

## Szabadföldi talajeróziós kísérletek Tokaj-Hegyalján

KERÉNYI ATTILA

Kossuth Lajos Tudományegyetem, Debrecen

### Előzmények

Szabadföldi kísérleteim előzményeként laboratóriumban, mesterséges esőztető készülék felhasználásával vizsgáltam a csepperózió folyamatát [2, 3, 4]. A laboratóriumi kísérletek egyértelműen bizonyították az esőcseppek energiájának nagy szerepét az eróziós folyamatban. Kimutattam a *küszöbenergia* létezését [3]. Ezen azt a legkisebb cseppenergiát értem, amelynél az adott talajtípus felületéről a cseppek becsapódásának hatására a talajszemcsék *röppályán* elmozdulnak. Ha az esőcseppek energiája a küszöbenergia alatt van, nincs röppályás anyagmozgatás.

A laboratóriumi kísérletek alapján azt is állíthatjuk, hogy a felszínen áramló víz sokkal több talajt szállít, ha az esőcseppek nagy energiával ütköznek a talajfelszínhez, mint ugyanolyan csapadékmennyiség és -intenzitás esetén kis cseppenergiával [4]. Kérdés azonban, hogy az „ideális” körülmények között, laboratóriumban végzett mérések mennyire pontosan tükrözik a valóságos viszonyokat. E kérdés megválaszolására szabadföldi kísérleteket folytattam Tokaj-Hegyalján.

### Módszer

Károlyfalva község területén — évszázadok óta művelt mullranker talajon — kísérleti parcellákat rendeztem be, amelyek alkalmasak voltak a röppályán mozgó talajszemcsék felfogására, valamint a felszínen lefolyó víz térfogatának és a benne szállított talaj tömegének mérésére. A talaj vizsgálati adatait az 1. táblázatban mutatom be. A kedvező humusztartalom a rendszeres istállótrágyázással magyarázható. A déli kiettségű lejtőt, amelyen a kísérleteket végeztem, mesterségesen alakítottam 17%-osra, és a talajt taposással tömörítettem. Erre azért volt szükség, hogy már az első mérések is „ülepedett” talajállapotban történjenek, s így az esők talajtömörítő hatása ne okozzon további lényeges változást a talaj fizikai tulajdonságaiban, az egymásutáni mérések eredményei összehasonlíthatók legyenek. (QUINN és munkatársai [7] vizsgálatokkal bizonyították, hogy 10—20°-os lejtőn 50 lépés taposás

## 1. táblázat

A károlyfalvi kísérleti parcellák mullranker talajának  
laboratóriumi vizsgálati adatai

(1) Talajszint	(2) Mélység, cm	(3) Humusz, %	pH		y <sub>1</sub>	y <sub>2</sub>	CaCO <sub>3</sub> , %
			H <sub>2</sub> O	KCl			
A	0–35	3,45	6,5	6,0	7,8	0,5	0
AC	35–50	1,00	6,2	5,3	8,4	0,2	0
C	50–	0,36	5,9	3,9	21,7	0,9	0

(1) Talajszint	(4) Kicserélhető kationok, S%				(5) S	(6) T	(7) V%
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	me/100 g		
A	70,60	14,87	13,19	1,34	14,85	18,52	80,2
AC	64,18	13,66	18,13	4,03	7,53	10,58	71,2
C	57,63	20,47	19,01	2,89	27,23	42,88	63,5

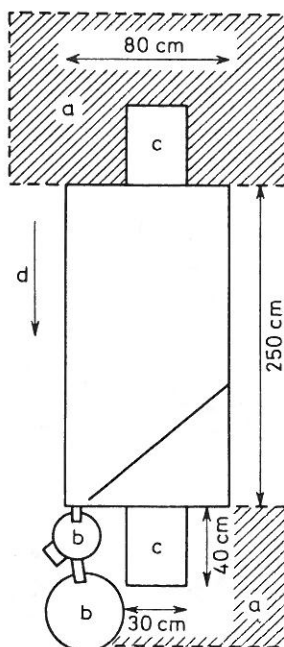
(1) Talajszint	(8) Kavics, kő, %	(9) Földes rész, %	(10) Mechanikai összetétel a földes rész %-ában, szemcseátmérő mm-ben							
	2 mm <	2 mm >	>0,2	0,2– 0,1	0,1– 0,05	0,05– 0,02	0,02– 0,01	0,01– 0,005	0,005– 0,002	0,002 >
A	2,7	97,3	15,8	4,1	3,9	25,3	20,3	13,0	9,2	8,4
AC	10,2	89,8	26,5	3,6	5,3	23,3	13,1	11,7	3,6	12,9
C	32,4	67,6	56,4	2,9	1,2	3,3	1,9	1,2	1,8	31,3

után további tömörítés nem változtat lényegesen a lefolyási viszonyokon. A talaj tömődöttségét az ő adataik ismeretében alakítottam ki.)

A parcellák mérete 250 × 80 cm volt (1. ábra). A víz hozzáfolyásának elkerülése céljából a horganylemezből készült határolólapokat összeforrasztottuk, és 15 cm mélyen a talajba süllyesztettük, 5 cm-es, talajfelszín feletti részük pedig gátként szolgált. A parcella alsó végén a lefolyó víz és a benne szállított hordalék számára kivezető csövet forrasztottunk a horganylemezhez, amely cső a talaj felszínével egy szintben helyezkedett el. A talajos szuszpenziót egy ötös osztatú túlfolyóval ellátott edényben fogtuk fel, amely túlfolyás esetén a szuszpenzió 1/5 részét a 2. edénybe vezette. Az edénypár így 55 mm-es csapadéknak megfelelő lefolyó víz felfogására volt alkalmas. A parcellák alsó végén terelőlemezt helyeztem a talajba, hogy a lefolyó vizet közvetlenül a kifolyócsőbe vezessem, és így megakadályozzam a nagymértékű tócsaképződést, amely a csepperóziós méréseket irreálissá tette volna.

Minden második parcella alsó és felső végéhez a talajba süllyesztettem egy-egy csepperóziós felfogóedényt, amelyek környékén PVC-fóliával takartam le a talajt, hogy a röp pályán mozgó talajszemcsék csak a parcella irányából röpülhessenek az edényekbe (1. ábra).

A kísérletsorozat 4 parcellán 1979. május 1-től—1981. október 10-ig tartott, a kezdő év kivételével a méréseket márciustól októberig végeztem. Az *első szakaszban* (1980. július 20-ig) a parcellák fedetlenül maradtak (2. ábra), a gyomosodást gyomirtó szerrel akadályoztam meg. A fedetlen talajon végzett mérések azt a célt szolgálták,



1. ábra

Kísérleti parcella vázlata. a) Fóliával takart talaj; b) a lefolyó víz felfogására alkalmas edények; c) a csepperózióval mozgatott talaj felfogására alkalmas edények; d) a lefolyás iránya

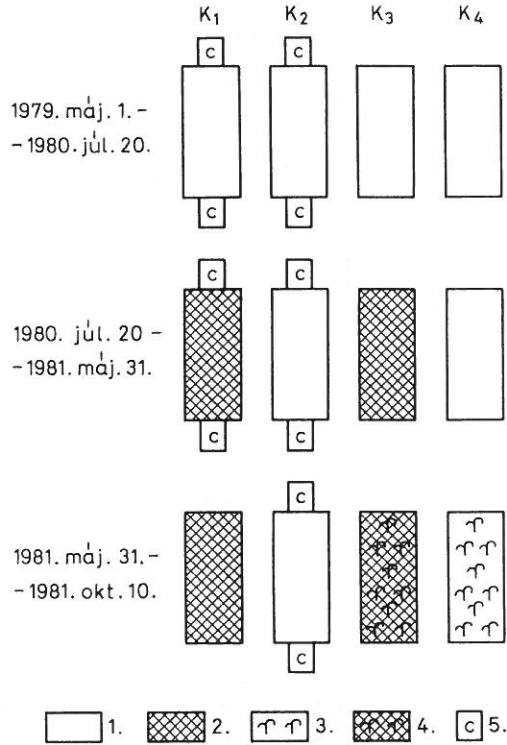
hogy megállapítsam a lepelerózió és csepperózió mértékét a 4 különböző parcellán. Ezzel tisztázni kívántam a talaj heterogenitásából származó lepusztulási különbségeket.

