

Methodology of splash erosion measurement in the field conditions

J. ANTAL⁽¹⁾ and P. ŠURDA⁽²⁾

¹⁾ Department of Biometeorology and Hydrology, Slovak University of Agriculture, Hospodárska 7,
949 76 Nitra, Slovak Republic (e-mail: Jaroslav.Antal@uniag.sk)

⁽²⁾ (e-mail: superpet@post.sk)

Abstract According to Hudson (1973) and Morgan (1995) detachment and transport of soil particles ensuing from the impact of raindrops, or splash for short, as an important first step in the chain of processes leading to loss of soil and subsequent sediment transport. According to Hudson (1973) the kinetic energy of falling raindrops is cca 260 times bigger than the kinetic energy of the surface runoff. Although that the raindrops are able to transport the great volume of soil particles, the principal effect of raindrops is to detach soil. The result of this process is that the soil particles are more movable and predisposed to their transport by surface runoff. Despite of the previous mentioned facts, the measurement of raindrop erosion is very rare in the conditions of Slovak Republic.

Soil detachment and transport by rainsplash can be measured using a variety of approaches, including splash cups, trays, and boards. In this study, the raindrop (splash) erosion in the field conditions was measured through the use of modified splash boards facing up and down the predominant slope direction. The study was carried out on two experimental sites of Slovak University of Agriculture, which were typically maintained. The experimental crops were Common Sunflower (*Helianthus annuus*) and Sugar Beet (*Beta vulgaris*, subsp. *esculenta*).

The amount of splashed soil was at all events higher in downslope direction. Lower values of splash transport have been measured also at all events under Sugar beet, which means that the crop cover of short growing plants reduce the amount of soil splashed by raindrop erosion. Presented methodology seems to be suitable for making direct observation of splash erosion process.

Key words: splash erosion, detachment, splash traps, field experiments

Úvod

Zachar (1970) pod eróziou pôdy rozumie mechanické rozrušovanie pôdy pohybujúcou sa vodou, vetrom, ale aj inými deštruktívnymi činiteľmi (ľad, sneh, príp. iné). Pri tomto rozrušovaní dochádza pravidelne k odnosu, doprave uvoľnených častíc pôdy a k ich usadzovaniu.

Podľa Morgana (1995) pôdna erózia predstavuje dvojfázový proces, pozostávajúci z oddeľovania jednotlivých pôdnych častíc z pôdnej matrice a ich následný transport eróznymi činiteľmi ako sú tečúca voda alebo vietor. V prípade ak už nie je k dispozícii energia potrebná pre transport pôdnych častíc, nastáva tretia fáza – usadzovanie alebo akumulácia pôdnych častíc.

Proces vodnej erózie sa dá podľa Antala (2003) rozdeliť do niekoľkých štádií. Pri vodnej erózii vyvolanej kvapalnými zrážkami – dažďom, sú to tieto štádia:

1. Štádium dopadu dažďových kvapiek na povrch pôdy.
2. Štádium vyšplachovania pôdnych častíc (často spojené s deštrukciou pôdnych agregátov).
3. Štádium následného odnosu (transportu) uvoľnených pôdnych častíc povrchovým odtokom zrážkovej vody.
4. Ďalším štádiom, ktoré môže, ale ktoré aj nemusí na záujmovom území nastať, je štádium usadzovania a akumulácie transportovaných pôdnych častíc. Vzhľadom na to sa môže, ale aj nemusí, pokladať za jedno zo štádií vodnej erózie.

