- při správné aplikaci plní tyto organické substráty i úlohu organického hnojiva, tedy půdní složky, která je na těchto stanovištích ve značném deficitu;
- dochází k poměrně výrazné počáteční (kvalitativní úpravě) hydrofyzikálních vlastností takto rekultivovaného povrchu výsypkového tělesa (jako objektu), které by se mělo následně promítnout i v navrhované ekonomické náročnosti na požadovanou výstavbu nezbytných vodohospodářských zařízení s ohledem na zabezpečení při výskytu *n*-leté srážkové vody.

Při sklonu svahu výsypky více než 18 % je možné především z hlediska dostupnosti vhodných mechanizačních prostředků využívat i technologické postupy založené na mulčování, přičemž za plně dostačující mocnost vytvářeného mulče lze považovat 10 cm.

LITERATURA

- ČERMÁK, P.: Metodické podklady pro hodnocení protierozní odolnosti výsypkových zemín s vegetační, nebo jinou úpravou v SHR. Studie VÚMOP Praha pro Severočeské doly, a. s. (Doly Bílina), 1993, 1994.
- VÁŠKA, J. – KURÁŽ, V. – ČERMÁK, P.: Numerical simulation of the surface runoff on the waste dump Radovesice. Proc. Int. Symp. Advances in Water Sciences, Stará Lesná, 2, 1993: 154–159.

Došlo 20. 4. 1995

Kontaktní adresa:

Ing. Petr Čermák, CSc., Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Žabovřeská 250, 156 27 Praha 5-Zbraslav, Česká republika, tel.: 02/59 12 05, fax: 02/59 12 08

INZERCE

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

Bližší informace získáte na adrese:

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

ADVERTISEMENT

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

For more detailed information, please contact:

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

TREND VÝSKYTU VYŠŠÍCH SRÁŽKOVÝCH ÚHRNŮ Z HLEDISKA JEJICH EROZNÍ ÚČINNOSTI

THE TREND OF OCCURRENCE OF GREATER SUMS OF PRECIPITATION IN VIEW OF THEIR EROSION EFFECTIVENESS

F. Toman, J. Rožnovský

Mendel University of Agriculture and Forestry, Brno, Czech Republic

ABSTRACT: For the need of antierosion control it is necessary to know the occurrence and distribution of erosion-effective precipitation. Ample storm rainfall which occur in conditions of the Czech Republic are decisive, particularly in the period from May to the end of September. To evaluate the frequency of occurrence of such precipitation daily precipitation sums over 10, 20 and 30 mm (Tab. 1) were chosen and they were evaluated for the station Brno-Tuřany for the period of 1961 to 1990. Average annual frequencies of occurrence of higher daily sums of precipitation were set along with their trend of occurrence (Figs 1 to 3). Figs 4 to 8 show the frequency of occurrence of daily sums of precipitation over 10 mm in different months and their trend. Annual sums of precipitation and trend of their occurrence in the years 1961 to 1990 are in Fig. 9. The sum of precipitation in the months May to September and their trend is in Fig. 10. The results of the study testify the growing trend of occurrence of higher daily sums of precipitation, particularly with sums over 30 mm. It follows from this finding that the danger of occurrence of erosion phenomena grows in spite of that annual sums of precipitation show a slight falling tendency.

water erosion; daily sums of precipitation; frequency of occurrence of higher sums of precipitation; trend of frequency of occurrence of precipitation

ABSTRAKT: Pro vznik a vývoj vodní eroze je důležitá znalost výskytu erozně účinných srážek. Byla posuzována stanice Brno-Tuřany v období 1961 až 1990 a provedena analýza výskytu vyšších denních srážkových úhrnů o vydatnosti nad 10, 20 a 30 mm. Byla zjištěna průměrná četnost jejich výskytu v květnu až září a byl stanoven její trend a také vyhodnocen trend ročních úhrnů srážek a trend úhrnů srážek za hodnocené měsíce. Výsledky ukazují na vzestupný trend výskytu denních úhrnů srážek s vysokou vydatností, zejména nad 30 mm. Nebezpečí výskytu erozních jevů tak oproti klesajícímu trendu ročních úhrnů srážek bude pravděpodobně vyšší.

vodní eroze; denní úhrn srážek; četnost výskytu vyšších srážkových úhrnů; trend četnosti výskytu srážek

ÚVOD

Rozvoj erozních procesů vyvolává rozsáhlé poruchy v krajině, poškozují základní přírodní zdroje vodu a půdu, narušuje vodní režim území a nepříznivě působí na krajinné mikroklima. Škody způsobené vodní erozí a povrchovým odtokem se zejména projevují na zemědělské produkci a ve znečištění vodních zdrojů. V ČR je vodní erozí ohroženo přibližně 31 % výměry zemědělské půdy.

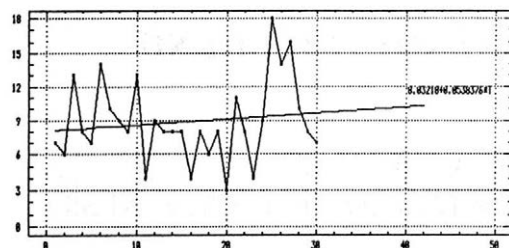
Pro účely protierozní ochrany je nutné znát výskyt, rozdělení a intenzitu srážek. Rozhodující jsou zejména přívalové srážky, které se v našich podmínkách vyskytují převážně od května do konce září. Návrhové parametry, zejména pro technická protierozní opatření, vycházejí z metody čísel odtokových křivek CN, pomocí které lze prognózovat objem povrchového odtoku a velikost kulminačního průtoku z povodí o ploše do 5 až

10 km². Základním vstupem metody je denní srážkový úhrn s pravděpodobností opakování za n roků.

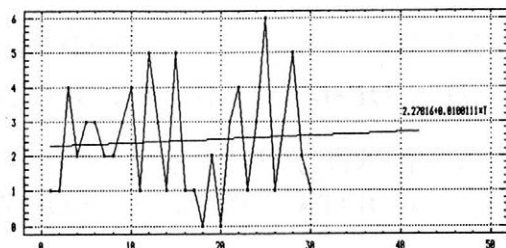
Předmětem výzkumu bylo posoudit trend výskytu vyšších denních srážkových úhrnů a trend ročních úhrnů srážek s ohledem na možnou změnu jejich erozní účinnosti.

Srážky jsou v našich podmínkách nejen jediným zdrojem vody, ale současně při vyšších intenzitách též příčinou vodní eroze půdy (Rožnovský, 1989).

