

A talajok széleróziójának folyamata és dinamikája

A szél munkáját a múltban csak mint a Föld felszínét kialakító természet-földrajzi tényezőt kísérték figyelemmel. Hatását csak évezredekben lemérhető természeti földrajzi változásnak tartották, s érvényesülésének területét az arid és semi-arid klímazónákra korlátozták.

Ez a felfogás azonban később, egyrészt a szél kitarító munkája következtében egyre erodálhatóbbá vált homoktalajok mind gyakoribb megmozdulása, másrészt az ember saját hibája, ésszerűtlen beavatkozása miatt támadt, egyre gyakoribb és egyre szélesebb körben fellépő erózió következtében, lassan megváltozott.

E század elején Észak-Amerikában a gépesítés rohamos fejlődésnek indul, s ez nagy kiterjedésű szűzterületek szántófölddé váló átalakítását teszi lehetővé. A nagy területeken végrehajtott ésszerűtlen beavatkozás: szántóföldi művelésre alkalmatlan ösgyeppek feltörése, az ipar fejlődése miatt megnőtt faanyagszükséglet biztosítása céljából végrehajtott erdőpusztítások, de a feltört és sikeresen művelésbe vett területek nagy részén is, az egyoldalú búzatermesztés rövidesen terméketlen puszták kialakulásához vezetett.

A kíméletlen és ésszerűtlen földhasználat a 30-as évek táján, nagyfokú szárazság és szélviharok egyidejű fellépése mellett, megdöbbentően hatalmas, szél okozta rombolásokat eredményezett, melyek megismertették a világgal a szántóföldeken előforduló gyorsított erózió rendkívül káros folyamatát. A Szovjetunióban, de más vidékeken is, ez idő tájban porviharokat jegyeztek fel, melyek hasonló hibákból jöttek létre.

Az ekkor keletkezett hatalmas károk nagy lendületet adtak a védekezés szervezett megindítására, az erózió tompítása és megelőzése szempontjából egyaránt fontos talajvédelmi eljárások kidolgozására, s ezzel kapcsolatban a szélerózió kifejlődésének, tényezőinek és törvényszerűségeinek tanulmányozására. Ebben az időben létesül az Egyesült Államokban a mai Soil Conservation Service, s ekkor, 1935-ben jelenik meg hivatalos folyóiratuknak, a Soil Conservation-nek az első száma, mely

kutatások, gyakorlati eljárások és gazdálkodási módszerek eredményeit ismerteti.

Hazánk területén is sokszor súlyos kárt okozott és okoz még ma is a szél. 1756—58-ban a Duna—Tisza közén hatalmas homokvihar dúlt [20], melyet a kíméletlen legeltetéssel letiport és felszaggatott gyep-takaró elpusztulása okozott. A XVIII. sz. elején elindított erdősítés a gyakori, nagy arányú szél okozta pusztításoknak ugyan elejét vette, de szántóföldi művelés alatt álló területeinken a szélerózió veszélyének fennállásával ma is számolnunk kell. Szomorú példa erre ez év nyár elején a nyírségi homokterületen fellépett több millió Ft értékű kárt okozó egyetlen szélvihar. A pusztító szél sebessége ez alkalommal 50 km/óra, ill. 15 m/sec felett volt. Az ilyen súlyos kártétel szerencsére nem gyakori jelenség, mivel azonban ennél sokkal kisebb erősségű, ill. sebességű szél (4 m/sec) is mozgásba tudja hozni a laza, száraz növényzettel nem borított homoktalajt, kisebb-nagyobb kártételek minden évben előfordulnak.