Dažďová erózia je v našich podmienkach plošne najrozšírenejšia forma vodnej erózie a často sa stotožňuje s vodnou eróziou. Vodná erózia pozostáva niekoľkých fáz (Fulajtár, Janský 2001):

1. kvapková erózia spôsobená kinetickou energiou padajúcich kvapiek;
2. odtoková (ronová) erózia je spôsobená povrchovo odtekajúcou vodou, ktorá nestačí vsakovať do zeme. Môžeme ju rozdeliť na:
 - plošnú eróziu spôsobenú zrážkovou vodou odtekajúcou po celom povrchu svahu;
 - líniovú eróziu vzniknutú sústredením odtekajúcej vody do línii, sústredený odtok vymýva jarky a podľa ich veľkosti rozlišujeme ryhovú eróziu, pri ktorej možno vytvorené jarky zahrnúť pluhom, takže sú iba sezónnou formou a výmoľovú, vytvárajúcej trvalé jarky;
 - stržovú eróziu vzniknutú na svahoch husto rozčlenených výmoľmi, pričom sa celý svah zmení na rozbrázdnené zdevastované územie.

Kvapková erózia

Prvým a veľmi dôležitým krokom v reťazci procesov, vedúcom k transportu sedimentov a následnej strate pôdy je oddeľovanie a transport pôdnych častíc dopadom a nárazom dažďových kvapiek. Dopadajúce dažďové kvapky sú schopné rozpojiť oveľa väčšie množstvo pôdnych častíc ako nekoncentrovaný povrchový odtok. Následne môžu byť

rozpojené pôdne častice zachytené a odnesené odtekajúcou vodou (Hudson, 1973).

Účinky dopadu dažďových kvapiek na pôdne častice sú vyjadrením pôsobenia kinetickej energie kvapiek dopadajúcich na zemský povrch. Prvý komponent hybnosti dažďovej kvapky, ktorý pôsobí smerom dolu svahom, sa preniesie v plnej miere na povrch pôdy, ale prenos kinetickej energie na pôdne častice má dva efekty. V prvom rade má scelovací účinok, t.j. zhutňuje pôdu, súčasne pôsobí aj rozrušujúca sila a to v momente, keď sa voda prudko rozstrekuje a navracia sa smerom opačným ako je smer dopadu, formou postranných lúčov (prúdov) vody. Momentálne rýchlosti v týchto prúdoch dosahujú skoro dvojnásobok rýchlosti dopadu dažďovej kvapky a sú dostatočne veľké na to, aby udelili adekvátne zrýchlenie vybraným pôdnym časticiam. Tieto častice sú vymrštené do vzduchu a prenášané drobnými vodnými kvapôčkami, ktoré vznikajú roztrieštením dažďovej kvapky pri kontakte so zemským povrchom. Teda dažďové kvapky spôsobujú rovnako zhutňovanie ako aj trieštenie pôdných častíc (Morgan, 1995).

Doterajšie štúdie zamerané na to, koľko kinetickej energie je potrebné na oddelenie jedného kg sedimentu pôsobením dopadu dažďových kvapiek dokázali, že minimálne množstvo energie je potrebné pre uvoľnenie častíc s veľkosťou cca 125 μm . Častice s veľkosťou v rozmedzí od 63 do 250 μm sú najviac náchylné na odlučovanie z pôdných agregátov (Poesen, 1985 in Morgan, 1995). Hrubšie častice sú odolnejšie z hľadiska rozpájania pôdných štruktúr v dôsledku ich hmotnosti a rezistencia ílových častíc je spôsobená tým, že kinetická energia dažďových kvapiek musí prekonávať adhézne, či chemické väzby, ktoré spájajú minerály, obsahujúce ílové častice. Predpokladom teda je, že pôdy, ktoré obsahujú vysoké percento častíc v kritickom rozmedzí veľkostí, sú najviac náchylné na rozpájanie ich pôdnej štruktúry (napr. hlinité, jemné piesočnaté a piesočnato – hlinité pôdy). Selektívne odlučovanie a odnos pôdných častíc dopadom dažďových kvapiek môže spôsobiť zmeny v zložení pôdy v smere sklonu svahu.