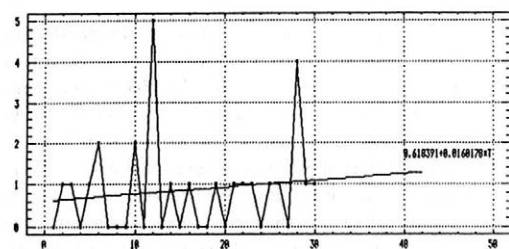
Za erozně účinné považují Wischmeier, Smith (1978) deště o vydatnosti větší než 12,5 mm s intenzitou nad 24 mm za 1 h. Janeček et al. (1992) uvažují pro regionalizaci průměrných ročních hodnot faktoru erozní účinnosti přívalových dešťů deště o vydatnosti nad 10 mm a o intenzitě nad 20 mm za 1 h a z jejich údajů dále vyplývá, že se přívalové deště vyskytují od konce dubna do počátku října. V oblasti jižní Moravy se erozně nebezpečné deště vyskytují od kvě



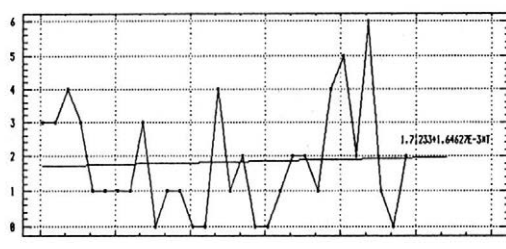
1. Trend četnosti výskytu denních srážkových úhrnů nad 10 mm – Trend of frequency of occurrence of daily sums of precipitation over 10 mm



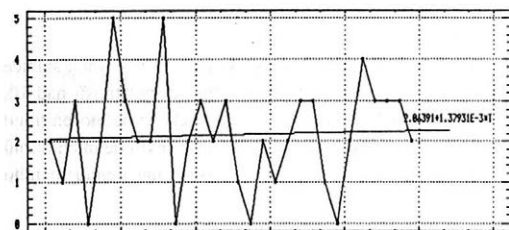
2. Trend četnosti výskytu denních srážkových úhrnů nad 20 mm – Trend of frequency of occurrence of daily sums of precipitation over 20 mm



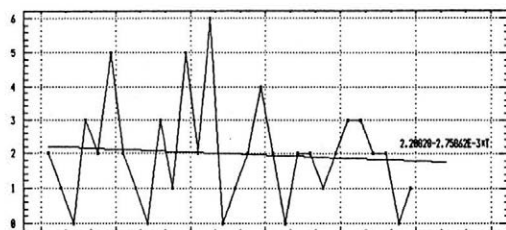
3. Trend četnosti výskytu denních srážkových úhrnů nad 30 mm – Trend of frequency of occurrence of daily sums of precipitation over 30 mm



4. Trend četnosti výskytu denních srážkových úhrnů nad 10 mm v květnu – Trend of frequency of occurrence of daily sums of precipitation over 10 mm in May



5. Trend četnosti výskytu denních srážkových úhrnů nad 10 mm v červnu – Trend of frequency of occurrence of daily sums of precipitation over 10 mm in June



6. Trend četnosti výskytu denních srážkových úhrnů nad 10 mm v červenci – Trend of frequency of occurrence of daily sums of precipitation over 10 mm in July

I. Průměrná četnost výskytu denních srážkových úhrnů (stanice Brno-Tuřany, 1961 až 1990) – Average frequency of occurrence of daily sums of precipitation (station Brno-Tuřany, 1961 to 1990)

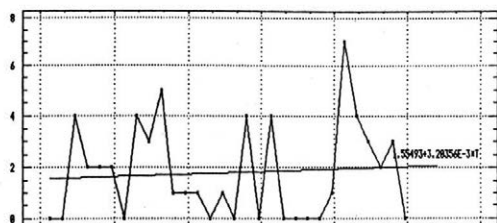
Měsíc ¹	Denní srážkový úhrn ³		
	> 10 mm	> 20 mm	> 30 mm
5.	1,83	0,60	0,10
6.	2,17	0,60	0,27
7.	2,00	0,57	0,20
8.	1,80	0,33	0,17
9.	1,07	0,33	0,13
Celkem ²	8,87	2,43	0,87

¹month, ²total, ³daily sum of precipitation

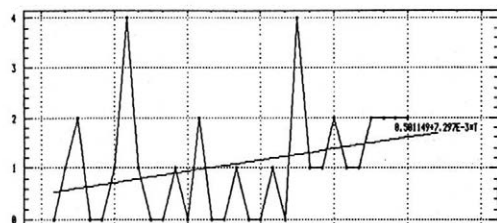
na do září, tedy v době, kdy je protierozní ochrana půdy nejdůležitější (Tomán, 1992).

MATERIÁL A METODA

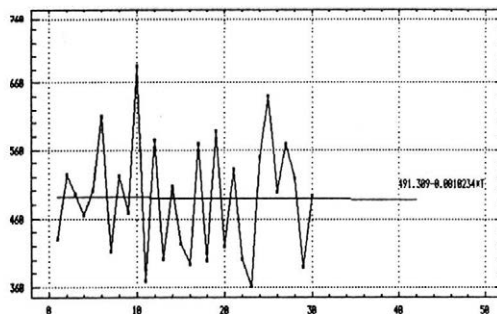
Posouzení trendů výskytu vyšších srážkových úhrnů bylo zpracováno pro stanici Brno-Tuřany v období 1961 až 1990. Tato stanice patří k profesionálním stanicím a je zaručena kvalita pozorování; reprezentuje srážkové poměry oblasti jižně od Brna, přičemž je mimo vliv města. Denní úhrny srážek byly měřeny podle metodiky ČHMÚ pro klimatologické stanice.



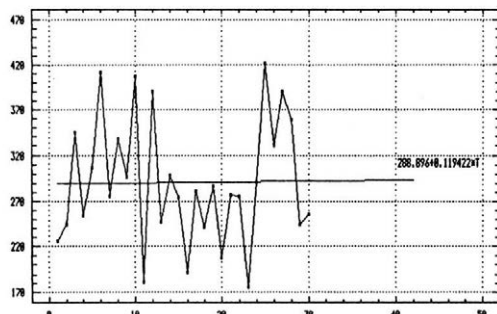
7. Trend četnosti výskytu denních srážkových úhrnů nad 10 mm v srpnu – Trend of frequency of occurrence of daily sums of precipitation over 10 mm in August



8. Trend četnosti výskytu denních srážkových úhrnů nad 10 mm v září – Trend of frequency of occurrence of daily sums of precipitation over 10 mm in September



9. Trend výskytu ročního úhrnu srážek – Trend of occurrence of annual sum of precipitation



10. Trend výskytu úhrnu srážek v květnu až září – Trend of occurrence of sum of precipitation in May to September

K vlastní analýze byly zvoleny denní srážkové úhrny nad 10, 20 a 30 mm, které považujeme za určité stupně erozní účinnosti. S ohledem na jejich výskyt jsme hodnocení provedli samostatně pro měsíce květen, červen, červenec, srpen a září a pro vegetační období, které v našem případě tvoří měsíce květen až září. Pro vytvoření časové řady jsme stanovili jejich lineární trendy, a to jak pro měsíce, tak pro vegetační období v letech 1961 až 1990. Tyto a další výpočty statistických charakteristik byly realizovány pomocí statistických programů.