A *második szakaszban* (1980. július 20.—1981. május 31.) a  $K_1$ -es és  $K_3$ -as parcella fölé kb. 20 cm magasságban 1 mm-es lyukméretű műanyag hálót feszítettem ki, amely az esőcseppeket a felszínre érkezés előtt szétporlasztotta. Ebben a kísérleti időszakban meggyőződtem róla, hogy a háló védőhatására a röppályás talajmozgatás gyakorlatilag megszűnt.

Így a mérésorozat *harmadik szakaszában* (1981. május 31.—október 10.) a csepperóziós felfogóedényeket már csak a  $K_2$ -es parcellánál hagytam meg, amelyet fedetlen kontrollként kezeltem. A  $K_3$ -as parcellán a műanyag hálós takarást konyhakerti növényvel kombináltam: először retek, majd annak kiszedése után sárgarépa töltötte be a talajvédő szerepet. A  $K_4$ -es parcellán ugyanennek a két növénynek a talajvédő hatását vizsgáltam, de háló nélkül (2. ábra). A vetést, a

betakarítást a  $K_3$  és  $K_4$  parcellákon egyszerre végeztem. A vetéstől a lombosodásig terjedő időszakot kihagytam az értékelésből.

A szabadföldi kísérletek eredményeinek értelmezéséhez felhasználok néhány laboratóriumi kísérletem adatait is. Ezek módszeréről korábbi munkáimban számoltam be [2, 3, 4].



2. ábra

Program a lepelerozió és csepperózió terepi méréséhez a károlyfalvi kísérleti parcellákon ( $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$ ,  $K_4$ ). 1. Fedetlen talaj. 2. Hálóval fedett talaj. 3. Növénnyel fedett talaj. 4. Hálóval és növénytelen fedett talaj. 5. Csepperóziós mérőedény. Megjegyzés: A lepelerozió és a felszíni lefolyás mérésére szolgáló edények nincsenek feltüntetve az ábrán, mivel azok a kísérlet kezdetétől a befejezésig minden parcellánál alkalmazásra kerültek

## Eredmények

### a) Az iniciális erózió mértékének csökkentése

Iniciális erózióknak nevezem a lepeleroziót ( $L_e$ ) és a csepperóziót együtt. Az utóbbi minőségileg másképp játszódik le felszíni lefolyás esetén (fröccsenés erózió) és lefolyás nélkül (ütközéses erózió). A csepperóziót a lefelé és felfelé fröccsenő talajszemcsék tömegével ( $L + F$ ) jellemzem.

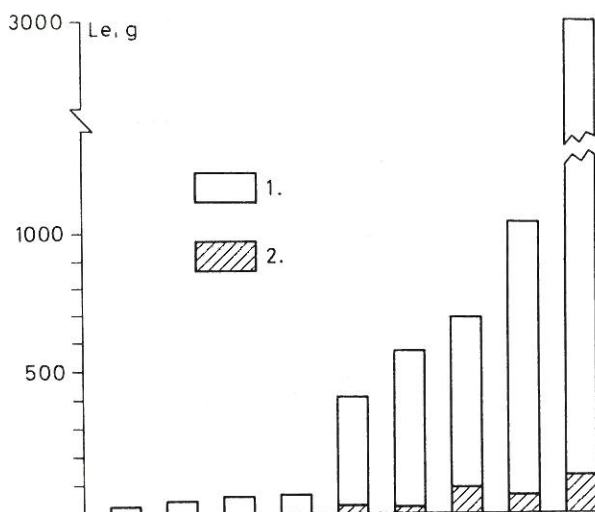
2. táblázat  
Természetes esőkhöz tartozó összes lefolyás ( $\Sigma q$ ) és leperelőző ( $L_e$ ) kísérleti parcellákon ( $\alpha = 17\%$  Károlyfalva)

sor- szám	(1) Eső		(2) Kísérleti parcellák							
	dátum	menyiség, mm	K <sub>1</sub>		K <sub>2</sub>		K <sub>3</sub>		K <sub>4</sub>	
			$\Sigma q$ , dm <sup>3</sup>	$L_e$ , g	$\Sigma q$ , dm <sup>3</sup>	$L_e$ , g	$\Sigma q$ , dm <sup>3</sup>	$L_e$ , g	$\Sigma q$ , dm <sup>3</sup>	$L_e$ , g
<b>1979.</b>										
1.	máj. 8—9.	9,1	0,44	1,00	0,44	1,20	0,63	1,00	1,25	2,00
2.	jún. 19.	8,2	3,20	162,58	6,50	137,20	4,69	87,98	4,25	46,90
3.	júl. 7.	6,0	7,81	305,67	6,13	274,20	5,25	228,50	4,56	113,80
4.	júl. 10.	4,9	0,75	3,53	0,50	3,44	0,13	0,49	0,06	0,76
5.	júl. 17.	3,5	0,06	4,63	0,31	23,72	0,31	2,27	0,06	1,25
6.	júl. 28.	10,5	5,63	27,13	4,13	26,90	1,88	6,21	0,94	4,55
7.	aug. 4—5.	14,4	8,13	495,40	7,20	360,33	5,25	259,63	4,69	150,69
8.	szept. 14—15.	19,6	23,19	1405,80	23,00	1668,75	23,81	1768,58	23,88	1512,50
9.	szept. 25.	3,2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	4,49	0,00	0,00
<b>1980.</b>										
10.	márc. 31.	6,7	1,26	18,12	1,44	24,04	0,31	10,95	0,25	6,60
11.	ápr. 2—3.	10,7	4,85	41,38	5,00	37,61	8,13	57,66	0,63	11,15
12.	ápr. 5—6.	6,4	0,00	0,00	0,20	0,82	2,25	3,51	0,10	0,00
13.	ápr. 28.	21,4	14,00	431,60	15,44	494,90	13,40	554,20	13,31	190,95
14.	máj. 31.—jún. 1.	37,1	6,56	26,04	10,67	59,87	11,25	82,54	4,06	24,40
15.	jún. 10.	30,3	28,75	1595,70	29,00	2336,50	30,45	2308,40	22,19	1435,59
16.	jún. 16.	7,7	3,75	62,03	3,56	80,62	3,13	39,95	1,70	8,89
17.	jún. 19.	10,1	5,38	159,10	5,20	45,70	2,75	6,53	1,25	1,72
18.	jún. 22.	16,4	13,25	723,73	14,80	843,70	12,88	887,20	13,25	576,50
19.	jún. 24.	10,6	12,38	214,20	12,06	150,00	13,88	225,00	7,94	75,00
20.	jún. 30.	21,0	16,80	90,38	17,18	159,35	18,65	220,70	12,88	68,48
21.	júl. 2.	7,4	1,88	7,86	6,75	38,86	6,50	41,80	2,50	8,70
22.	júl. 5—6.	9,6	5,63	61,00	5,75	96,23	9,13	209,40	5,63	62,20
a) Összesen:			163,70	5836,88	175,26	6863,94	174,94	7006,99	125,38	4302,63

$\alpha = a$  parcella lejtése



Kísérleteim első szakaszában bebizonyosodott, hogy — talajtani okok (heterogenitás) miatt — viszonylag nagyok a parcellák lepusztulási különbségei (2. táblázat). Ha a  $K_1$  és  $K_3$  parcellákról lepelerozóival lepusztult talaj tömegét a másik két parcella lepeleroziós veszteségeihez hasonlítjuk, akkor az előző kettő nagyobb mértékét állapíthatjuk meg. A műanyag hálókat azért szereltem fel a  $K_1$  és  $K_3$  parcellákra, mert feltételeztem, hogy a védőhatás jelentős lesz, és a kísérletek második szakaszában — a



3. ábra

Talajvédő háló lepeleroziót csökkentő hatása kísérleti parcellákon különböző letarolást okozó esőknél. 1: lepelerozió a fedetlen kísérleti parcellán; 2: lepelerozió a talajvédő hálóra fedett kísérleti parcellán

talajtani heterogenitás ellenére — a  $K_1$  és  $K_3$  parcellák talajvesztése kisebb lesz, mint a  $K_2$  és  $K_4$  parcelláké.

A mérések a feltételezés helyességét bizonyították: a lepeleroziós talajvesztés a kísérletek második szakaszában huszonnégyeszer olyan nagy volt a  $K_2$  és  $K_4$  parcellákon, mint a  $K_1$  és  $K_3$  parcellákon, amelyekről pedig fedetlen állapotban több talaj pusztult le. A háló védőhatása esőnként jelentősen különbözött. A legtágabb arányt a 31. sorszámú esőnél állapítottam meg: 113-szoros volt a lepelerozió a fedetlen parcellákon (3. táblázat). Szabályszerűségi szempontból az is megállapítható, hogy a fedetlen talajon nagy lepusztulást okozó esőknél a háló védőhatása az abszolút mennyiségeket tekintve jelentősebb (3. ábra, 3. táblázat), az arányokat tekintve viszont a kisebb esőkkel szemben véd jobban. Ez utóbbi megállapítás összhangban van MORGAN [5] búzaföldön végzett méréseivel.