Hazánk szántóterületének 23%-a, szemcseösszetétele szerint homoktalaj; ebből 5—8% jó termőképességű vályogos homok, 10—12% laza, humusz-szegény és 3—4% sülevényes, terméketlen futóhomok. Szántóterületünknek tehát aránylag nagy részén — a talaj agyag- és szervesanyag-tartalmától függően kisebb-nagyobb mértékben — a defláció veszélye állandóan fennforog. A szélerózió fellépésének lehetőségét azonban nem szabad kizárólag csak homok vagy továbbmenőleg csak homok és láptalajokra korlátoznunk, mivel ritkábban és kisebb mértékben kötöttebb talajainkon is okozhat kárt a szélerózió. Nagy kiterjedésű, tagolatlan táblákon kötöttebb talajaink száraz, növénytel nem takart, helytelen műveléssel túlságosan felaprózott vagy elporosított felszínét könnyen megtámadja a szél. E talajokon a szél sokszor csak hosszadalmas, alattomos pusztító munkát végez, mely a talaj agyag- és szervesanyag-tartalmának lassú elvesztését eredményezi. Az eleinte alig észrevehető agyag- és szervesanyag-tartalombeli csökkenés később fokozatosan romosabbá

válí, ami egyre jobban kedvez az erózió fellépésének és mértékének, míg végül rövid idő alatt a talaj termőképességének és szerkezetének teljes leromlása következhet be. Ily módon a szélerózióra fogékony területek nagysága állandóan növekedhet.

A nagyüzemi gazdálkodás térhódításával egyidejűleg, a nagyobb táblák, s a nagyobb kiterjedésű tagolatlan területek miatt, megnő a szélerózió veszélye, ami fokozottabb védekezést tesz indokolttá.

Mind a könnyen erodálható talajok megfékezését, mind a kötöttebb talajok leromlásának megelőzését szolgáló talajvédelmi eljárások kidolgozásához nélkülözhetetlen a szélerózió folyamatának, annak kialakulásának, dinamikájának és a folyamatban résztvevő vagy arra ható tényezőknek a megismerése.

Hazánkban természet-földrajzi szempontokból CHOLNOKY [16, 17], KÁDÁR [24, 25], MOLDVAY [29], MIHÁLTZ [27], VADÁSZ [35] és még sokan mások vizsgálták a szél munkájának hatását. A szélerózió meteorológiai vonatkozásait főképpen AUJESZKY [1], BACSÓ [2, 3] és BERÉNYI [7, 8], RÓNA [30] kutatták. A szélerózió folyamatának sajátágaival talajvédelmi szempontokból FEKETE [21] és EGER-SZEGI [20] foglalkoztak.

A külföldi szakirodalomban az utóbbi években egyre több munkát találunk, melyek a szántóföldi szélerózió és az ellene való védekezés kérdéseivel foglalkoznak. A talajok széleróziójának folyamatát és dinamikáját főképpen amerikai [4, 5, 9, 11, 36] és szovjet kutatók [19, 23] vizsgálták, s jelenlegi, szélerózióra vonatkozó elméleti és gyakorlati ismereteink legnagyobb része nekik köszönhető.

A talajok széleróziójának folyamatával kapcsolatos itt közölt fejtegetések, megállapítások és törvényszerűségek zömmel homoktalajokra vonatkoznak, ill. homoktalajokkal végzett kísérletek eredményeiből adódtak; azonban kötöttebb, szerkezettel bíró ásványi talajokra és láptalajokra is lényegében érvényesek, ha a talaj részecskéinek (szöveti és szerkezeti egységeinek) nagyságát egységesen *equivalens* átmérőre vonatkoztatjuk: $\sigma d/2,65$, melyben d a részecskék átmérője, σ a térfogatsúlya, $2,65$ a homokszemcse fajsúlya.

A talajok széleróziójának folyamatát három szakaszra lehet osztani: kifúvás, szállítás, lerakódás. A folyamat legfontosabb része a kifúvás, mivel az egész pusztító folyamat innen indul el. A kifúvás mindig a szélnek leginkább kitett helyeken, a legerodálhatóbb talajrészecskék elmozdulásával kezdődik. Az elmozdulást a talajfelszín feletti szél sebességének, turbulenciájának és a felszínen levő részecskék

nagyságának, fajsúlyának és helyzetének bonyolult összefüggései irányítják. Ha a szél sebessége eléri a felszínen levő talajszemcsék elmozdításához szükséges sebességet, az ún. küszöbsebességet, a szélerózió folyamata megindul.