Keďže kvapkovaná erózia pôdy sa vyskytuje v krajine relatívne rovnomerne, jej dôsledky sú viditeľné len na miestach, kde je povrch pôdy len selektívne chránený. Na týchto miestach sa vytvoria rôzne erózne útvary, ktoré indikujú závažnosť erózie.

Najzávažnejšou funkciou kvapkovej erózie pôdy je oddeľovanie pôdných častíc, ktoré sú následne odnášané povrchovým odtokom, t.j. podieľa sa na zvyšovaní množstva sedimentov v povrchovom odtoku, ktorý je hlavným činiteľom transportu sedimentov. Avšak na vrchných častiach svahov, najmä tých, ktoré majú konvexný tvar, môže byť erózia pôdy rozstrekováním dominantným eróznym procesom. Poznanie zákonitostí procesu vodnej erózie rozstrekováním je predpokladom pre možnosť jej redukcie a tým aj redukcie množstva sedimentov transportovaných povrchovým odtokom.

Podľa Kinnella (2005) je erózia proces, ktorý zahŕňa

rozpájanie pôdneho materiálu na povrchu pôdnej matrice a následný transport oddeleného pôdneho materiálu z miesta kde došlo k procesu rozpojenia. Ak by nenastal proces rozpájania pôdných častíc nikdy nenastane ani erózia pôdy. Erózia pôdy vyvolaná dopadom dažďových kvapiek, v súvislosti s cieľom tejto práce, nastane vtedy ak dôjde k rozpojeniu pôdných častíc účinkom kinetickej energie dažďových kvapiek. Táto forma erózie je hlavnou zložkou plošnej a medziryhovej erózie. Navyše, môže byť aj príčinou významného prenosu (transportu) sedimentov na pôdach s výrazným sklonom svahu. Pre kvantifikáciu množstva kvapkovou eróziou rozpájaných a transportovaných pôdných častíc, bolo vyvinutých množstvo meracích techník.

Pre spoločné meranie kvapkovej, plošnej a ryhovej erózie sa používajú pokusné plôšky (parcely) na meranie erózneho zmyvu a Gerlachove žľaby. Pokusy určiť podiely týchto foriem erózie na súhrnnom procese boli založené na samostatnom meraní jednotlivých foriem erózie. Sreenivas et al. (1947) ako prvý použil na zachytávanie rozstrekováných pôdných častíc valcové nádoby (poháre) a lieviky, vsadené v pôde. Intenzita rozpájania pôdy bola vyjadrená podielom hmotnosti zachyteného materiálu a plochy povrchu nádoby (s polomerom R, v m). Táto metóda bola použitá neskôr v mnohých nasledujúcich štúdiách.

Kvapková erózia sa meria v poľných podmienkach pomocou tzv. štítov, panelov (Ellison, 1944) alebo malých fliaš, či lievikov (Bolline, 1978). Tieto sú zasadené do pôdy, pričom ich horný okraj prečnieva 1 až 2 mm nad povrchom pôdy, čím sa eliminuje prístup povrchového odtoku. Zachytený rozstreknutý pôdny materiál je odoberaný a vážený. Alternatívou tohto prístupu je tzv. akumulčná nádoba (Morgan, 1981), používaná v poľných podmienkach. Toto zariadenie pozostáva z dvoch koncentrických valcovitých nádob. Stredový vnútorný valec obsahuje blok pôdy. Vonkajší koncentrický valec slúži na zachytávanie rozstreknutého pôdneho materiálu. Kvantifikácia zachyteného materiálu, meraného na jednotku plochy, závisí od priemeru lievikov alebo misiek.

Pri poľných experimentoch sa často používajú tzv. kvapkomerné štíty, tabule (Ellison, 1944), alebo panely. V tomto prípade množstvo zachyteného materiálu je vyjadrené buď na jednotku plochy zásobníka alebo jednotku dĺžky. Výsledné hodnoty merania nie je možné úplne presne vyjadriť ako intenzitu rozpájania, pretože to aké množstvo sedimentov skončí kolektoroch závisí na rozdelení veľkostí trajektórií rozstreknutých pôdných častíc.