Mint az előzőekben már említettem, a védőháló alatt a csepperóziós anyagmozgás gyakorlatilag megszűnt, a legnagyobb záporoknál is csak 0,1 g-ot ért el, míg a fedetlen parcellákon két esetben a 300 g-ot is meghaladta.

A cseppenergiát kísérleteim 3. szakaszában háromféle módon csökkentettem. A második szakasztól eltérő csapadékviszonyok között (több nagy intenzitású eső) a háló

3. táblázat  
Hálóval fedett és fedetlen kísérleti parcellákon mért összes lefolyás ( $\Sigma q$ ) és leperelőző ( $L_e$ ).  
( $\alpha = 17\%$ , Károlyfalva, 1980.)

sor- szám	(1) Esző		(2) Parcella jele, fedettsége								$L_e$ $\frac{K_2 + K_4}{K_1 + K_3}$
	dátum	mennyiség, mm	(3) $K_1$ , hálós		(4) $K_2$ , fedetlen		$K_3$ , hálós		$K_4$ , fedetlen		
			$\Sigma q$ , $dm^3$	$L_e$ , g	$\Sigma q$ , $dm^3$	$L_e$ , g	$\Sigma q$ , $dm^3$	$L_e$ , g	$\Sigma q$ , $dm^3$	$L_e$ , g	
23.	1980. júl. 21-23.	61,2	22,56	27,83	39,04	379,84	31,01	58,17	35,25	320,63	8,15
24.	júl. 25.	12,3	1,25	2,23	11,38	249,30	4,69	9,85	8,87	167,50	34,50
25.	júl. 26.	3,8	0,00	0,00	2,56	20,25	1,88	0,74	2,38	30,90	69,12
26.	aug. 12-13.	40,4	33,50	40,11	38,63	1656,70	33,44	86,67	27,75	1331,35	23,57
27.	aug. 14.	3,2	0,40	0,57	1,56	17,66	0,50	0,70	1,25	13,00	24,14
28.	aug. 21.	3,8	0,00	0,00	0,42	8,97	0,00	0,00	0,10	0,00	-
29.	aug. 31.	14,7	0,05	0,00	0,58	0,77	0,05	0,00	0,22	0,37	-
30.	szept. 7.	5,5	0,00	0,00	0,22	1,05	0,00	0,00	0,14	0,52	-
31.	szept. 10.	27,8	2,81	3,48	32,50	274,08	1,88	1,69	23,13	309,20	112,82
32.	szept. 26.	6,3	0,00	0,00	0,18	0,06	0,00	0,00	0,10	0,13	-
33.	okt. 10-11.	30,7	8,75	1,90	20,70	21,78	1,88	0,80	17,30	27,40	18,21
34.	okt. 13.	16,8	15,80	21,05	22,70	501,80	5,20	11,14	23,13	553,67	32,79
a) Összesen:		226,5	85,12	97,17	170,47	3132,26	80,53	169,76	139,62	2754,67	22,1

védő szerepe valamelyest csökkent. A hálóval csaknem azonos védőhatásúak voltak a konyhakerti növények (sárgarépa, retek). Ezek lombozata kb. 80%-os felületen védte a talajt, ami egyben azt is jelenti, hogy a háló védőszerepe kb. 80%-os talajtakarást biztosító növényzet védőhatásával egyenértékű. Továbbá az is megállapítható, hogy a növényzet talajvédő szerepe nagyrészt azon a hatásmechanizmuson alapul, hogy a levelek, száruk felfogják az esőcseppek becsapódási energiáját. (Nagy csapadékmennyiségek esetén az átlagos méretű konyhakerti növények csapadék-visszatartó képessége [intercepciója] — százalékos arányát tekintve — kicsi.)

A háló-növény kombináció gyakorlatilag megszüntette a lepeleroziót (4. táblázat). A cseppenergia jelentős csökkentésén kívül ennek más oka is van. A védőháló alatt a konyhakerti növények zöldtömege másfélszeresére nőtt a védőháló nélküli parcellákon termesztett növényekéhez képest. (Erre a későbbiekben még visszatérek.) Ennek következtében megnőtt a csapadék visszatartó képességük, valamint lassult a víznek a talajra való lejutása és a felszínen való mozgása. Mindez a letarolást okozó vízenergia csökkenéséhez vezetett.

Az ismertetett adatok alapján megállapíthatjuk, hogy az esőcseppek becsapódási energiájának meghatározó szerepe van a talajeróziós folyamatban. A hálóval védett és a védetlen talajfelszínekről történt jelentős lepusztulási különbség értelmezéséhez járultak hozzá laboratóriumi kísérleteim.

Eredeti szerkezetű talajmonolitokon Kazó-féle esőztető készülékkel vizsgáltam, hogy a lényegesen csökkentett cseppenergia — azonos mennyiségű és intenzitású eső esetén — milyen mértékben késlelteti a lefolyást. (Cseppenergia-csökkenés = fajlagos cseppteljesítmény [E'] csökkenése.) Egy jó szerkezetű, agyagbemosódásos barna erdőtalaj A<sub>sz</sub>-szintjéből, egy Ramann-féle barna erdőtalaj rossz szerkezetű, rögös A<sub>sz</sub>-

4. táblázat

Különböző fedettségű kísérleti parcellákon mért összes lefolyás ( $\Sigma q$ ) és lepelerozió ( $L_e$ ) (Károlyfalva, 1981.)

(1) Eső			(2) Parcella jele, fedettsége							
sor- szám	dátum	mennyiség, mm	(3) K <sub>1</sub> , hálós		(4) K <sub>2</sub> , fedetlen		(5) K <sub>3</sub> , háló + növény		(6) K <sub>4</sub> , növény	
			$\Sigma q$ , dm <sup>3</sup>	L <sub>e</sub> , g	$\Sigma q$ , dm <sup>3</sup>	L <sub>e</sub> , g	$\Sigma q$ , dm <sup>3</sup>	L <sub>e</sub> , g	$\Sigma q$ , dm <sup>3</sup>	L <sub>e</sub> , g
	<b>1981.</b>									
35.	jún. 5.	16,1	0,36	1,02	5,31	186,80	0,00	0,00	0,00	0,00
36.	jún. 6.	13,7	15,13	223,10	20,81	1416,00	0,80	0,00	9,16	110,81
37.	jún. 7.	33,0	43,30	583,50	48,30	2976,30	4,12	0,96	28,30	799,00
38.	jún. 16.	7,9 (4,3 3,6)	0,00	0,00	1,25	9,52	0,00	0,00	0,00	0,00
39.	jún. 19.	21,9	3,06	98,70	13,13	291,40	0,00	0,00	6,44	45,97
40.	jún. 30.	4,1	0,10	0,00	1,06	7,60	0,00	0,00	0,10	0,74
41.	júl. 4.	17,3	0,00	0,00	12,06	98,80	0,00	0,00	0,94	5,95
42.	aug. 21.	17,8	0,00	0,00	0,94	1,90	0,00	0,00	0,00	0,00
43.	aug. 24.	2,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
a)	Összesen:	134,1	61,95	906,32	102,83	4988,32	4,92	0,96	44,94	962,47



szintjéből és a talajtanilag szerkezet nélkülinek számító löszből vett monolitokon végeztem méréseket. A kísérleteket mindig száraz talajon kezdtem. Először  $E' = 505 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$  cseppteljesítményű ( $i = 30 \text{ mm/h}$ ) esővel esőtettem, és mértem a lefolyás megindulásáig eltelt időt (5. táblázat). Ugyanezt mértem hasonló intenzitású,  $23 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$  cseppteljesítményű esővel. (A cseppenergiát hálóval csökkentettem.)