A szélerózió dinamikájának tanulmányozására a szakirodalomban a szél sebessége helyett, a sebesség gradiensét, ill. a gradienst jellemző V_* -t használják [9, 11, 38], mely a jelenségek, összefüggések megállapítása vagy magyarázása céljára sokkal pontosabb és megfelelőbb.

Szélerózió csak turbulens légáramlás hatására keletkezik. A turbulens légáramlás függőleges és ferde irányú örvényei okozzák a talajszemcsék felemelkedését. A szél, ill. egy légáramlás sebessége, turbulenciája miatt igen változó, s ezért a szokásos módon mért sebesség, mely tulajdonképpen egy bizonyos időköz átlagsebessége, nem fejezi ki sem az egyes lökések nagyságát, sem az örvényekből összetett áramlás jellegét, holott a talaj elmozdulása nem annyira az átlagsebességtől, mint inkább az egyes örvények maximális sebességétől és uralkodó irányától függ. A szélesebb profilja, ill. gradiense viszont, mivel szoros összefüggést mutat a szél turbulenciájával, a légáramlás jellemzésére sokkal megfelelőbbnek látszik. Korábbi kutatások $v = a \log z + b$ összefüggést (melyben v a szél sebessége z magasságban) használták a gradiens kifejezésére, azonban később úgy találták, hogy a felszín érdességét és a levegő sűrűségét is figyelembe kell venni. PRANDTL [10] egyenletében, mint látni fogjuk, ez már kifejezésre jut.

A szélesebbég-gradiens logaritmusfüggvény törvényszerűségeit mutatja. Egy időben különböző magasságban mért szélesebbégeket, a magasság logaritmusában ábrázolva egyenest kapunk (1. ábra CHEPIL [15] nyomán).

Az ábrázolt gradiensek lejtését, vagyis a szélesebbég növekedésének a mértékét függőleges irányban, V_* fejezi ki.

PRANDTL [10] és von KARMAN [26] elmélete szerint, turbulens áramlás esetén, érdes felszín felett a következő összefüggés áll fenn:

$$v_z = 5,75 V_* \log \frac{z}{k},$$

ahol v a sebesség z magasságban, k az a magasság, mely alatt a sebesség = 0; (az ábrázolt sebességgradiens e pontban metszi az abszcissát), $V_* = \sqrt{\tau/p}$, τ a nyíróerő intenzitása, p a légáram sűrűsége.

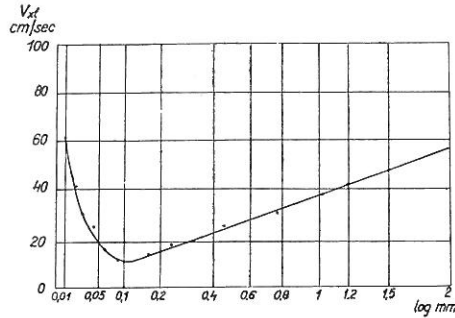
A talajfelszín felett egy igen vékony sávban (0,03—2,5 mm) a szél sebessége 0.

E sáv felett egy vékony lamináris réteg van, mely átmenetet képez a turbulens légáramba. E turbulens légáram hozza létre azokat az erőket, melyek a talajrészecskéket elmozdítják. A 0 sebességű réteg vastagsága tehát a talajrészecskék elmozdítása szempontjából lényeges. A 0 sebességű réteg magasságát a k érték jelzi. Ez az érték a felszín érdességétől, vagyis a talajmorzsák, talajszemcsék nagyságától függ. Relatív sima felszínen, ahol csak a talajszemcsék megoszlása okozza az érdességet, a k érték nagyságát a felszínen fekvő talajszemcsék átmérője szabja meg.

BAGNOLD [4] szerint $k = \frac{K}{30}$, melyben K a felszín érdességének a magasságát jelenti.