VÝSLEDKY

Průměrná roční četnost výskytu vyšších denních srážkových úhrnů v jednotlivých měsících hodnoceného období je uvedena v tab. I. Obr. 1 až 3 znázorňují četnost výskytu vyšších denních srážkových úhrnů v hodnoceném období a jejich trend. Ukazuje se, že měření stanice Brno-Tuřany má rostoucí četnost výskytu vyšších srážkových úhrnů. Výsledky testů průkaznosti trendu jsou na hranici průkaznosti, což určitě ovlivňuje relativně krátká délka časové řady. Dosažené výsledky mají svoji vypovídací hodnotu.

Četnost výskytu denních úhrnů srážek nad 10 mm v jednotlivých měsících a jejich trend jsou znázorněny

na obr. 4 až 8. Trend četnosti výskytu denních úhrnů srážek větších než 10 mm byl v květnu, červnu, srpnu a září vzestupný. V červenci byl zaznamenán opačný trend.

Roční úhrny srážek a trend jejich výskytu za období 1961 až 1990 ukazuje obr. 9. Podle grafického znázornění lze konstatovat trend mírného poklesu ročních úhrnů srážek. Úhrn srážek v květnu až září a jejich trend je znázorněn na obr. 10, který ukazuje na velmi mírný vzestupný trend.

DISKUSE

Hodnotíme-li dosažené výsledky z hlediska vlivu na erozní ohrožení půd, je třeba konstatovat, že vzestupné trendy výskytu vyšších denních srážkových úhrnů (zejména denních srážkových úhrnů nad 30 mm) signalizují větší možnost výskytu erozně účinných dešťů. Trend výskytu vyšších denních srážkových úhrnů v jednotlivých měsících ukazuje, že riziko eroze bude mírně vzrůstat především v jarních měsících (květen a červen) a v srpnu. V červenci má trend výskytu vyšších denních srážkových úhrnů klesající tendenci, zatímco září vykazuje značný vzestupný trend výskytu těchto srážek. S přihlédnutím k protierozní účinnosti jednotlivých zemědělských plodin ve vegetačním ob-

dobí se toto riziko dále zvyšuje, neboť jejich ochranný účinek je v jarních měsících nejnižší.

Naše výsledky přitom dokládají mírně klesající trend ročních úhrnů srážek. Z toho vyplývá vzhledem k rostoucímu trendu výskytu vyšších denních srážkových úhrnů, že nebezpečí výskytu erozních procesů bude přes klesající roční úhrn srážek vyšší.

Dosažené výsledky práce nelze pochopitelně zobecnit, obdobná hodnocení by měla být uskutečněna pro další oblasti. Upozorňuji však na nebezpečí zvýšení výskytu erozních jevů v důsledku rostoucích trendů výskytu vyšších denních srážkových úhrnů.

LITERATURA

- JANEČEK, M. et al.: Ochrana půdy před erozí. Met. Zavád. Výsl. Výzk. Praxe, 1992 (5): 108 s.
ROŽNOVSKÝ, J.: Agroklimatická studie výskytu srážek. Štúd. VI. Bratislava, SBS 1989: 93–97.
TOMAN, F.: Výskyt erozně nebezpečných dešťů v oblasti jižní Moravy. Úroda, 40, 1992 (12): 531–532.
WISCHMEIER, W. H. – SMITH, D. D.: Predicting rainfall erosion losses. Maryland, Hyatsville, SEA USDA 1978. 58 s.

Došlo 20. 4. 1995

Kontaktní adresa:

Ing. František T o m a n , CSc., Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, tel.: 05/45 13 30 88, fax: 05/45 21 11 28

VYUŽITÍ POLNÍHO SIMULÁTORU DEŠTĚ PŘI SLEDOVÁNÍ PŮDOOCHRANNÉ ÚČINNOSTI VARIANT PĚSTOVÁNÍ KUKUŘICE

THE USE OF FIELD RAIN SIMULATOR IN MONITORING THE SOIL CONSERVATION EFFECTIVENESS OF TREATMENTS OF MAIZE CULTIVATION

M. Janeček, M. Tippl, J. Bohuslávěk

Research Institute for Soil and Water Conservation, Praha, Czech Republic

ABSTRACT: The most important characteristics which affect erosion action of rain are as follows: its intensity, distribution of size of rain drops and velocity of their incidence. Rain drops disturb soil particles and transfer them, among other things, into pores of soil surface. To take down all these effects on soil infiltration and erodibility, it is necessary to apply water as simulated rain. Simulated rain has in the research of erosion numerous advantages consisting, above all, in velocity, effectiveness, controllability and adaptability. Ideal rain simulator should be cheap in view of its production and operation, to simulate reliably actual precipitation, to be easily portable and ready to be used anytime and anywhere. Designed field simulator makes raining of area of 3×12 to 24 m^2 possible. The pump supplies water and nozzles form a spectrum of drops close to natural storm rain of intensity 0.5 to $2 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ using electronic adjusting device fed from accumulator. The results of comparative measurements of surface run-offs and denudations of water on conditions of simulated precipitation using the field rain simulator showed positive action of treatments of direct seeding into stubble over traditional seedings into cultivated soil. The results acquired also showed the differences in effectiveness of these treatments according to hydropedological conditions, in denuded soil within the range of decrease from a half to one tenth, in surface run-off from three fourths to one tenth. The complete designed simulating device, except tank with water (3 to 5 m^3) can be easily transported on the trailer mounted to an automobile. Thus, it makes possible to measure on slope lands and to find out antierosion effectiveness of individual chosen kinds of stands or cultivated crops and treatments of used cultural practices, in particular in periods when the soil is insufficiently conserved against erosion. This significantly increases good results of the research of erosion over necessary long-term investigations (10 and more years) on stationary run-off areas dependent on random and irregular occurrence of natural storm rainfall. The necessity of fast checking of newly arising technologies of conservative soil management directly requires the use of methods of simulated precipitation.

soil erosion; surface run-off; rain simulator; antierosion measures; cultural practices of maize