5. táblázat

A lefolyás kezdetének időpontja az esőtetés kezdetétől közepes energiájú és küszöbenergia-közeli mesterséges eső hatására

$A = 20 \text{ dm}^2$ ;  $\alpha = 5\%$ ;  $i = 30 \text{ mm/h}$

(1) Talaj	$E' = 505 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$		$E' = 237 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$		(4) Időkülönbség	(5) Időkülönbség alatt		
	(2) N, súly %	(3) $t_a$ , min	(2) N, súly %	(3) $t_b$ , min	$t_b - t_a$ , min	(6) $\Sigma q$ , $\text{cm}^3$	(7)	(8)
							$L_e$	$L + F + 01$
g								
a) Agyagbemosódásos barna erdőtalaj szántott szintje	2,7	15	2,5	72	57	2190	26,4	66,6
b) Ramann-féle barna erdőtalaj szántott szintje	3,2	26	2,9	53	27	940	7,1	40,3
c) lösz	1,7	32	1,7	42	10	200	1,3	9,9

A: a vizsgált talajmonolitok felszínének területe;

$\alpha$ : a monolitok felszínének lejtése;

$i$ : az eső intenzitása;

N: a talaj nedvességtartalma;

$t_a$  és  $t_b$ : a lefolyás kezdetéig eltelt idő;

$\Sigma q$ : összes lefolyás;

$L_e$ : lepelerózió;

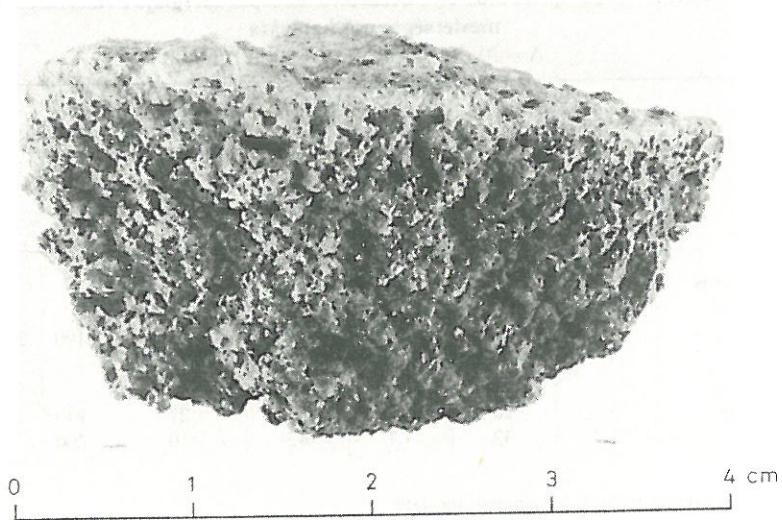
$L + F + 01$ : csepperóziós anyagmozgatás a tér minden irányában.

Löszön a kis energiájú eső hatására 10 percet késett a lefolyás a közepes cseppteljesítményű esőhöz képest, a rögös szerkezetű Ramann-féle barna erdőtalajon 27 perc volt ez az érték, az agronómiailag jó szerkezetű agyagbemosódásos barna erdőtalaj  $A_{sz}$ -szintjén pedig 57 perc. Ez a szisztematikus növekedés azzal magyarázható, hogy a kis energiájú eső sokáig nem okoz változást a talajszerkezet eredeti állapotában. A jó szerkezetű, jó vízbefogadó képességű talajon sokára, csak a vízzel való telítődés után kezdődik meg a lefolyás. Az adatok azonban arra is bizonyítékkul szolgálnak, hogy az agyagbemosódásos barna erdőtalajból származó monolit aggregátumai nem elég ellenállóak a csepperózióval szemben: védőháló nélküli felszínén ugyanis hamarabb megindul a lefolyás, mint a rögös Ramann-féle barna erdőtalajon.

A művelt területről származó laza löszön a cseppek ütőhatása a szemcsék szorosabb elrendeződését eredményezi, de nem okoz olyan lényeges változást a pörusviszonyokban, mint a szerkezetes talajokon a szerkezetrombolás következtében. Ezért a védőháló a löszön késlelteti legkevésbé a lefolyást.

Összefoglalásul megállapíthatjuk, hogy a cseppenergia nagymértékű csökkentése száraz kiindulási állapotú talajokon jelentősen megnöveli a lefolyás kezdetének időpontját. Az időkülönbség alatt lefolyó víz, a csepperózió és lepelerózió hatására lepusztult talaj tömege jelentős lehet (5. táblázat). Az időkülönbség a szerkezetes talajokon nagyobb, mint a szerkezet nélkülieken.

A nagy energiájú esőcseppek erőteljes talajszerkezet-romboló hatást fejtenek ki [4]. A szerkezetrombolás egyik következményét láthatjuk a 4. ábrán. Hatszor egy órás



4. ábra

Az esőcseppek ütőhatására képződött kéreg (világos, felül) egy szerkezetes talaj felszínén

esőztetés után ( $E' = 505 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ) a talajfelszínén vékony kéreg alakult ki, mely humuszkolloidokban elszegényedett (világosabb az alatta lévő szerkezetes résznél), a szerkezeti elemek már nem ismerhetők fel benne. A kéreg kemény, vízáteresztése rosszabb az eredeti szerkezetű talajénál, így rajta a felszíni lefolyás hamarabb elkezdődik, és nagyobb víztömeg mozog a talajfelszínén, ami az erózió fokozódásához vezet. Ez a kéregképződés nagymértékben lelassul, ha a cseppenergiát mesterségesen (pl. hálóval) csökkentjük, így a talajerózió ezáltal is mérséklődik.

A továbbiakban felhívom a figyelmet a kísérletekben alkalmazott növények zöldtömegének növekedésére. Olyan növények termesztésénél, amelyeknél a zöldtömeg növelése a cél (pl. saláta, sóska stb.) érdemes kísérletezni a védőháló terméshozó hatásával. A szervesanyag-termék növekedésében feltételezhetően több ok is szerepet játszik, melyek közül megemlítek néhányat:

1. A hálóval védett talajon kisebb a lefolyás, így több a talajban visszatartott víz.
2. A háló árnyékoló hatása miatt lassúbb a talaj kiszáradása.
3. A déli expozíciójú lejtőn a háló alatt csökken a növények túlhevülése. A túlhevülés csaknem minden életfolyamatot gátol (pl. sztómaródást idéz elő).

4. A talaj feletti vékony légrétegben az átlagosnál nagyobb a CO<sub>2</sub>-koncentráció, ami a talajban élő mikroorganizmusok élettevékenységének következménye. A háló lassítja a függőleges légcserét, így alatta a levegő CO<sub>2</sub>-tartalma nagyobb lehet, mint a szabad talajfelszín feletti légrétegben. A nagy CO<sub>2</sub>-koncentráció kedvez a fotoszintézisnek.

BERÉNYI és JUSTYÁK [1] mákkal végzett takarásos kísérletükben mérésekkel bizonyították a vászonnal fedett parcella növényélettani szempontból kedvezőbb mikroklimatikus viszonyait (léghőmérséklet, talajhőmérséklet, légnedvesség). Adataik szerint a takarás a máktermésben 84%-os, a gubósúlyban 17%-os többletet eredményezett, és nőtt a morfinbázis-tartalom is. Ezek az eredmények azt bizonyítják, hogy közvetlen termésmenés céljából is érdemes növénytakarásos kísérletekkel foglalkozni.

*b) A csepperózió természetes eső hatására*

A kísérletek során külön mértem a röppályás talajmozgatást (L + F) és a lepeleroziós talajpusztulást (L<sub>e</sub>).

A 6. táblázatban az 1—22. sz. esőhöz tartozó L + F értéket tüntettem fel. A felfogóedényekkel 30 cm-es sávban mért adatokat átszámítottam a parcella teljes szélességére.

A lepelerozió és a röppályás talajmozgatás nincs összhangban egymással: a szélsőségesen nagy lepelerozióhoz kis L + F érték párosul (15. eső, 2. és 6. táblázat), a legnagyobb L + F értékhez pedig a kisméretű lepelerozió tartozik (17. eső, 2. és 6. táblázat). Az előbbi jelenség a vastag vízlepel csepperóziót csökkentő hatásával magyarázható (PALMER-effektus [6]), az utóbbi pedig a röppályás talajmozgatást befolyásoló tényezők kölcsönhatásával. A 17. sorszámú eső ugyanis száraz talajra esett, ezért az aggregátum-szétesés intenzív volt. A csepperóziót befolyásoló többi tényezőről nincs adatom, így azok egyenkénti szerepét nem tudom részletesen értékelni, de a laboratóriumi kísérletek némi támpontot jelentenek hatásuk megítélésénél. Ezek közül ki kell emelnem a cseppenergia szerepét. Tekintettel arra, hogy Tokaj-Hegyalján nem tudtam rendszeresen cseppspektrumot mérni, a WISCHMEIER, W. H.—SMITH, D. D.-féle összefüggést használtam fel az esők kinetikus energiájának meghatározására.