A talaj felszínét képező részecskék erodálhatósága szoros összefüggésben van nagyságukkal. Ez az összefüggés részben a részecskék súlyosságán, részben a k érték nagyságán alapul. A talajfelszín általában különböző nagyságú szemcsék keverékéből áll. A legnagyobbak emelkednek ki a legjobban a felszínen, ezek nyúlnak a legmagasabbra a turbulens áramba, súlyuk miatt azonban mégsem ezek mozdulnak el elsősorban. A legkisebb, legkönnyebb részecskék viszont a nagyobb talajszemcsék jelenlétében fennálló relatív nagy k érték miatt védelemben részesülnek (a turbulens réteg alatt maradnak), de ezenkívül erős kohéziós erő is visszatartja őket az elmozdulástól, s így ezek sem a legerodálhatóbb-

ak. Az elmondottak alapján így nyilvánvaló, hogy a közepes méretű talajrészecskék (0,1 mm átmérő körüliek) kezdik meg az elmozdulást. A 0,1 mm körüli talajrészecskék elmozdításához 4 m/sec szélsebesség szükséges, tehát a legerodálhatóbb nagyságrendű részecskéknek ez a küszöbértékük.



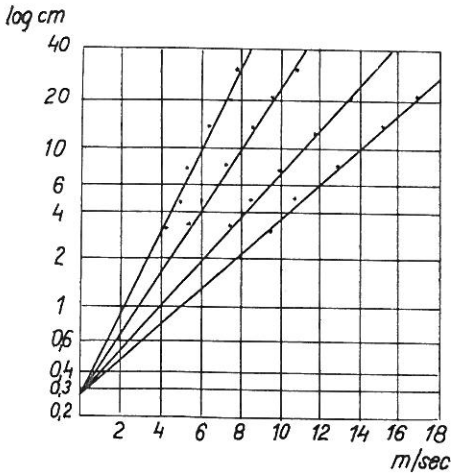
2. ábra
Különböző nagyságú talajrészecskék V_{*t} -értéke. Vízszintes tengely: a részecskék equivalens átmérője

A szemcsék nagyságának összefüggését az elmozdulásukhoz szükséges V_{*t} küszöbértékével, V_{*t} -tel, CHEPIL [14] nyomán a 2. ábra mutatja. A részecskék nagysága equivalens átmérőben van feltüntetve.

A fenti ábrából láthatjuk, hogy a 0,1 mm equivalens átmérőjű részecskék elmozdításához kell a legkisebb V_{*t} , kb. 15 cm/sec. E szemcseméret felett és alatt nő a küszöbérték.

A talajmozgás tehát a legerodálhatóbb részeket elmozdító legkisebb szélereővel elkezdődik, s megindítja a szélereziozió rendkívül káros folyamatát.

A szélereziozió folyamatában résztvevő talajrészecskék mozgása három alapvető módon történik. SZOKOLOV [34] figyelte meg először, majd később BAGNOLD [4], BEARE [5], CHEPIL [11], BISAL—NIELSEN [9] tanulmányozták a talajmozgás típusait. Ma már elfogadott tény, hogy a talajrészecskék, talajaggregátumok mozgásának típusai a következők: 1. felszínen való gördülés vagy csúszás, 2. ugrálás, szökellés vagy pattogás (szaltáció), 3. lebegés vagy szuszpenzióban való szállítás. A talajrészecskék nagyságától, térfogatsúlyától, ill. tömör szemcsék esetén fajsúlyától döntően függ, hogy milyen mozgástípusban haladnak előre. A felszíni csúszás általában a 0,5—2,0 mm nagyságrendbe tartozó részecskék jellemző mozgása, a 0,05—0,5 mm átmérőjű szemcsék főképpen



1. ábra
Finom kavics felett mért szélebbességgradiensek. Függőleges tengely: magasság, vízszintes tengely: szélebbesség

szaltációs, ugráló mozgást végeznek, míg az ennél kisebbek szuszpenzióban, a légáramban lebegve szállnak messzire.