ABSTRAKT: Zkonstruovaný polní simulátor umožňuje zadeštění plochy 3×12 až 24 m^2 . Přenosné čerpadlo zajišťuje dodávku vody a trysky vytvářejí spektrum kapek blízké přirozenému přívalovému dešti o intenzitě $0,5$ až $2 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ pomocí elektronického regulačního zařízení napájeného z akumulátoru. Výsledky srovnávacích měření povrchových odtoků a smyvů půdy za podmínek simulovaných srážek pomocí polního simulátoru deště ukázaly příznivé působení variant přímého výsevu do strniště oproti tradičním výsevům do zpracované půdy. Získané výsledky také ukázaly rozdíly v účinnosti těchto variant podle hydropedologických podmínek, a to u smyté země v rozsahu snížení na $1/2$ až $1/10$, u povrchového odtoku na $3/4$ až $1/10$. Nutnost rychlého ověřování protierozní účinnosti různých variant ochranného obdělávání půdy vyžaduje použití simulátorů deště.

eroze půdy; povrchový odtok; simulátor deště; protierozní opatření; agrotechnika kukuřice

Výskyt přírodních dešťů způsobujících povrchový odtok a erozi je na našem území lokálně náhodný, nepravidelný a v některých letech sporadický. Z hlediska možnosti získávání zhodnotitelných výsledků není proto efektivní založit sledování eroze a protierozních opatření jen na účincích přirozených dešťů. Pro zvýšení výslednosti výzkumu eroze jsme proto zkonstruovali dva typy simulátorů deště. Malý, poměrně jednoduchý, přenosný polní simulátor – infiltrometr (J a n e č e k, 1989, 1991) k detailnímu zjišťování hydraulicko-hydrologických vlastností půdního povrchu a velký, složitější, převozný polní simulátor, jehož záběr je dostatečný k tomu, aby se na zadešťované ploše projevil vliv způsobu obdělávání. Délka plochy po spádnicí umožňuje i částečné rozvinutí povrchového odtoku a jím způsobeného erozního smyvu.

O rozšiřování používání simulátorů deště svědčí výsledky nejen v USA (B u b e n z e r, 1979), ale i v Evropě (B u n z a et al., 1985; K a r l et al., 1985; M o l l e n h a u e r et al., 1985). Citovaní autoři publikovali výsledky 900 měření prováděných simulátorem deště v německých Alpách. Používali zařízení s tryskami PERROT s intenzitou 0,33 až 1,66 mm. min⁻¹ a úhrny okolo 50 mm na zadešťované ploše 5 až 15 m x 4 až 70 m. Zjišťovali odtoky a ztráty půdy erozí na různých půdách a sklonech pod různými kulturami a plodinami. U nás se využitím simulátorů deště zabývali v poslední době zejména M a t u l a, D a m a š k o v á (1989) a K a s p r z a k (1989). B e n e t i n (1987) popisuje automatickou kapkovou vsakovací aparaturu se simulátorem deště AKVA. V Bulharsku zkonstruoval a používal N i k o l o v (1971) polní simulátor na principu kmitajícího vějíře trysek. K a m p h o r s t (1987) sestavil malý polní simulátor k zjišťování infiltrace a erodovatelnosti půdy. Rovněž tak v institutech Bundesanstalt für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt v Petzenkirchenu a Universität für Bodenkultur ve Vídni používají v poslední době k výzkumu eroze simulátory deště.

MATERIÁL A METODA

Princip, konstrukce a součásti polního simulátoru

Základními součástkami zkonstruovaného polního simulátoru deště, kde bylo využito principů, které popsal S h e l t o n et al. (1985), W i l c o x et al. (1986) a M i l l e r (1987), jsou širokoúhlé (104° při 34,5 kPa) trysky fy Spraying Systems Co. (Wheaton, Illinois) typu FULLJET, jež vytvářejí velikostní spektrum kapek blízké se přirozenému přívalem deště. Trysky s převodními hadicemi spojenými rychlospojky jsou zavěšeny na jednoduché konstrukci z duralových trubek (skládacích stanových tyčích) tuzemské výroby o průměru 20 mm ve výšce 3 m nad zemí.

Z funkčních zkoušek vyplynulo, že jedna tryska obsáhne plochu o rozměrech 3 x 3 m. Intenzita simulovaného deště při nepřetržitém provozu trysky se pohybuje okolo 2 mm.min⁻¹, což je hodnota příliš vysoká vzhledem k přívalem dešťům běžné se u nás vyskytující. Pouhé omezení dodávky vody do trysky mělo za následek nejen snížení rozfuků, ale změna hydraulických podmínek se projevila odtékáním vody z trysky namísto tvorby kapek. Původní princip (S h e l t o n et al., 1985), snižující intenzitu deště vstříkáváním vzduchu stlačeného kompresorem do potrubí před tryskami, se neosvědčil, neboť se projevoval nerovnoměrností postřiku a zejména mlžením vstříkacího paprsku. Proto bylo použito principu, který popsal M i l l e r (1987). Před trysky byly předřazeny elektromagnetické ventily, jimiž je možné periodicky přerušovat proud vody z trysky a snížit tak intenzitu zadeštění na polovinu, popřípadě i na čtvrtinu. Námitka proti tomuto řešení spočívá v tom, že průměrná intenzita je tvořena periodami vysoké intenzity a periodami nulové intenzity. Intenzita přirozeného přívalem deště však také značně kolísá, a tudíž ani nepřetržitá konstantní intenzita simulovaného deště není ideálním napodobením přirozeného deště.

Simulační zařízení je vybaveno osmi tryskami FULLJET 1/2 HH 30 WSQ a umožňuje obsáhnout plochu 3 x 24 m. Přerušování, resp. střídání proudů vody z trysky je zajištěno elektromagnetickými ventily napájenými proudem z automobilové baterie. K jejich ovládání byl zkonstruován elektronický spínač, který postupně periodicky, resp. cyklicky po 1 až 20 s otevírá dvojice elektromagnetických ventilů. V průběhu vývoje zařízení bylo elektronické schéma doplněno o přepínač, který umožňuje dva režimy spínání elektromagnetických ventilů. V prvním režimu jsou spínány ventily 1 až 4 postupně, což představuje průměrnou intenzitu okolo 0,5 mm.min⁻¹, ve druhém režimu jsou střídavě spínány dvojice 1,3 a 2,4, což odpovídá intenzitě okolo 1 mm.min⁻¹. Napájecí napětí získané z automobilové baterie je pro obvody logiky TTL stabilizováno na hodnotu 5 V pomocí obvodu stabilizátoru, čímž je zaručeno neměnné nastavení periody přepínání trysky simulátoru při postupně se vybiřejícím akumulátoru. Zapojení je doplněno signalizačními diodami a vypínačem. V první poloze je otevřen pouze jeden pár trysky, pomocí nichž lze nastavit intenzitu zadeštění mimo zadešťovanou plochu. V druhé poloze přepínače je spuštěn automatický režim postupného spínání dvojic pracovních trysky simulátoru. Rovnoměrnost postřiku na ploše pod jednotlivými tryskami a mezi tryskami je závislá na stejné funkci všech elektromagnetických ventilů a dokonalé čistotě trysky, resp. používané vody.