Az eredeti összefüggést át kellett alakítanom, hogy az adatokat közvetlenül J · m<sup>-2</sup> · h<sup>-1</sup>-ben kapjam meg. Az eredeti képlet:

$$E(\text{ft-on/acre-in}) = 916 + 331 \lg i (\text{in/h}),$$

ahol

*E* = az eső kinetikus energiája,

*i* = az eső intenzitása

(Az átszámításnál az USA acre mértékegységet használtam.)

A matematikai lépéseket itt mellőzve, az 1 mm-es eső kinetikus energiájának számítására az alábbi összefüggést kaptam:

$$E(\text{J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1}) = 11,897 + 8,732 \lg i (\text{mm/h}).$$

Ennek felhasználásával az esők kinetikus energiáját (*E*) a következőképpen számoltam. A csapadékszalogokról egy segédhálózat segítségével leolvastam a 20



perces időszakokra vonatkozó átlagintenzitásokat. A fenti képlettel, valamint a 20 perc alatt lehullott csapadékmennyiség ismeretében minden egyes átlagintenzitásra kiszámítottam az  $1\text{ m}^2$ -re jutó 20 perces energiaértéket, majd ezek összegzésével megkaptam az eső összes energiáját  $\text{J}/\text{m}^2$ -ben. A pontosság érdekében a numerikus

6. táblázat

Csepperózió a  $K_2$ -es kísérleti parcellán (Károlyfalva, 1979. máj. 1.—1980. júl. 20.)

(1) Az eső sor- száma	(2) $i$	(3) $i_{\max 20}$	(3) $i_{\max 30}$	(4) $E$	(5) $E'$	$K_2$		
						(6) $L$	(7) $F$	$L+F$
						g		
mm/h		$\text{J}/\text{m}^2$	$\text{J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$					
1.	1,0	3,4	3,4	101	40	4,64	2,56	7,20
2.	4,1	10,0	—	124	186	17,09	5,06	22,15
3.	12,0	12,0	12,0	128	256	43,20	11,09	54,29
4.	1,6	6,0	3,1	73	36	2,61	1,30	3,91
5.	5,0	5,0	5,1	63	90	45,06	11,14	56,20
6.	3,5	5,1	5,1	188	75	18,69	5,12	23,81
7.	4,0	26,0	25,8	248	207	120,42	29,89	150,31
8.	18,0	36,0	36,0	475	396	144,00	57,12	201,12
9.	12,8	12,8	—	69	276	5,12	11,14	16,26
10.	2,7	5,0	5,0	106	42	2,80	0,88	3,68
11.	1,4	3,2	3,1	131	24	4,50	1,33	5,83
12.	0,5	0,7	0,7	14	2	0,74	0,26	1,00
13.	6,1	8,0	8,0	414	118	9,76	7,81	17,57
14.	2,1	11,3	11,3	766	50	27,97	11,97	39,94
15.	4,7	30,0	12,8	635	187	40,13	12,66	52,79
16.	4,8	7,3	7,3	142	142	20,05	3,89	23,94
17.	2,9	33,0	11,1	209	1251	573,34	382,45	955,79
18.	8,2	30,0	12,2	316	1101	238,02	102,61	340,63
19.	2,4	13,8	8,5	197	55	23,86	9,12	32,98
20.	2,6	5,2	5,2	334	56	8,18	1,92	10,10
21.	3,7	6,9	5,7	127	95	2,16	0,34	2,50
22.	2,2	3,6	2,5	129	32	5,65	1,81	7,46
a) Összesen						1357,99	671,47	2029,46
%						66,9	33,1	100,0

$i$ : intenzitás;

$i_{\max 20}$ : ill.  $i_{\max 30}$ : 20, ill. 30 perces maximális intenzitás;

$E$ : az eső energiája;

$E'$ : az eső fajlagos cseppteljesítménye;

$L$ : a lejtőn lefelé mozgó talaj tömege (csepperózió);

$F$ : a lejtőn felfelé mozgó talaj tömege (csepperózió)

kiértékelést programozható számológéppel végeztem. A 6. táblázatban az  $E$  érték mellett a teljesítmény jellegű  $E'$  értéket is feltüntettem.

A 2. és 6. táblázat adatai alapján korrelációs számítással vizsgáltam az egyes esőparaméterek és a csepperóziós anyagmozgatás ( $L+F$ ) kapcsolatát. A korrelációs együtthatók (7. táblázat) azt bizonyítják, hogy a csapadékmennyiségtől és az

átlagintenzitástól alig függenek az L+F értékek. Érdekesnek tűnik, hogy az eső kinetikus energiája is hasonlóan rossz kapcsolatot mutat. *Két adat látszik használhatónak, amelynek alapján az esők csepperóziós anyagmozgatását megítélhetjük:* a 20 perces maximális intenzitás, illetve az E' érték. Ez utóbbi kapcsolata az L+F értékkel különösen szoros, ami jó összhangban van a laboratóriumban végzett méréseim eredményeivel. Ennek ellenére, az egyes konkrét esetekben jelentősebb eltérés is lehet a fajlagos cseppteljesítmény alapján várható és a tényleges anyagmozgatás között, amit részben a WISCHMEIER—SMITH-féle képlet statisztikus jellegével magyarázok.

7. táblázat

**Különböző esőparaméterek és az iniciális erózió formái közötti korreláció**

(1) Az iniciális erózió formái	r					
	(2) Az eső mennyisége	i	i <sub>max 20</sub>	E	E'	i <sub>max 30</sub>
a) lepelerózió (L <sub>e</sub> )	0,561	0,468	0,697	0,630	0,562	0,613
b) L+F	0,035	0,098	0,661	-0,076	0,897	0,311
L <sub>e</sub> +F+L	0,524	0,460	0,858	0,608	0,713	0,664

A csepperózió mechanizmusának további megismeréséhez járul hozzá az L% és F% értékének kiszámítása. Ezek 22 eső átlagában 66,9%-nak, ill. 33,1%-nak adódtak (6. táblázat). Ha az eredményeket összevetjük a laboratóriumi kísérletek eredményeivel, cseppenergiától függően 2,4—10,6%-os eltérést tapasztalunk. Ezt az alábbiakkal magyarázom.

8. táblázat

**A regisztrált esők alkalmával feljegyzett szélirányok statisztikai adatai**

(1) Statisztikai adatok	(2) Szélirány								(3) Összesen
	É	ÉK	K	DK	D	DNy	Ny	ÉNy	
a) Esetek	2	1	2	1	5	10	21	9	51
b) Százalékos arány	3,9	2,0	3,9	2,0	9,8	19,6	41,2	17,6	100

A laboratóriumi méréseket álló levegőben végeztem, a természetben viszont az esőcseppek a szél eltérítő hatása miatt a legritkább esetben hullanak pontosan függőlegesen. Ha az eső alkalmával a szélirány és a szélesebbég véletlenszerűen változna, statisztikusan ugyanazokat az arányokat kellene kapnunk, mint álló levegőben. A tapasztalt eltérés azt valószínűsíti, hogy a mérések helyén kitüntetett szélirányok, esetleg adott szélirányokkal párosuló, az átlagnál nagyobb szélesebbég lehetnek. A terepen végzett mérések során csak a szélirányok feljegyzésére volt



lehetőségünk. Tekintettel arra, hogy egy-egy eső alkalmával a szélirány többször változhat, és az L% szempontjából ez is fontos, a megfigyelő az esők közben lejátszódó irányváltozást is feljegyezte. Az éjszakai esők nagyrészt kimaradtak az értékelésből, így összesen 51 adat állt rendelkezésemre. Ezek statisztikai értékelését a 8. táblázat alapján a következőkben foglalom össze.

Esőzésekor uralkodó a nyugati szélirány, a legritkább esetben pedig északkeleti vagy délkeleti irányból fúj a szél. Az L% és F% értékek szempontjából a kísérleti parcellák déli expozíciójú lejtőjén a keleti és nyugati szelek ugyanolyan hatásúak, mint a szélcsend — csak az oldalirányú talajmozgatást befolyásolják. Mivel a nyugati szelek uralkodnak, a lejtőn nyugatról keletre irányuló talajmozgatás játszódik le. A röppályán mozgatott talajszemcsék nagyobb részét a felszínen áramló víz a lepelerozióval elszállítja, de az ütközéses erózió alkalmával csak ez az oldalirányú anyagmozgatás érvényesül.