A talajrészecskék három mozgástípusa közül a szaltáció a leglényegesebb. Az erőzítő mindig szaltációval kezdődik, mivel ez a legerodálhatóbb (0,05–0,5 mm) szemcse nagyságú részecskék mozgástípusa. Szaltáció következménye azonkívül, rendszerint a nagyobb átmérőjű részecskék gördülő mozgása is, sőt többnyire a lebegő por felemelkedése is. A szél által mozgatott talajtömegnek túlnyomó része, 50–75 súlyszázaléka szaltációs mozgást végez, felszíni esútszással csak 5–25%-a, porfelhőben lebegve pedig mintegy 3–50%-a halad előre. E százalékos megoszlás természetesen nagymértékben függ a kifújót talaj tulajdonságaitól, főképpen mechanikai összetételétől és a szél erejétől.

A talajrészecskék szaltációs mozgását CHEPIL [12] a következő módon írja le. A legerodálhatóbb talajrészecskék direkt szélérő hatására elmozdulnak, rövid távolságon át a felszínen esútsznak, majd elegendő energiát nyerve hirtelen felemelkednek, s szaltációba kezdenek. A talajról való felemelkedés kezdősebességétől függően kisebb-nagyobb távolságra ugranak. A részecskék levegőbe emelkedésük, majd visszaesésük közben a szél erejétől folyamatosan jelentős energiát kapnak, s így növekvő sebességgel folytatják útjukat mindaddig, míg a felszínt elérik. Ekkor hozzáütődve vagy visszapattannak a légáramba és folytatják szaltációs mozgásukat, vagy a felszínen más részecskéket meglökve azok felemelkedését okozzák. Ez utóbbi esetben sajátmaguk energiájuk nagyrészt elvesztve nyugalmi állapotba kerülnek, vagy a felszíni esútszás részeseivé válnak. A szél erejétől, sebességétől függően bizonyos mérettartományba tartozó részecskék állandóan váltogatják mozgásuk típusát a felszíni gördülés és a szaltáció között. CHEPIL szerint a részecskék nagy része kb. 75%-a szaltáció közben forgó mozgást is végez, 200–1000 fordulatot másodpercenként.

BISAL és NIELSEN [9] is tanulmányozták a szaltáció megindulását és a részecskék mozgásának útját a levegőben. CHEPIL által leírt szaltációs folyamat képének két részletét módosították. 1. Megállapították, hogy a talajrészecskéknél nem kell szükségszerűen előbb a felszínen gördülniük, hogy elegendő energiát nyerve felemelkedhessenek, mivel a szélesebb különbségeiből eredő impulzív erők közvetlenül felemelhetik őket. Megfigyeléseik szerint a részecskék nagy többsége intenzív vibráció után tüstént felemelkedik a felszínről, s csak néhány gördül a felszínen

felugrását megelőzően. 2. A szaltációban a részecske sebessége nem növekszik feltétlenül felemelkedésétől számítva egészen a felszínhez ütődéséig, mivel a lemenő ágon fellépő gyorsulást a légáram sebesség gradiense (vagyis a sebesség rohamos csökkenése a felszín felé) kompenzálhatja, kiegyenlítheti.

A szaltáció magassága a szélérőzítő elleni védekezés szempontjából igen fontos. A tarló vagy barázda magasságának, sűrűségének, ill. szélességének erőzítő csökkenő képessége nagymértékben ettől függ. A 0,1–0,5 mm nagyságú részecskék 30–60 cm magasságig is felugorhatnak, de általában 30 cm alatt végzik ugráló mozgásukat. A szaltáció magassága arányos a hosszával. A felszín közelében ez az arány 1/7, majd vertikális irányban egyre csökken:

5 cm alatt a magasság és hossz aránya 1 : 7

5–10 cm között a magasság és hossz aránya 1 : 8

10–15 cm között a magasság és hossz aránya 1 : 9

15 cm felett a magasság és hossz aránya 1 : 10.

A szaltáció magassága függ a szél sebességétől, ill. V_* -tól és a talaj típusától.