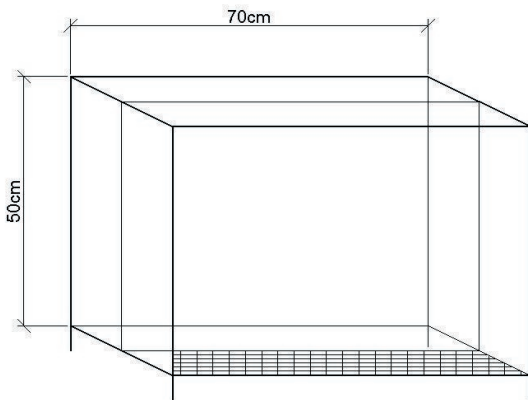
Materiál a metódy

Modifikované erodomerné zariadenie

Pri meraní kvapkovej erózie v poľných podmienkach bola použitá modifikácia erodomerného zariadenia, ktoré používal pri svojom výskume Mati (1994). Používané erodomerné zariadenie je skrinka s otvorenou prednou a zadnou stenou. Zariadenie je vyrobené z drevených

dosiek, štyroch kovových tyčí a drôteného pletiva. Skrinka má dĺžku 70 cm, šírku 40 cm a výšku 50 cm. Štyri kovové tyče na spodnej strane zariadenia sú zasadené v zemi.

Spodná časť skrinky, umiestnená 10 mm nad povrchom pôdy, je tvorená jemným drôteným pletivom, ktoré zabezpečuje voľný odtok vody. Nad pletivom je uchytený malými špendlíkmi vopred navážený filtračný papier. Počas dažďa sa filtračný papier zachytávajú pôdne častice, ktoré sú uvoľňované a prenášané dažďovými kvapkami. Zjednodušený náčrt použitého zariadenia je na Obr. 1.1.



Obr. 1.1 Erodometerné zariadenie (zjednodušený náčrt a umiestnenie v teréne)

Štyri kovové tyče na spodnej strane zariadenia sú zasadené v zemi. Spodná časť skrinky, umiestnená 10 mm nad povrchom pôdy, je tvorená jemným drôteným pletivom, ktoré zabezpečuje voľný odtok vody. Nad pletivom je uchytený malými špendlíkmi vopred navážený filtračný papier. Počas dažďa sa filtračný papier zachytávajú pôdne častice, ktoré sú uvoľňované a prenášané dažďovými kvapkami. Keďže spodná časť zariadenia je tvorená drôteným pletivom, voda postupne odteká a na filtračnom papieri zostávajú iba zachytené uvoľnené pôdne častice. Zariadenie bolo umiestnené otvorenými stranami kolmo na smer sklonu svahu, čím sa zabezpečilo súčasné meranie v smere klesania aj v smere stúpania sklonu svahu.

Organizácia experimentu

Všetky experimentálne práce boli realizované na pôdnom celku č. 26 s miestnym názvom „Nad rybníkom“. Pôdny celok bol rozdelený na dva hony. Na prvom hone bola počas sledovaného obdobia pestovaná repa cukrová, na druhom to bola slnečnica ročná. Na každom hone bolo umiestnené jedno erodometerné zariadenie. Bolo vykonaných 5 sérií experimentov. Časová schéma experimentov je uvedená v Tab. 1.1.

Tab. 1.1 Časová schéma experimentu

Číslo série	I.	II.	III.	IV.	V.
Doba trvania	2.6. - 20.6. 2006	21.6. - 5.7. 2006	6.7. - 25.7. 2006	26.7. - 17.8. 2006	18.8. - 31.8. 2006

Pred umiestnením každého filtračného papiera bola zistená a zaznamenaná jeho hmotnosť. Na konci každej série (sledovaného obdobia) bol filtračný papier odobratý aj so zachytenými pôdnymi časticami. Po vysušení boli filtračné papiere odvážené.