A lefelé és felfelé irányuló röppályás anyagmozgatás szempontjából a déli, délnyugati és délkeleti, valamint az ezekkel 180°-os szöget bezáró szélirányok gyakorisága fontos. A déli, délkeleti és délnyugati szelek gyakoribbak (31,4%), mint az északi, északnyugati és északkeleti szelek (23,5%). Ennek a két széliránycsoportnak az aránya is indokolja, hogy a déli kitettségű lejtőn a lefelé irányuló röppályás anyagmozgatás néhány százalékkal kisebb, mint az a laboratóriumi mérések alapján várható. Pontosabb értékelést csak a szélesség- és szélirány-regisztrátumok alapján lehetne adni, az ilyen méréseknek azonban nem voltak meg a technikai feltételei. A szélhatás részletesebb vizsgálata további kutatás célkitűzése lehet.

## Összefoglalás

Tokaj-Hegyalján ranker talajon négy kísérleti parcellán mértük a csepperózió hatására röppályán mozgó talajszemcsék tömegét, a lepelerozióval lepusztított talaj tömegét, valamint a felszínen lefolyó víz térfogatát.

A kísérlet első szakaszában a méréseket fedetlen talajon végeztük. A talaj heterogenitása miatt parcellánként eltért a lepusztult talaj mennyisége. A második szakaszban két parcella fölé egy-egy műanyag hálót feszítettünk ki. A hálók alatt a csepperóziós anyagmozgatás gyakorlatilag megszűnt, a lepelerozió huszonkétszer kisebb lett, mint a fedetlen parcellákon. A harmadik szakaszban háló, háló + növény, növény kombinációt alkalmaztunk, a negyedik parcella fedetlen kontroll maradt. A hálóval csaknem azonos védő hatásúak voltak a konyhakerti növények, a háló + növény kombináció gyakorlatilag megszüntette a talajeróziót, és jelentősen csökkentette a lefolyást. A háló alatt a konyhakerti növények zöldtömege másfélszeresére nőtt a háló nélküli parcellákon termesztett növénykéhez képest.

## Irodalom

- [1] BERÉNYI D. & JUSTYÁK J.: Takarásos kísérlet mákban. Acta Univ. Debreceniensis de Ludovico Kossuth Nominatae. 7. 273—284. 1961.
- [2] KERÉNYI A.: A csepperózió törvényszerűségeinek kvantitatív vizsgálata kísérleti körülmények között. Földrajzi Értesítő. 30. 205—233. 1981.

- [3] KERÉNYI A.: Mesterséges eső ütőhatásának kvantitatív vizsgálata modellkísérletekben, homokon. *Agrokémia és Talajtan*. **31**. 165—178. 1982.
- [4] KERÉNYI A.: A talajpusztulás vizsgálata kísérleti körülmények között Tokaj-Hegyalja fontosabb talajtípusain. Kandidátusi értekezés. Debrecen. 1983.
- [5] MORGAN, R. P. C.: Splash detachment under plant covers: Results and implications of a field study. *Trans. ASAE*. **25**. 987—991. 1982.
- [6] PALMER, R. S.: Waterdrop impact forces. *Trans. ASAE*. **8**. 69—72. 1965.
- [7] QUINN, N. W., MORGAN, R. P. C. & SMITH, A. I.: Simulation of soil erosion induced by human trampling. *J. Environ. Management*. **10**. 155—165. 1980.

*Érkezett: 1985. március 13.*

## Field Experiments on Soil Erosion at Tokaj-Hegyalja in Hungary

A. KERÉNYI

L. Kossuth University, Dept. of Geography, Debrecen (Hungary)

### Summary

At Tokaj-Hegyalja, field experiments were conducted on plots set up on a mull ranker soil (Table 1), in such a way, that it was possible to measure the amount of splash material (i.e. soil particles moving along a trajectory due to drop impact erosion), the volume of surface runoff, and the amount of soil transported in it (Fig. 1). The experimental program may be seen in Fig. 2.

In the first phase of the experiment, the erosion of bare soil surface was measured (Table 2). In this way, the differences in erodibility due to the heterogeneity of soils could be clarified.

In the second phase of the experiment, 1 mm mesh tissue made of synthetic material was stretched over plots  $K_1$  and  $K_3$  at a height of 20—25 cm, and it atomized the raindrops before they reached the soil surface. Under the mesh splash erosion practically ceased, splash material did not exceed 0.1 g even during showers. As regards sheet erosion, it was 22 times less on plots protected by mesh than on the bare ones. The protective effect of the mesh depended on the parameters of the rain (Table 3, Fig. 3): proportionally it was more considerable during showers, though these caused a higher absolute loss of soil than drizzles.

In the third phase of the experiment, plot  $K_1$  was protected by mesh,  $K_2$  was the bare control plot,  $K_3$  was protected by mesh plus plants, and  $K_4$  had only a plant cover (Fig. 2). In this phase the precipitation conditions differed from those in the preceding phase, and the protective effect of the mesh slightly diminished (Table 4). The mesh ( $K_1$ ) and the vegetables ( $K_4$ ) covering approx. 80% of the soil surface provided almost identical protection. The mesh plus plants combination practically prevented sheet erosion too, and it considerably diminished runoff (Table 4). Also, it was found that under the mesh the green mass of vegetables increased by one half as compared to that of plants grown on plots not protected by mesh. The possible reasons for this are discussed in the paper.

The causes of the large differences in erosion were investigated in laboratory experiments. Among other things it has been proved that considerably diminished drop energy delays runoff (Table 5), and that drops of high energy cause crust formation on the soil surface (Fig. 4).

The paper also discusses soil transportability by splash (Table 6) as well as the relationship between the various parameters of splash erosion and rainfall (Table 7).

*Table 1.* The chemical and physical characteristics of the mull ranker soil used in the experiment (Károlyfalva). (1) Soil horizon. (2) Depth, cm. (3) Humus, %. (4) Exchangeable cations, as percentage of their sum. (5) Sum of exchangeable  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ , and  $\text{K}^+$ , meq/100 g soil. (6) C.E.C., meq/100 g soil. (7)  $V\%$  (value of saturation). (8) Pebbles, stones (> 2 mm), %. (9) Soil particles (< 2 mm), %. (10) Mechanical composition as percentage of the earth part (particle size diameter in mm).

*Table 2.* Total runoff ( $\Sigma q$ ), and sheet erosion ( $L_e$ ) caused by rain on the experimental plots (Károlyfalva).  $\alpha$ : slope of the plot. (1) No., date, and amount of rainfall, mm. a) Total. (2) Experimental plots.

*Table 3.* Total runoff ( $\Sigma q$ ), and sheet erosion ( $L_e$ ) on bare, and mesh protected plots (Károlyfalva, 1980).  $\alpha$ : slope of the plot. (1) No., date, and amount of rainfall, mm. a) Total. (2) Symbol and status of plot: (3) covered by mesh; (4) bare.

*Table 4.* Total runoff ( $\Sigma q$ ), and sheet erosion ( $L_e$ ) measured on the various plots (Károlyfalva, 1981). For (1)–(4) see Table 3. (5) mesh plus plant cover; (6) plant cover.

*Table 5.* Time elapsing from the beginning of rainfall to the start of runoff in the case of artificial rains of various energy. A: Surface area of the soil monoliths used in the experiment;  $\alpha$ : slope of the surface;  $i$ : rain intensity. (1) Soil: a) lessivated brown forest soil; b) braunerde, plough layer; c) loess. (2) Moisture content of the soil, weight %. (3) Time elapsing from the beginning of rainfall to the start of runoff, minutes. (4) Difference in time, minutes. (5) During the difference in time: (6) total runoff,  $\text{cm}^3$ ; (7) sheet erosion, g; (8) material transported by drop impact up and down and sideways on the slope, g.

*Table 6.* Splash erosion on plot  $K_2$  (Károlyfalva, from May 1, 1979 to July 20, 1980). (1) No. of rainfall. (2) Intensity. (3) 20-, and 30-minute maximum intensity, respectively, mm/hour. (4) Kinetic energy of rainfall. (5) Specific energy of raindrops. — Material moved (6) downslope, and (7) upslope (splash erosion), g. a) Total.

*Table 7.* Correlation between the various rain parameters and the forms of initial erosion. (1) Forms of initial erosion: a) sheet erosion; b) total amount of soil particles transported along a trajectory downslope and upslope by drop impact. (2) Amount of rainfall. For other symbols see Table 6.

*Table 8.* Statistics of wind directions noted in the case of recorded rainfalls. (1) Statistical data: a) number of cases; b) percental proportion. (2) Wind direction: É: northern; ÉK: north-eastern; DK: south-eastern; D: southern; DNy: south-western; Ny: western; ÉNy: north-western. (3) Total.