BISAL és NIELSEN [9] megállapították, hogy az ugráló talajszemcsék nagyjából egyenes vonalban, 2–10°-os (átlag $6^\circ \pm 4^\circ$) szögben térnek vissza a talaj felszínére. A talajrészecskék ugráló mozgásáról készült felvételeik közül itt kettőt bemutattunk (3. ábra). A felvételek szélesatornában, mesterséges széllel előidézett szaltációs mozgást örökítene meg. A felvételek 75 cm² nagyságú területről 1/30 sec exponálási idővel készültek.

CHEPIL szerint a talajrészecskék ugrálásuk közben forgó mozgást végeznek. BISAL és NIELSEN vizsgálataik és fényképeik alapján felteszik, hogy a részecskék szükségszerűen nem forognak, de mind forgó, mind rezgő mozgást végző talajszemcsék előfordulhatnak a szaltációban. Fényképeiken több rezgő mozgást végző részecskét láthatunk.

A szélérőzítő folyamatának másik mozgástípusa a gördülés vagy esútszás. A mozgó talajnak általában csak kis része gördül, mivel általában a talajban, sőt még a homokban is aránylag kevés olyan durva részecskét találunk (0,5 mm átmérő felett), melynek ez a leggyakoribb mozgástípusa. A gördülés szorosan kapcsolódik a szaltációhoz, amint ezt az előbbieknél már kifejtettük.

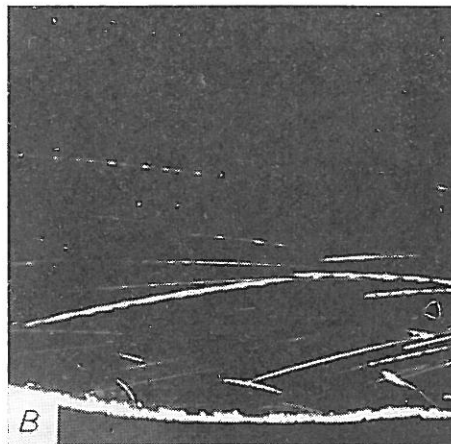
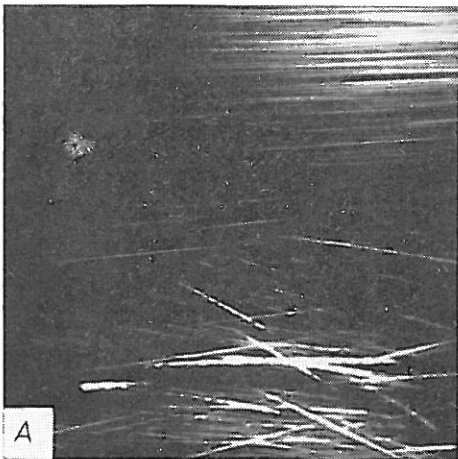
A légárammal szállított legfinomabb talajrészecskék lebegése képviseli a harmadik mozgástípust. A 0,05 mm-nél kisebb

átmérőjű szemcséket szállítja ily módon a szél. Ezek a felszínről többnyire az ugráló talajrészecskék lökésének hatására emelkednek fel, s a légáram sebesség-gradiense miatt egyre magasabbra és egyre messzebbre kerülnek. Rendszerint a kifúvás helyétől, csak igen távol, csak a szél elmúltával vagy a sebesség csökkenésével rakódnak le, vagy a lehulló csapadékkal kerülnek ismét vissza a földre. A természet-földrajz körébe tartozó kutatások részletesen foglalkoznak a légáramban lebegő részecskék haladásának és lerakódásának körülményeivel, törvényszerűségeivel. MOLDVAY [29] kimutatja, hogy a jól és rosszul ülepedő szemecsesoportok között a határ a 0,05 mm-es szemecsenagyságnál van. A rosszul ülepedő, 0,05 mm-nél kisebb átmérővel rendelkező részecskék azok, melyek a légárammal igen messzire elkerülhetnek. A légárammal való tovahaladás vagy leülepedés, a szemecsenagyságon kívül az emelő irányú, vagyis függőleges vagy ferde irányú összetevőt is magába foglaló, örvénylő mozgás sebességétől is függ. A kettő egymáshoz való viszonya, vagyis a szemcsék ülepedési és az áramlás emelkedési sebességének viszonya dönti el a szemcsék további sorsát. A szemcsék tovaszállítását nemcsak a kifúvó szél végezheti, hanem a kifúvó szélől függetlenül kialakult, magasban áramló szélrendszer is továbbbíthatja a nagy magasságra felemelt por-szemcséket (RÓNA [30]). A talaj a legértékesebb részét veszíti el ily módon. Humuszban és tápanyagban jelentősen elszegényedik, de még ennél is sokkal nagyobb kárt szenved agyagtartalmának csökke-