Intenzita kvapkovej erózie v smere stúpania i klesania sklonu svahu bola vyjadrená v g.m⁻¹, t.j. množstvo pôdných častíc vyjadrené v jednotkách hmotnosti na jednotkovú dĺžku okraja zariadenia cez ktorý sú prenášané vodnými kvapkami. Intenzita kvapkovej erózie bola vypočítaná ako podiel nameranej hmotnosti uvoľnených pôdných častíc (v g) a projektovanej dĺžky príslušnej strany erodometerného zariadenia, pričom sa nezohľadňovala veľkosť plochy z ktorej prenášané pôdne častice pochádzali, t.j. výsledky tohto experimentu sú vyjadrené ako hmotnosť prenášanej pôdy v g cez okraj merného zariadenia dlhý 70 cm.

Údaje o zrážkovej činnosti (zrážkové úhrny v mm) v záujmovom území boli merané v päťminútových intervaloch automatickým zrážkomerom Katedry biometeorológie a hydrológie, umiestneným v areáli Vysokoškolského poľnohospodárskeho podniku v Kolíňanoch.

Výsledky

Počas sledovaného obdobia spadlo v lokalite Kolíňany celkovo 172 mm zrážok. Najväčší zrážkový úhrn počas sledovaného obdobia sa v záujmovom území vyskytol v mesiaci august. Počas augusta spadlo 95,60 mm, počas júna 55,80 mm. Najmenej zrážok spadlo v júli (20,60 mm). Najväčší zrážkový úhrn (26,2 mm) počas sledovaného obdobia v záujmovom území dosiahol dážď zo dňa 3.8. 2006. Celkovo sa v záujmovom území počas sledovaného obdobia vyskytlo 31 zrážkových udalostí. Počas júna sa vyskytlo celkovo 8 zrážok, v júli rovnako 8 a v auguste 15 zrážok.

Erodometerné zariadenia boli umiestnené na dvoch plochách. Na prvej bola pestovaná slnečnica ročná, na druhej repa cukrová. Meranie kvapkovej erózie prebiehalo súčasne v smere stúpania aj v smere klesania sklonu svahu. Meranie

bolo rozdelené do piatich časových úsekov – piatich sérií pozorovaní. Namerané hodnoty kvapkovej erózie ako aj merané dažďové charakteristiky pre každú sériu pozorovaní sú uvedené v Tab. 1.2 (pre porast slnečnice ročnej) a v Tab. 1.3 (pre porast repy cukrovej)

Tab. 1.2 Miera kvapkovej erózie v poraste slnečnice ročnej

Séria	Sk		Hz [mm]	max. id [mm.h ⁻¹]
	Skk [g.m ⁻¹]	Sks [g.m ⁻¹]		
1.	4,07	2,64	13,2	3,23
2.	66,03	51,21	47,2	36,96
3.	11,67	6,97	5,8	19,20
4.	27,44	16,46	73,6	11,60
5.	14,69	13,1	32,2	29,20

Sk- miera kvapkovej erózie, Skk- miera kvapkovej erózie v smere klesania svahu, Sks- miera kvapkovej erózie v smere stúpania svahu, Hz-zrážkový úhrn, max. id-max. intenzita dažďa

Tab. 1.3 Miera kvapkovej erózie v poraste repy cukrovej

Séria	Sk		Hz [mm]	max. id [mm.h ⁻¹]
	Skk [g.m ⁻¹]	Sks [g.m ⁻¹]		
1.	2,61	1,44	13,2	3,23
2.	20,01	5,43	47,2	36,96
3.	10,64	4,77	5,8	19,20
4.	17,29	5,16	73,6	11,60
5.	14,53	4,49	32,2	29,20

(Sk- miera kvapkovej erózie, Skk- miera kvapkovej erózie v smere klesania svahu, Sks- miera kvapkovej erózie v smere stúpania svahu, Hz-zrážkový úhrn, max. id-max. intenzita dažďa

Po porovnaní výsledkov sme zistili, že najväčšia hodnota kvapkovej erózie (66,03 g.m⁻¹) sa vyskytla počas druhej série meraní, t.j. v termíne od 21.6. do 5.7.2006, najnižšie hodnoty (1,44 g.m⁻¹) boli namerané počas prvej série meraní v termíne od 2.6. do 20.6.2006.