*Fig. 1.* Sketch-plan of an experimental plot. a) Soil covered by plastic foil; b) pans collecting runoff water; c) pans collecting soil moved by splash erosion; d) direction of runoff.

*Fig. 2.* Design of the experimental program for the field measurement of sheet and splash erosion on the experimental plots ( $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$ , and  $K_4$ ) at Károlyfalva. 1. Bare soil. 2. Soil covered by mesh tissue. 3. Soil covered by plants. 4. Soil covered by mesh tissue and plants. 5. Pan measuring splash erosion. Remark: pans used for measuring sheet erosion and surface runoff are not indicated in the Figure, because they were used at each plot throughout the experiment.

*Fig. 3.* Sheet erosion on bare and mesh protected plots in the case of rainfalls of various intensity. 1. Sheet erosion on bare plots. 2. Sheet erosion on plots protected by mesh tissue.

*Fig. 4.* Crust (light coloured part at the top) formed on the surface of a structured soil due to the impact of raindrops.



## Bodenerosionsversuche im Hügelland von Tokaj-Hegyalja

A. KERÉNYI

Universität „Kossuth Lajos“, Debrecen (Ungarn)

### Zusammenfassung

Es wurden auf einem Rankerboden (Tab. 1.) in Tokaj-Hegyalja Versuchspartellen angelegt, die sowohl zur Ansammlung von sich infolge der Tropfenerosion auf einer Flugbahn bewegendem Bodenteilchen, als auch zur Messung des Volumens des auf der Oberfläche strömenden Wassers und der darin enthaltenen Bodenmenge geeignet waren (Abb. 1.). Abb. 2. zeigt das Versuchsprogramm.

*Im ersten Abschnitt* wurde die Erosion des unbedeckten Bodens gemessen, womit die aus der Bodenheterogenität stammenden Abtragungsunterschiede geklärt werden sollten. Die Resultate enthält Tab. 2.

*Im zweiten Abschnitt* wurde über die Partellen  $K_1$  und  $K_3$  ein Kunststoffnetz von 1 mm Lochweite in ungefähr 20—25 cm Höhe ausgespannt, das die Regentropfen zerstäubte, bevor sie an die Oberfläche gelangten. Unterhalb dieses Netzes hat die infolge Tropfenerosion auftretende Materialbewegung praktisch aufgehört, sie betrug bei den stärksten Regengüssen nur 0,1 g. Der durch den Abfluss des Wassers verursachte Bodenverlust durch Flächenerosion war bei den mit Netz geschützten Partellen 22-mal geringer als bei den ungeschützten (Tab. 3.). Die schützende Wirkung des Netzes hing von den Parametern des Regens ab (Tab. 3., Abb. 3.). Was die Proportionen betrifft, so schützte das Netz gegen stärkere Regengüsse besser, aber die absoluten Mengen in Betracht genommen, haben die stärkeren Regengüsse grössere Bodenmengen abgetragen als die geringeren.

*Im dritten Abschnitt* wurde Parzelle  $K_1$  mit einem Netz geschützt, Parzelle  $K_2$  blieb ungedeckt (= Kontrolle), bei Parzelle  $K_3$  wurde die Kombination von einem Netz und der Pflanzendecke angewendet, Parzelle  $K_4$  besass nur eine Pflanzendecke (Abb. 2.). Bei Niederschlagsverhältnissen, die von Abschnitt 2 abweichend waren, hat die schützende Wirkung des Netzes in geringem Masse abgenommen (Tab. 4.). Fast einen dem Netz gleichen Schutz boten die Gemüsepflanzen (Bodenbedeckung cca 80%). Die Kombination von Netz und Pflanzen eliminierte praktisch die Flächenerosion und hat den Abfluss bedeutend verringert (Tab. 4.). Die Grünmasse der Gemüsepflanzen unter einem Netz hat derjenigen der netzlosen Partellen gegenüber um das eineinhalbfache zugenommen. Die Ursachen dieser Erscheinung wurden in dieser Arbeit analysiert.

Die Gründe der grossen Unterschiede in der Bodenabtragung wurden mit Hilfe von Laborversuchen geklärt. Es wurde u.a. nachgewiesen, dass eine wesentlich verminderte Tropfenenergie den Abfluss verzögert (Tab. 5.), und infolge von Regentropfen mit grosser Energie sich eine Kruste an der Oberfläche bildet (Abb. 1.).

Schliesslich wurde auf einer Flugbahn erfolgende Bewegung der Bodenteilchen infolge des Regens (Tab. 6.) und der Zusammenhang zwischen der Tropfenerosion und den verschiedenen Parametern des Regens analysiert (Tab. 7.).

*Tab. 1.* Laboratoriumsangaben des Mullrankerbodens der Versuchspartellen (Károlyfalva). (1) Bodenhorizont. (2) Tiefe, cm. (3) Humus, %. (4) Austauschbare Kationen, S%. (5) S-Wert, mval/100 g. (6) T-Wert, mval/100 g. (7) V% (Sättigungswert). (8) Kiesel, Steine (> 2 mm), %. (9) Erdiger Teil (< 2 mm), %. (10) Körnung in % des erdigen Teiles. (Teilchendurchmesser: mm.)

*Tab. 2.* Gesamtabfluss ( $\Sigma q$ ) und Flächenerosion ( $L_e$ ) des natürlichen Regens auf den Versuchspartellen (Károlyfalva).  $\alpha$ : Neigung der Partellen. (1) Laufende Nummer, Datum und Menge des Regens, mm. a) Insgesamt. (2) Versuchspartellen.

*Tab. 3.* Gesamtabfluss ( $\Sigma q$ ) und Flächenerosion ( $L_e$ ) auf den mit Netz bedeckten und unbedeckten Parzellen (Károlyfalva, 1980).  $\alpha$ : Neigung der Parzellen. (1) Laufende Nummer, Datum und Menge des Regens, mm. a) Insgesamt. (2) Bezeichnung der Parzelle, Bedecktheit: (3) mit Netz; (4) ohne Netz.

*Tab. 4.* Gesamtabfluss ( $\Sigma q$ ) und Flächenerosion ( $L_e$ ) auf Parzellen mit verschiedener Bedeckung. (Károlyfalva, 1981). (1)—(4): s. Tab. 3. (5) Netz + Pflanzendecke; (6) Pflanzendecke.

*Tab. 5.* Zeitpunkt des Beginns vom Wasserablauf auf Einwirkung von einem vom Beginn der Beregnung über eine mittlere Energie verfügenden und einem nahe der Schwellenenergie stehenden künstlichen Regen. A: Oberflächenausdehnung der untersuchten Bodenmonolithe;  $\alpha$ : Neigung der Oberfläche der Monolithe; i: Intensität des Regens. (1) Böden: a) Parabraunerde; b) Braunerde Ackerkrume; c) Löss. (2) Feuchtigkeitsgehalt des Bodens, Gw.-%. (3) Zeitdauer bis zum Beginn des Abflusses, Minuten. (4) Zeitunterschied, Minuten. (5) während des Zeitunterschieds: (6) gesamter Wasserablauf,  $\text{cm}^3$ . (7) Flächenerosion, g; (8) Materialbewegung durch Tropfenerosion in jede Richtung, g.

*Tab. 6.* Tropfenerosion auf der Versuchsparzelle  $K_2$  (Károlyfalva, 1. Mai 1979.—20. Juli 1980.). (1) Laufende Nummer des Regens. (2) Intensität. (3) Maximale Intensität während 20 bzw. 30 Minuten, mm/Stunde. (4) Kinetische Energie des Regens. (5) Spezifische Tropfenleistung des Regens. (6) Menge des sich den Hang mit Hilfe einer Flugbahn hinunter, bzw. (7) hinauf bewegendes Bodens (Tropfenerosion), g. a) Insgesamt.

*Tab. 7.* Korrelation zwischen den verschiedenen Parametern des Regens und der anfänglichen Erosionsformen. (1) Formen der anfänglichen Erosion: a) Flächenerosion; b) Gesamte Menge der auf einer Flugbahn hinauf- und hinunterbewegten Bodenteilchen. (2) Regenmenge. Die übrigen Bezeichnungen: s. Tab. 6.

*Tab. 8.* Statistische Angaben über die während der Regenfälle registrierten Windrichtungen. (1) Statistische Angaben: a) Anzahl der Fälle; b) Verhältnis in %. (2) Windrichtung: É: Norden; ÉK: Nord-Osten; K: Osten; DK: Süd-Osten; D: Süden; DNY: Süd-Westen; Ny: Westen; ÉNY: Nord-Westen. (3) Insgesamt.