nésével. Sokszor egyetlen szélvihar is hatalmas romboló munkát fejtethet ki. BENETT [6] leír egy 1937-ben lezajlott porvihart, mely Texasból, Delhart környékéről kiindulva Kanada több államán keresztül haladt. Ez alkalommal a szél kb. 800 km-en át hatalmas portómeget szállított, melyet azután Iowában a hótakaró tetejére lerakott. E lerakott iszap- és porréteg kémiai és fizikai vizsgálatának eredményeit, valamint a kifúvás helyéről származó azonos talajtípusú, de feltöretlen, szélereziónak ellenálló füves területről és a közelben felhalmozódott dűnéből vett minták vizsgálati eredményeit az 1. táblázat mutatja.

A fenti különböző mozgástípusok nem egyforma módon okoznak kárt a mezőgazdaságban. A felszínen való gördülés, de még inkább a szaltáció, a növények megsebzésével közvetlenül a természetett növényzetet teszi tönkre, míg az iszap és porrétegeknek a légárammal történő távozása a talaj termőképességét és szerkezetét rontja le. Így ez utóbbinak hatása nem azonnal, hanem csak a szélerezóió fellépésének foka és gyakorisága szerint hosszabb-rövidebb idő múlva jelentkezik.

A talaj különböző nagyságú szerkezeti és szöveti elemeinek fent leírt különböző típusú mozgásából összegeződik, alakul ki a szélerezóió folyamata, mely a talajnak az idő és tér nagyobb távlatában, a szél hatására lejátszódó mozgását jelenti. E folyamatnak — mint már említettük — három szakaszát lehet megkülönböztetni: kifúvás, szállítás, lerakódás. A folyamat e három szakaszát pontosan csak a terület első erő-



3. ábra

A) A részecskék szaltációja. B) Durvább (1—3 mm átmérőjű) talajszemcsék viszsza-pattannása a felszínről. Szélirány jobbról balra

1. táblázat

Az 1937. évi észak-amerikai porvihar után végzett talajvizsgálati eredmények

	Feltöretlen füves terület Dalhart környékén (Texas), %	A szélvihar után felhalmozódott homokdűne Dalhart környékén (Texas), %	A szélvihar után a hótakaró tetejéről összegyűjtött por Clarinda mellett (Iowa), %
Szervesanyag	1,06	0,33	3,35
Nitrogén	0,06	0,02	0,19
Foszforsav	0,04	ny	0,19
Kálium	2,05	1,77	2,58
Homok	79,2	91,8	0,0
Iszap és agyag (0,05)mm	19,6	7,5	97,0
Kolloid (0,002) mm ...	8,1	5,2	33,4

ziós pusztításakor lehet jól felismerni, mivel újabb különböző erősségű, irányú és tartamú szélviharok teljesen összekuszálhatják az előző folyamatban kialakult szakaszokat. Így egy eróziótól szenvedő területről sokszor nehéz eldönteni, hogy a folyamat melyik szakaszához tartozik, de egy adott szélvihar esetén, ha közben a szél iránya nem változik, jól felismerhető a folyamat három szakasza. Természetesen e szakaszok éles határvonallal nem választhatók el egymástól, elkülönítésük csak a mozgó talaj helyzetének túlsúlyát fejezi ki. A talaj felszíne, a felszínről vett minták mechanikai összetétele jól tükrözi a folyamat szakaszait egy lezajlott szélvihar után. Ennek oka a szél osztályozó tevékenységében rejlik, amely mind horizontális, mind vertikális irányban megnyilvánul. JAKUBOV [23] sötét vályogos homoktalajon figyelte meg a szélérózió fázisait és végzett

vizsgálatokat. Fényképfelvételei bemutatják a talajfelszín állapotát szélvihar előtt és után (4. ábra).