Vplyv vegetačného krytu na hodnoty kvapkovej erózie

Pri všetkých meraniach bola kvapková erózia nižšia v poraste repy cukrovej, a to aj v smere stúpania aj v smere klesania sklonu svahu. Konkrétne, hodnoty kvapkovej erózie v poraste repy cukrovej merané v smere klesania sklonu počas sledovaného obdobia boli 1,1 až 3,3-krát menšie ako v poraste slnečnice ročnej. V smere stúpania sklonu boli 1,5 až 9,4-krát menšie.

Vplyv sklonu svahu na hodnoty kvapkovej erózie

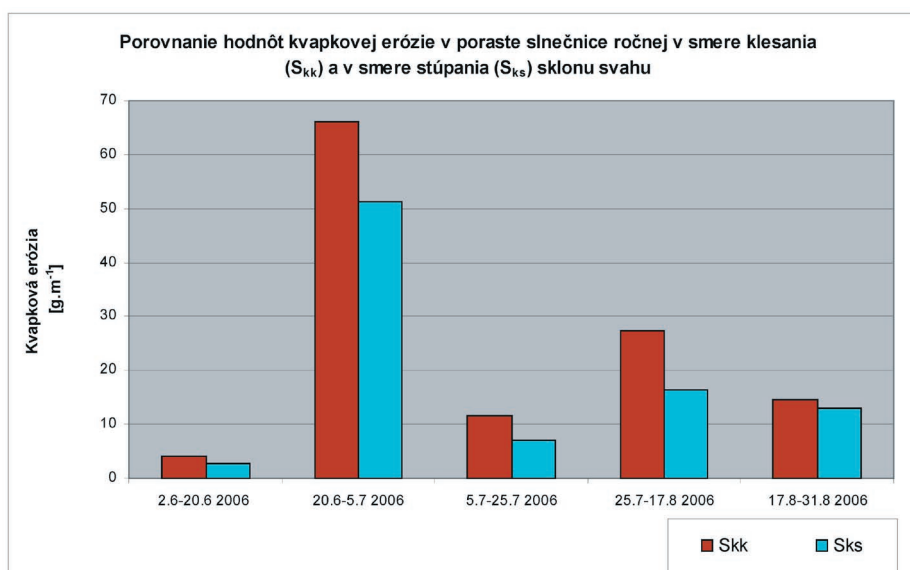
Počas celého sledovaného obdobia dosahovala vyššie hodnoty kvapková erózia, meraná v smere klesania svahu.

V poraste slnečnice ročnej dosahovala kvapková erózia v smere klesania sklonu 1,1 až 1,7-krát väčšie hodnoty ako v smere stúpania svahu (Graf 1.1). V poraste repy cukrovej mala kvapková erózia v smere klesania sklonu 1,8 až 3,7-krát väčšie hodnoty ako v smere stúpania svahu.

Záver

Celkovo sa v záujmovom území, v lokalite Kolíňany počas sledovaného obdobia vyskytlo 31 zrážkových udalostí, ktorých celkový zrážkový úhrn predstavoval 172 mm.

Po porovnaní výsledkov sme zistili, že najväčšia hodnota kvapkovej erózie (66,03 g.m⁻¹) sa vyskytla počas druhej série meraní, t.j. v termíne od 21.6. do 5.7.2006, najnižšie hodnoty (1,44 g.m⁻¹) boli namerané počas prvej série meraní v termíne od 2.6. do 20.6.2006.