*Abb. 1.* Skizze einer Versuchsparzelle. a) mit Folie bedeckter Boden; b) Gefäße zur Aufnahme des Abflusswassers; c) Gefäße zur Aufnahme des durch Tropfenerosion bewegten Bodens; d) Richtung des Wasserablaufes.

*Abb. 2.* Programm zur Messung der Flächen- und Tropfenerosion im Gelände der Versuchspartzellen von Károlyfalva ( $K_1, K_2, K_3, K_4$ ). 1. Unbedeckter Boden. 2. Boden mit Netz bedeckt. 3. Boden mit Pflanzen bedeckt. 4. Boden mit Netz und Pflanzen bedeckt. 5. Messgefäß für die Tropfenerosion. Bemerkung: Die Gefäße zur Messung der Flächenerosion und des Oberflächenabflusses sind in der Abbildung nicht angeführt, da diese vom Beginn bis zum Ende des Versuchs bei allen Parzellen verwendet worden sind.

*Abb. 3.* Flächenerosion vermindernde Wirkung des Bodenschutznetzes auf den Versuchspartzellen bei Regenschauern von verschiedener Abtragung. 1. Flächenerosion auf der unbedeckten Versuchspartzelle. 2. Flächenerosion auf mit Bodenschutznetz bedeckter Versuchspartzelle.

*Abb. 4.* Kruste (hellfarben, oben) infolge Schlagwirkung der Regentropfen entstanden auf der Oberfläche eines strukturellen Bodens.



## Полевые опыты по эрозии почв Токай-Хедьяля

А. КЕРЕНИ

Университет им. Л. Кошута, Дебрецен (Венгрия)

## Резюме

На почве ранкер (черный нирок) (таблица 1.) заложили опытные делянки, пригодные для улавливания почвенных частиц, разлетающихся под действием капельной эрозии, а также для измерения стекающей воды и объема почвы, находящейся в ней. (Рис. 1). Программа опыта приведена на рисунке 2.

В первой фазе работы измерили эрозию непокрытой почвы. Этим хотели выяснить разницы эрозии, возникающей за счет гетерогенности почвенной поверхности. Результаты приведены в таблице 2.

Во второй фазе работы над делянками  $K_1$  и  $K_3$  на высоте 20—25 см натянули сетку с отверстиями 1 мм, которая еще до падения на землю разбивала дождевые капли на мелкие брызги. Под сеткой передвижение материала под влиянием капельной эрозии практически прекратилось, и даже при самых сильных дождях составляло только 0,1 г. На этих делянках поверхностная эрозия уменьшилась примерно в 22 раза по сравнению с непокрытыми сеткой площадями (Табл. 3). Размеры защиты сеткой зависели от параметров дождя (Табл. 3., Рис. 3). Исходя из соотношений покрытие сеткой лучше защищает от больших дождей, но исходя из абсолютного количества, большие дожди уносят из под сетки больше почвы, чем небольшие.

В третьей фазе работы делянку  $K_1$  покрыли сеткой, делянка  $K_2$  была непокрытым контролем,  $K_3$  засеяли овощными культурами и покрыли сеткой, делянка  $K_4$  засеяли овощными культурами (Рис. 2).

В условиях осадков, отличающихся от условий во второй фазе работы, защитная роль сетки немного снизилась (Табл. 4). Примерно такую же защиту, как и сетка, оказало покрытие овощными культурами (примерно 80%-е покрытие). Сетка + растительный покров практически прекратили поверхностную эрозию, значительно снизили сток (Табл. 4). Зеленая масса овощных культур под сеткой увеличилась примерно в полтора раза, по сравнению с зеленой массой непокрытых культур. В работе подробно разобраны причины этого.

Причины значительных разниц в эрозии объяснили с помощью лабораторных опытов. Доказали, что, кроме всего прочего, снижение капельной энергии затрудняет сток (Табл. 5), а под влиянием дождевых с большой энергией на поверхности почвы образуется корка (Рис. 4).

Наконец, охарактеризовали движение почвенных частиц при разбрызгивании дождевых капель (Табл. 6), и связь между капельной эрозией и различными параметрами дождя (Табл. 7).

*Табл. 1.* Данные лабораторных исследований почв опытных делянок (Каройфалва). (1) Горизонт почвы. (2) Глубина, см. (3) Гумус, %. (4) Содержание обменных катионов, S %. (5) Величина S, мг. экв/100 г почвы. (6) Значение T, мг. экв/100 г почвы. (7) Ёмкость поглощения, V %. (8) Галька, камни (<2 мм), %. (9) Мелкозем, % (частички >2 мм). (10) Механический состав в % от землистой части. (Размер частиц: мм).

*Табл. 2.* Общий сток ( $\Sigma q$ ) и поверхностная эрозия ( $L_e$ ) на опытных делянках, относящиеся к естественным дождям (Каройфалва).  $\alpha$ : крутизна склона делянки. (1) Номер дождя, дата и количество, мм. а) Всего. (2) Опытные делянки.

*Табл. 3.* Общий сток ( $\Sigma q$ ) и поверхностная эрозия ( $L_e$ ) на опытных делянках, покрытых и не покрытых сеткой (Каройфалва, 1980).  $\alpha$ : крутизна склона делянки. (1) Порядковый номер дождя, дата и количество, мм. а) Всего. (2) Обозначение делянки, покрытие: (3) сеткой, (4) непокрытая поверхность.

*Табл. 4.* Общий сток ( $\Sigma q$ ) и поверхностная эрозия ( $L_e$ ) на опытных делянках с различным покрытием поверхности (Каройфалва, 1981). (1)—(4) смотри в табл. 3. (5) сетка + растительный покров. (6) растительный покров.

*Табл. 5.* Начало стока, считая от начала дождевания, под влиянием искусственного дождя со средней и предельными энергиями капель. А: Площадь поверхности почвенных монолитов;  $\alpha$ : уклон поверхности монолитов.  $i$ : интенсивность дождя. (1) Почва: а) иллимезированная бурая лесная почва; б) бурая почва по Раманну; пахотный горизонт; с) лёсс. (2) Влажность почвы в весовых процентах. (3) Время, прошедшее с начала стока, мин. (4) Разницы в минутах. (5) За это время: (6) общий сток, см<sup>3</sup>. (7) Поверхностная эрозия, г; (8) Передвижение материала во всех направлениях под влиянием капельной эрозии.

*Табл. 6.* Капельная эрозия на делянке  $K_2$  (Каройфалва, 1 мая 1979 г.—20 июля 1980 г.). (1) Порядковый номер дождя. (2) Интенсивность. (3) Максимальная интенсивность 20 или 30 минут, мм/час. (4) Кинетическая энергия дождя. (5) Удельная работа дождевых капель. (6) Масса, передвигающаяся по траектории вниз по склону (7) вверх по склону (капельная эрозия) г. а) всего.

*Табл. 7.* Связь между различными параметрами дождя и формами инициальной эрозии. (1) формы инициальной эрозии: а) поверхностная эрозия; б) общая масса почвенных частиц, сдвинутых разбрызгиванием вверх и вниз. (2) Количество дождя. Остальное смотри в таблице 6.

*Табл. 8.* Статистические данные о направлениях ветра во время замера дождей. (1) Статистические данные: а) число случаев; б) процентное соотношение. (2) Направление ветра: Ё: северное; ЁК: северо-восточное; К: западное; ДК: югозападное; D: южное; DNY: юго-западное; Ny: западное; ЁNY: северо-западное. (3) Всего.

*Рис. 1.* Схема опытных делянок. а) почва покрытая пленкой; б) сосуды, предназначенные для улова стекающей воды; с) сосуды, предназначенные для улова сдвинутой эрозией почвы; д) направление стока.

*Рис. 2.* Программа для измерения в полевых условиях поверхностной и капельной эрозии на контрольных делянках в Каройфалве ( $K_1, K_2, K_3, K_4$ ). 1. Не покрытая почва. 2. Почва, покрытая сеткой. 3. Почва, покрытая растительностью. 4. Почва, покрытая сеткой и растительностью. 5. Сосуд для измерения капельной эрозии. Примечание: на рисунке нет сосудов для измерения поверхностной эрозии и поверхностного стока, поскольку они применялись на каждой делянке от начала до конца опыта.

*Рис. 3.* Защитное влияние сетки при различном сносе почвы, вызываемом дождями. 1. Поверхностная эрозия на непокрытой поверхности опытной делянки. 2. Поверхностная эрозия на поверхности делянки, покрытой сеткой.

*Рис. 4.* Почвенная корка (светлой окраски) образовавшаяся на поверхности одной структурной почвы.