Dodávka vody k tryskám je při měření v terénu zajišťována z cisterny samospádem do laminátové nádoby o objemu ca 1 m³. Z této nádoby je voda čerpána pomocí přenosného čerpadla HONDA WB 20X s maximálním průtokem 600 l.min⁻¹. Čerpaná voda prochází regulačním dvocestným ventilem, umožňujícím rozdělovat čerpané množství vody k tryskám nebo zpět do zásobní nádrže. Voda k tryskám prochází přes ochran-

ný filtr (mosazné síto s velikostí ok 0,2 x 0,2 mm, stočené do válce o průměru 32 mm a uložené v litinovém pouzdře), připojený tlakoměr o rozsahu 0 až 160 kPa a impulsní vodoměr o optimální průtočné kapacitě 0,6 až 1,2 m³·h⁻¹, přičemž 1 impuls odpovídá 1 l proteklé vody. Vodoměr je kabelem propojen s přenosným notebookem, který součtově zaznamenává množství proteklé vody ve zvolených časových intervalech.

Před měřením je plocha ohraničena svislými kovovými pásy, zasunovanými do půdy a vyčnívajícími ca 5 cm nad povrch. Před působením větru je plocha chráněna 1 m vysokým pásem PVC fólie zesíleném tkaninou. K zachycování povrchového odtoku a smyvu půdy je používán příčný žlab, ústící do podstavovaných 10l věder, které jsou zpravidla po 1 až 2 min vyměňovány. Současně jsou odebírány vzorky do 11 lahví ke stanovení koncentrace nerozpuštěných látek. Každé vědro se suspenzí je váženo na elektronických vahách napájených akumulátorem.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Funkčnost polního simulátoru deště byla ověřována na pokusných odtokových parcelkách u Třebsebska (k. ú. Jílové u Prahy). Zatím byla tímto simulátorem zjišťována účinnost variant protierozních technologií zejména při pěstování plodiny, která v našich podmínkách bývá nejčastější příčinou erozních škod, a to kukuřice. Kromě toho byla provedena některá účelová měření k zjišťování vlivu různých porostů na snížení povrchového odtoku a smyvu půdy na výsypkách v severních

Čechách a orientačně i v jiných porostech (cukrovka, cibule). Výsledky měření v porostech kukuřice jsou uvedeny v tab. I a na obr. 1 až 11.

V lokalitě Černiči byla porovnávána varianta tradičního výsevu kukuřice na siláž do zpracované půdy (A/1, 2) s výsevem do předem zkyplených výsevných řádků v ponechaném strništi po předchozí sklizni ozimého žita na zeleno (A/3, 4). K výsevu byl použit secí stroj SE 4-042 Harmonia na meziřádkovou vzdálenost 75 cm při 105 000 jedincích na 1 ha. Kypření bylo provedeno funkčním prototypem rotačního osmiřádkového kypřiče VÚMOP o šířce řádků 20 cm (A/3) a rotačním kypřičem PB 2-107 (A/4).

V lokalitě Nakvasovice byla porovnávána varianta tradičního výsevu kukuřice na siláž do zpracované půdy (B/5) s výsevem do předem zkyplených výsevných řádků vymrznuté hořčice bílé, seté na podzim jako meziplodina (B/6, 7). K výsevu byl použit opět secí stroj SE 4-042 Harmonia a ke kypření kypřič VÚMOP.

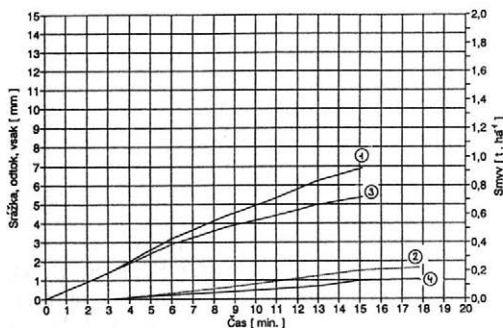
V lokalitě Jeníkov byla porovnávána varianta tradičního výsevu kukuřice na siláž do zpracované půdy secím strojem SE 4-042 Harmonia (C/8) s výsevem kombinovaným secím strojem HORSCH SE-3 do strniště po ozimé směsce sklizené na zeleno (C/9) a s výsevem kombinovaným secím stroje HORSCH SE-3 do rotačním kypřičem PB 2-107 kypřeného strniště (C/10) a s výsevem kukuřice na siláž secím strojem SE 4-042 Harmonia do předem rotačním řádkovým kypřičem VÚMOP zkyplených výsevných řádků strniště po ozimé směsce sklizené na zeleno (C/11).

Z výsledků srovnávacích měření povrchových odtoků a smyvů půdy za podmínek simulovaných srážek

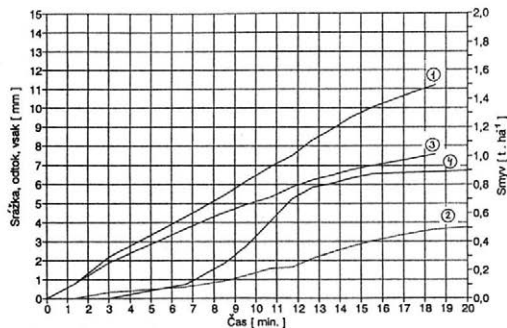
I. Vliv variant výsevu kukuřice do strnišť předplodin na povrchový odtok a smyv půdy na hlinitopísčitých půdách – The effect of treatment of maize seeding into stubbles of forecrops on surface run-off and soil denudation on loam sand soils