Graf 1.1 Porovnanie hodnôt kvapkovej erózie v poraste slnečnice ročnej v smere klesania (Skk) a v smere stúpania (Sks) sklonu svahu

Pri všetkých meraniach boli hodnoty kvapkovej erózie nižšie v poraste repy cukrovej, a to aj v smere stúpania aj v smere klesania sklonu svahu. Dôvodom nižších hodnôt kvapkovej erózie v poraste repy cukrovej je pravdepodobne skutočnosť, že táto plodina vytvára vegetačný kryt tesne nad povrchom pôdy, čím eliminuje veľkou mierou účinok kinetickej energie dopadajúcich dažďových kvapiek.

Počas celého sledovaného obdobia dosahovala vyššie hodnoty kvapková erózia, meraná v smere klesania svahu. Dôvodom je pravdepodobne skutočnosť, že pôdne častice sú transportované v smere klesania sklonu svahu na dlhšie vzdialenosti ako v smere stúpania sklonu. To znamená, že plocha z ktorej pochádzajú zachytené pôdne častice, transportované dolu svahom je väčšia (t.j. je väčšie aj množstvo prenášaných pôdnych častíc).

Experiment potvrdil možnosť aplikácie modifikovaných erodometrých zariadení v poľných podmienkach. Podľa Morgana (1995) je kvapková erózia hlavným faktorom (t.j. podmieňuje vznik) plošnej (sheet) a medzistružkovej (interrill) erózie, keďže nesústreďený povrchový odtok nedosahuje v poľných podmienkach také rýchlosti, aby bol schopný oddeliť pôdne častice z povrchu pôdy, čiže transportuje len častice uvoľnené kvapkovou eróziou. Schopnosť rozpájania pôdnych častíc sa prejavuje až pri pokročilejších štádiách erózneho procesu, keď sa povrchový odtok sústreďuje, nadobúda vyššie rýchlosti a vyrýva do pôdneho profilu rôzne hlboké zárezy. Z toho vyplýva, že najúčinnější opatrenia proti plošnej a medzistružkovej erózii sa musia zakladať na minimalizovaní kvapkovej erózie, t.j. eliminovaní kinetickej energie dopadajúcich kvapiek na povrch pôdy. Takýto efekt majú biologické protierozne opatrenia (t.j. opatrenia, využívajúce vegetačný kryt plodín) alebo protierozne opatrenia, využívajúce rôzne pôdne stabilizátory (sádra, polyakrylamid, polysacharidy). Použitá metóda preto môže byť použitá pri kvantifikácii účinnosti týchto opatrení pri eliminácii kvapkovej erózie v konkrétnych poľných podmienkach.

Podakovanie

Príspevok vznikol za podpory grantových projektov VEGA 1/3458/06, VEGA 2/6018/6 a VEGA 1/4427/07.

Literatúra

Antal, J. 1980. Ochrana a rekultivácia pôdy. Návody na cvičenia. Bratislava: Príroda. 1980, 101 s.

Antal, J. 1989. Ochrana pôdy a lesotechnické meliorácie. 2. vyd. Bratislava: Príroda. 1989, 208 s. ISBN 80-07-00161-1.

Antal, J. 2005. Protierozna ochrana pôdy. 1.vyd. Nitra: Vydavateľstvo SPU. 2005, 79 s. ISBN 80-8069-572-5

Antal, J., Fidler, J. a i. 1989. Poľnohospodárske meliorácie. Bratislava: Príroda. 1989, 472 s. ISBN 80-07-00011-9.

ATLAS KRAJINY SR. 2002. Bratislava: MŽP SR. 2002, 342 s. ISBN 80-88833-27-2.

Bolline, A. 1978. Study of the importance of splash and wash on cultivated loamy soils of Hesbaye. *Earth Surface Processes* 3: 71 – 84.

Činčura, J. a i. 1983. Encyklopédia Zeme. Bratislava: Obzor, 1983. 720 s.