Sledovaná varianta výsevu ¹		Sklon ve stupních ²	Obsah vody v půdě před zadesněním (%) ³	Intenzita zadesnění ⁴ (mm.min ⁻¹)	Povrchový odtok ⁵ (mm.min ⁻¹)	Smyv půdy ⁶ (kg.ha ⁻¹ .min ⁻¹)	Odtokový součinitel ⁷
A. Černiči (6. 8. 1992)	1. tradiční	6	9,59	0,455	0,099	8,59	21,8
	2. tradiční ⁸	6	9,60	0,607	0,198	48,70	32,6
	3. do nakypřeného strniště ⁹	4	10,52	0,440	0,019	2,13	4,3
	4. do nakypřeného strniště	4	14,30	0,774	0,073	1,89	9,4
B. Nakvasovice (21. 6. 1993)	5. tradiční	8	25,31	0,404	0,069	6,85	17,1
	6. do nakypřené půdy s vymrznou hořčicí ¹⁰	9	41,12	0,379	0,047	0,67	12,4
	7. do nakypřené půdy s vymrznou hořčicí	9	24,40	0,740	0,041	0,99	5,5
	8. tradiční	6	14,14	0,498	0,248	104,32	49,8
C. Jeníkov (8. 7. 1993)	9. do strniště směsky ¹¹	7	14,50	0,506	0,200	64,18	39,5
	10. do nakypřeného strniště	7	15,99	0,470	0,140	47,27	29,8
	11. do nakypřeného strniště směsky ¹²	8	16,22	0,578	0,219	32,61	37,9

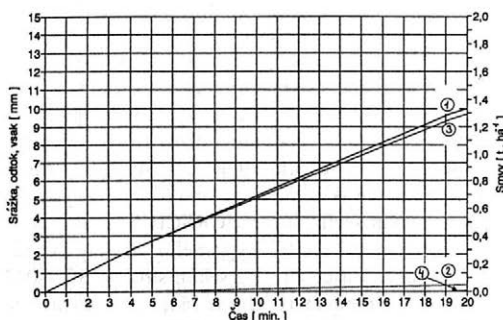
¹investigated seeding treatment, ²slope in grades, ³water content in soil before simulated rain, ⁴intensity of simulated rain, ⁵surface run-off, ⁶soil denudation, ⁷run-off coefficient, ⁸traditional, ⁹into loosened stubble, ¹⁰into loosened soil with frozen-out mustard, ¹¹into stubble with mixture, ¹²into loosened stubble with mixture



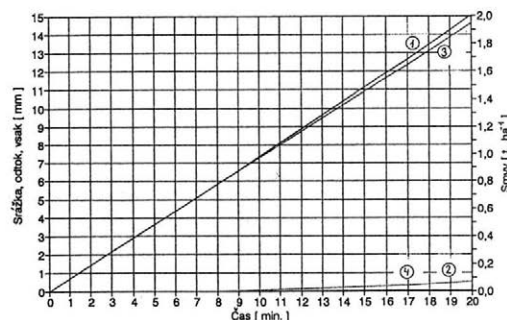
1. Smyv a odtok při tradičním výsevu kukuřice do zpracované půdy v Černíči (A/1) – Denudation and run-off in traditional maize seeding into cultivated soil at Černíč (A/1)



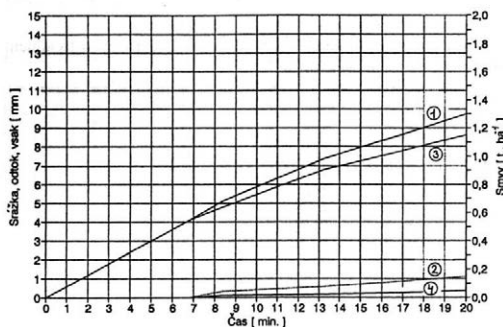
2. Smyv a odtok při tradičním výsevu kukuřice do zpracované půdy v Černíči (A/2) – Denudation and run-off in traditional maize seeding into cultivated soil at Černíč (A/2)



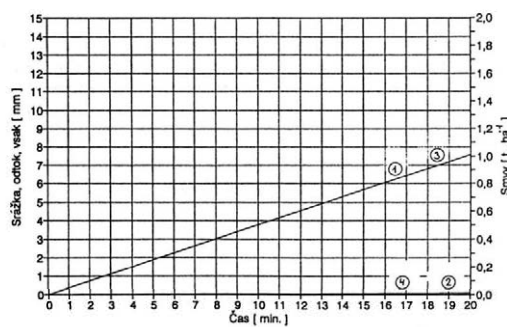
3. Smyv a odtok při výsevu kukuřice do zkyplených řádků ve strništi po ozimém žitu v Černíči (A/3) – Denudation and run-off in traditional maize seeding into loosened rows in stubble after winter rye at Černíč (A/3)



4. Smyv a odtok při výsevu kukuřice do zkyplených řádků ve strništi po ozimém žitu v Černíči (A/4) – Denudation and run-off in traditional maize seeding into loosened rows in stubble after winter rye at Černíč (A/4)



5. Smyv a odtok při tradičním výsevu kukuřice do zpracované půdy v Nakvasovicích (B/5) – Denudation and run-off in traditional maize seeding into cultivated soil at Nakvasovice (B/5)

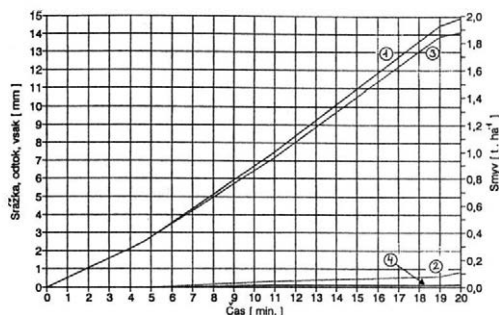


6. Smyv a odtok při výsevu kukuřice do zkyplených řádků vymrznuté hořčice v Nakvasovicích (B/6) – Denudation and run-off in maize seeding into loosened rows of frozen-out mustard at Nakvasovice (B/6)

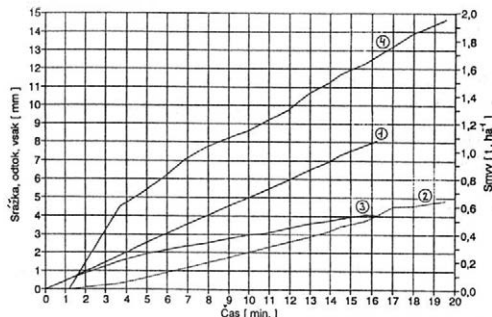
v různých lokalitách vyplynuly jako výhodné varianty přímého výsevu do strniště, a to i varianty do před výsevem nakypřeného strniště po předplodinách (vymrznutá hořčice, ozimá směska). Na lokalitě A (Černíč) se tento vliv projevil snížením smyvu na 1/4 až méně než 1/10, na lokalitě B (Nakvasovice) na ca 1/10 a v lokalitě C (Jenkov) na 1/2. Rovněž tak příznivě se projevil vliv variant ochranného obdělávání na snížení povrchového

vého odtoku. Na lokalitě A (Černíč) se snížení projevílo v rozsahu od 1/10 do 1/2, na lokalitě B (Nakvasovice) v rozsahu od 1/3 do 3/4 a v lokalitě C (Jenkov) na 60 až 80 %.