Čurlík, J. – Šefčík, P. 1999. Geochemický atlas Slovenskej republiky. VÚPÚ. Bratislava: 1999. 100s.

Chlpík, J.; Pospíšil, R., 2004. Spatial characteristic of mechanical and chemical soil properties on experimental base of Slovak agricultural University in Nitra, Kolinany. (in slovak) In: *Acta fytotechnica at zootechnica*, 7, 1, 2004. ISSN 1335-258-X.

Ellison, W. D. 1944. Studies of raindrop erosion. *Agric. Eng.* 25:131–136, 181–182.

Fulajtár, E. 2002. Stanovenie intenzity erózie na poľnohospodárskych pôdach Slovenska pomocou deluometrických meraní a metód 137 Cs : doktorandská dizertačná práca. Bratislava : VÚPÚ, 2002. 121 s.

Fulajtár, E. – Janský, L. 2001. Vodná erózia pôdy a protierozna ochrana. Bratislava : Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, 2001. 308 s.

Holý, M. 1978. Protierozná ochrana. Praha : STNL, 1978. 58 s.

Hudson, N. 1973. Soil conservation. 2. vyd. Ithaca : Cornell university press. 1973, 320 s. ISBN 0-8014-0654-4.

Jambor, P. – Ilavská, B. 1998. Metodika protierozného obrábania pôdy. Bratislava : MPSR – VÚPÚ Bratislava, 1998. 70 s.

Janeček, M. 1992. Ochrana zemědělské půdy před erozí. Praha : Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, 1992. 110 s.

Janský, L. 1993. Experimentálna štúdia povrchového odtoku a erózneho zmyvu na svahu nekrytom vegetáciou. In: *Vodohospodársky časopis*, roč. 41, 1993, č. 1, s.51-67.

Kinnell, P. I. A. 2005. Raindrop impact induced erosion processes and prediction. *Hydrological processes* 19, 2815 – 2844. Available on internet: <http://members.ozemail.com.au/~pkinnell/RIIEPP.pdf>

Kurpelová, M. a i. 1975. Agroklimatické podmienky ČSSR : mapová príloha. Bratislava : Príroda. 1975.

Mati, B. M. 1994. Splash transport of soil on a slope under various crop covers. *Agricultural Water Management* 26: 59 – 66. 1994, roč. 26, č. 1-2, s. 59-66.

Morgan, R. P. C. 1995. Soil erosion and conservation. 2. vyd. New York : John Wiley and sons. 1995, 198 s. ISBN 0-470-23514-4.

Sreenivas, L. 1947. Some relationships of vegetation and soil detachment in the erosion process. *Soil Sci. Soc. Am.*

Proc. 12:471–474.

Šurda, P – Antal, J. 2006. Determination of the rainfall erosivity through the use of rainfall characteristics. In: Bioclimatology and water in the land: bioklimatologické pracovné dni 2006. 1. vyd. Elektronický konferenčný zborník. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2006. ISBN 80-89186-12-2. Nestr. 1 elektronický optický disk (CD-ROM).

Šurda, P – Antal, J. 2006. Measurement of Splash Erosion in the Field Conditions In: Proceeding of the 30th conference of agricultural students with international participation, Novi Sad: 20.november 2006. ISBN 86-7520-099-4. s. 90 - 94.

Wischmeier, W. H. – Smith, D. D. 1965. Predicting rainfall – Erosion losses from cropland east of the Rocky mountains : agricultural handbook. No. 282, Washington D. C.

Wischmeier, W. H. – Smith, D. D. 1978. Predicting rainfall erosion losses. Maryland : SEA USDA Hystaville, 58 s.

Zachar, D. 1970. Erózia pôdy. 2.vyd. Bratislava : SAV. 1970, 528 s.

Zachar, D. 1984. Lesnícke meliorácie. Bratislava : Príroda. 1984, 488 s.