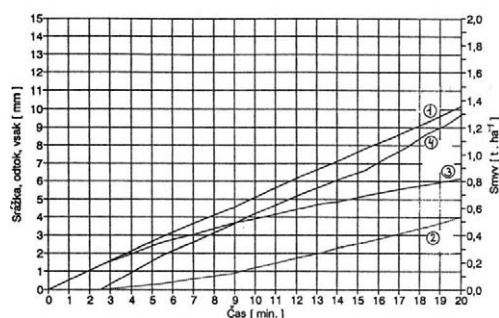
Je tedy zřejmé, že protierozní účinek variant výsevu do strniště je významný, i když je v důsledku půdní heterogenity a předcházejícího obsahu vody v půdě rozdílný.



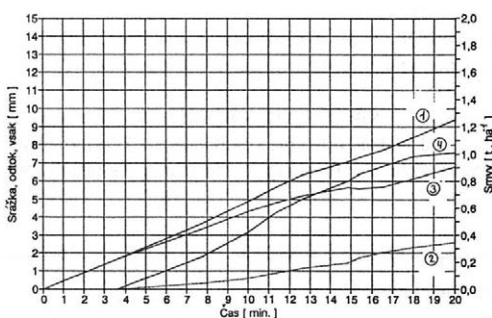
7. Smyv a odtok při výsevu kukuřice do zkyplených řádků vymrzuté hořčice v Nakvasovicích (B/7) – Denudation and run-off in maize seeding into loosened rows of frozen-out mustard at Nakvasovice (B/7)



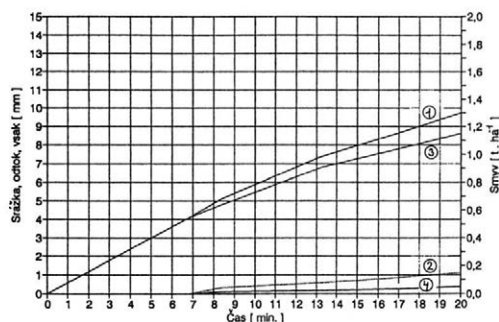
8. Smyv a odtok při tradičním výsevu kukuřice do zpracované půdy v Jeníkově (C/8) – Denudation and run-off in traditional maize seeding into cultivated soil at Jeníkov (C/8)



9. Smyv a odtok při přímém výsevu kukuřice do strniště ozimé směsky v Jeníkově (C/9) – Denudation and run-off in direct maize seeding into winter mixture stubble at Jeníkov (C/9)



10. Smyv a odtok při výsevu kukuřice do zkyplených řádků strniště ozimé směsky v Jeníkově (C/10) – Denudation and run-off in maize seeding into loosened rows of winter mixture stubble at Jeníkov (C/10)



11. Smyv a odtok při výsevu kukuřice do zkyplených řádků strniště ozimé směsky v Jeníkově (C/11) – Denudation and run-off in maize seeding into loosened rows of winter mixture stubble at Jeníkov (C/11)

Vysvětlivky k obr. 1 až 11 – Explanations to Figs 1 to 11:

- 1 – srážka – precipitation
- 2 – odtok – run-off
- 3 – vsak – infiltration
- 4 – smyv – denudation
- čas – time

ZÁVĚR

Simulovaný déšť má při výzkumu eroze mnohé výhody, spočívající především v rychlosti, účinnosti, ovladatelnosti a přizpůsobivosti. Umožňuje provádět měření na svažitých pozemcích a zjišťovat protierozní účinnost jednotlivých vybraných druhů porostů, resp. pěstovaných plodin a variant použitých agrotechnik zejména v období,

kdy je nedostatečně chráněna půda před erozí. Tímto způsobem podstatně roste výslednost výzkumu eroze oproti nutně dlouhodobému sledování (10 i více let) na stacionárních odtokových plochách, závislých na nahodilém a nepravidelném výskytu přirozených přívalových srážek. Nutnost rychlého ověřování nově se rodících technologií ochranného obdělávání půdy přímo vyžaduje použití metod simulovaných srážek.

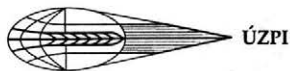
LITERATURA

- BENETIN, J.: Odvodňovanie. Bratislava, Príroda 1987. 574 s.
- BUBENZER, G. D.: Inventory of rainfall simulators. Proc. Rainfall simulator. Workshop USDA, ARM-W-10, 1979: 120–130.
- BUNZA, G. – DIESENHOFER, H. E. – KARL, J. – PORZELT, M. – RIEDL, J.: Der künstliche Starkniederschläge transportablen Beregnungsanlage nach Karl und Toldrian. DVWK Schr., 71, Hamburg, Berlin, Verlag Paul Parey 1985. 35 s.
- JANEČEK, M.: Přenosný simulátor deště – infiltrometr. Meliorace, 25, 1989 (1): 7–17.
- JANEČEK, M.: Vliv heterogenity půdního povrchu a pokryvu na povrchový odtok a smyv půdy za podmínek simulovaných příválových srážek. Věd. Práce VÚMOP Praha, 1991 (7): 41–54.
- KAMPHORST, A.: A small rainfall simulator for the determination of soil erodibility. Netherl. J. Agric. Sci., 35, 1987: 407–415.
- KARL, J. – PORZELT, M. – BUNZA, G.: Oberflächenabfluss und Bodenerosion bei künstlichen Starkniederschlägen. DVWK Schr., 71, Hamburg, Berlin, Verlag Paul Parey 1985: 37–102.
- KASPRZAK, K.: Infiltrace a povrchový odtok na holé půdě při dešti s konstantní intenzitou. Vodohosp. Čas., 37, 1989 (2): 137–153.
- MATULA, S. – DAMAŠKOVÁ, H.: Využití dešťového simulátoru pro polní testy infiltrace. Meliorace, 25, 1989 (1): 19–28.
- MILLER, W. P.: A selenoid-operated variable intensity rainfall simulator. Soil Sci. Amer. J., 51, 1987: 832–834.
- MOLLENHAUER, K. – MÜLLER, S. – WOHLRAB, B.: Oberflächenabfluss und Stoffabtrag von landwirtschaftlich genutzten Flächen-Untersuchungsergebnisse aus dem Einzugsgebiet einer Trinkwassertalsperre. DVWK Schr., 71, Hamburg, Berlin, Verlag Paul Parey 1985: 103–184.
- NIKOLOV, S. P.: Aparat za expedicionni počveno-erozionni proučvanija. Počvozn. i Agrochim. 4, 1971 (2): 117–119.
- SHELTON, C. H. – BERNUTH, R. D. VON – RAJBHANDARI, S. P.: A continuous-application rainfall simulator. Trans. Amer. Soc. Engng., 28, 1985 (4): 1115–1119.
- WILCOX, B. P. – WOOD, M. K. – TROMBLE, J. T. – WARD, T. J.: A hand-portable single nozzle rainfall simulator designed for use on steep slopes. J. Range Mgmt, 39, 1986 (4): 375–377.

Došlo 20. 4. 1995

Kontaktní adresa:

Doc. ing. Miloslav Janeček, DrSc., Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Žabovřeská 250, 156 27 Praha 5-Zbraslav, Česká republika, tel.: 02/59 12 05, fax: 02/59 12 08



ÚZPI

ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH INFORMACÍ

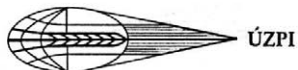
(Slezská 7, 120 56 Praha 2, fax: 25 70 90)

vydává v roce 1995 v edici

METODIKY PRO ZAVÁDĚNÍ VÝSLEDKŮ VÝZKUMU DO ZEMĚDĚLSKÉ PRAXE

tyto publikace:

1. Systém hubení plevelů v oblastech s narušenými plevelnými společenstvy (*Mikulka J. a kol.*)
2. Technologické postupy pro racionální pěstování jednotlivých užitkových směrů brambor (*Vokál B. a kol.*)
3. Metodika konverze podniku na ekologické zemědělství (*Petr J. a kol.*)
4. Metody použití kombinací herbicidů a hnojiv (*Mikulka J. a kol.*)
5. Hořčice (*Vašák J. a kol.*)
6. Cukrovka – úsporné technologie (*Šroller J. a kol.*)
7. Pěstování pohanky a prosa (*Petr J. a kol.*)
8. Výživa a hnojení zemědělských plodin (*Neuberg J. a kol.*)
9. Využití sonografie v reprodukci hospodářských zvířat (*Petelíková J. a kol.*)
10. Výživa dojníc v průběhu mezidobí z hlediska ekonomické efektivity výroby mléka (*Lossmann J. a kol.*)
11. Doporučené potřeby minerálních látek a jejich nové zdroje u skotu a ovcí (*Šimek M. a kol.*)
12. Alternativní využití progesteronového testu u hospodářských zvířat, zvláště u plemenic skotu (*Pöschl M. a kol.*)
13. Chov masných plemen skotu (*Golda J. a kol.*)
14. Jak vyrobit kvalitní mléko (*Kratochvíl L.*)
15. Technika v postupech ochranného zpracování půdy k širokořádkovým plodinám (*Hůla J. a kol.*)
16. Malotonážní zpracování řepky olejné (*Jevič P. a kol.*)
17. Optimalizace parametrů palivové soustavy motoru při použití metylesteru řepkového oleje jako paliva (*Křepelka V. a kol.*)
18. Stanovení a ekonomické hodnocení nákladů na mechanizované práce v zemědělství (*Abrhám Z. a kol.*)
19. Snižování spotřeby energie ve sklenících (*Šrámek F.*)
20. Přirozená obnova lesa (*Vacek S. a kol.*)
21. Podsadby lesních porostů (*Vacek S. a kol.*)
22. Finanční řízení zemědělských podnikatelských subjektů (*Novák J. a kol.*)



ÚZPI

ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH INFORMACÍ

(Slezská 7, 120 56 Praha 2, fax: 25 70 90)

vydává v roce 1995 v edici **STUDIJNÍ INFORMACE** tyto publikace:

Řada **ROSTLINNÁ VÝROBA**

Ekonomika pěstování hlavních plodin podle ekologických zásad (*Komberec S.*)
Synantropní zavíječi – významní škůdci v zemědělství a potravinářství (*Šifner F.*)
Vliv agrotechniky na obsah dusičnanů v zelenině (*Prugar J. – Hadačová V.*)
Nové poznatky o pěstování sadbových brambor (*Břečka J. – Vokál B.*)
Formulace pesticidů – přehled a trendy (*Okrouhlá M.*)

Řada **ŽIVOČIŠNÁ VÝROBA**

Kulhavost skotu (*Schneiderová P.*)
Chov pštrosů jako nové odvětví drůbežnictví (*Snížek J.*)
Krmivářské suroviny (*Splítek M.*)
Výkrm skotu do nižší hmotnosti (*Krása A.*)
Problematika odchovu telat (*Motyčka J.*)

Řada **ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA A STAVBY**

Optimální stájové a chovné prostředí pro skot (*Doležal O.*)
Hodnocení staveb z hlediska OŽP v EU a v České republice (*Konopásek V.*)
Technologie přípravy paliva z biomasy (*Sladký V. a kol.*)

POKYNY PRO AUTORY

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

OBSAH – CONTENTS

Kvítek T.: Využití geograficko-informačního systému při delimitaci kultur a řešení pásem hygienické ochrany povrchových vodních zdrojů – The use of geographic information system in delimitation of cultures and solution of zones of hygienic protection of surface water resources.....	441
Zavadil J.: Depozice xenobiotických látek závlahou vodou Labe – Deposition of xenobiotic substances by irrigation water from the Labe river.....	447
Fídl J.: Teplotní charakteristiky a Bowenův poměr v porostech brambor při různých vláhových režimech – Temperature characteristics and Bowen ratio in potato stands at various irrigation regimes	451
Vácha R., Podlešáková E., Němeček J.: Využití drceného hadce jako alternativního hnojiva – The use of crushed serpentine alternative fertilizer	459
Havelka F.: Ekologické aspekty využití rašelinistních půd – změny mikroklimatu a půdního prostředí – Ecological aspects of the use of peatland soils – changes of microclimate and soil medium.....	463
Koheľ J.: Kontaminace antropických půd rizikovými prvky v oblasti severočeské podkrušnohorské pánve – Contamination of anthropic soils with hazardous elements in the North Bohemian Brown-coal Mining Region	471
Čermák P., Kuráž V.: Protierozní stabilizace výsypkových zemin pomocí organických substrátů – Stabilization of dump earths against erosion using organic substrates.....	475
Toman F., Rožnovský J.: Trend výskytu vyšších srážkových úhrnů z hlediska jejich erozní účinnosti – The trend of occurrence of greater sums of precipitation in view of their erosion effectiveness	481

INFORMACE – STUDIE – SDĚLENÍ – INFORMATION – STUDIES – REPORTS

Janeček J., Tippl M., Bohuslávka J.: Využití polního simulátoru deště při sledování půdoochranné účinnosti variant pěstování kukuřice – The use of field rain simulator in monitoring the soil conservation effectiveness of treatments of maize cultivation	485
--	-----