A szélnek a felvételeken bemutatott, horizontális irányú osztályozó képességét JAKUBOV [23] elemzési adatai is bizonyítják (2. táblázat).

A vizsgálati adatok is mutatják, hogy minél távolabb kerülünk a kifújási zónától, annál több finomabb talajrészecskét találunk a talajfelszín 0–2 cm-es rétegében. Lerakódásuk sorrendje szemcsenagyságukkal áll összefüggésben.

Az erodált talaj osztályozódását a mozgás típusaival összhangban CIEPIL [11] a következőképpen írja le: 1. a nem erodálható részek a felszínen maradnak, 2. a durva, felszínen veszteglő („lag”) részecskék lassan csúsznak előre, s a legkisebb mélyedésben azonnal visszamaradnak, 3. a szaltációban mozgó részek hullámbarázdákban

2. táblázat

Sötét gesztenyeszínű vályogos homoktalaj mechanikai összetétele és szervesanyagtartalma széléróziós zónánként

Eróziós zónák	Humusz %	Mechanikai összetétel %-ban			
		> 3 mm	> 1 mm	< 1 mm	< 0,25 mm
Kifújási zóna	0,13	28,1	36,0	64,0	26,0
Átszállítási és osztályozási zóna	0,32	18,4	23,0	77,0	34,0
Lerakódási zóna	0,52	9,6	16,0	84,0	65,0

3. táblázat

A homok—por-gyűjtőben összegyűlt hordalék mechanikai összetétele, 2 m magasságban mért 11,3 m/sec szélsébség mellett

Magasság a talaj felszín felett, cm	Az összes hordalék %-ában	Mechanikai összetétel, mm %						Homok	Por	Agyag	Homok por + agyag
		1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	1,0-0,05	0,05-0,001	0,001	
0-10	26	5,08	80,36	1,98	0,82	3,70	8,06	85,4	6,5	8,1	5,8
10-20	19	4,80	75,54	4,58	1,60	4,24	9,24	80,4	10,4	9,2	4,1
20-30	11	4,78	73,16	6,30	1,94	4,56	9,26	77,9	12,8	9,3	3,5
30-40	10	4,46	62,42	12,24	2,42	7,50	10,96	66,8	22,2	11,0	2,0
40-50	9	3,31	58,99	15,10	2,58	7,66	12,36	62,3	25,3	12,4	1,7
50-60	8	1,98	57,74	15,90	3,46	8,44	12,48	59,7	27,8	12,5	1,5
60-70	6	1,46	54,22	17,20	4,00	8,64	14,48	55,7	29,8	14,5	1,3
70-80	4	0,72	52,28	19,56	4,12	8,80	14,52	53,0	32,5	14,6	1,1
80-90	4	0,44	51,04	19,32	4,36	9,52	15,32	51,5	33,2	15,3	1,0
90-100	3	0,22	50,98	18,92	4,40	10,08	15,40	51,2	33,4	15,4	1,0

helyezkednek el, 4. a porszemcsék a légáramban szuszpenzióként lebegve nagyon messzire elkerülnek.

A szél osztályozóképesége nemcsak horizontális, hanem vertikális irányban is megnyilvánul. A talaj-légáram részecskéinek vertikális irányban való elrendeződését JAKUBOV és CSAKVETADZE [19, 23] elemzési adataival szemléltetjük (3. táblázat).

A felszín felett, a szél által szállított porfelhő vertikális irányban koncentrációbeli változást is mutat. Legsűrűbb a felszínhez közel, majd a magassággal arányosan egyre ritkább lesz. CSAKVETADZE [19] mérési eredményeiből (4. táblázat) megállapítható, hogy a mozgásban levő talaj

zöme (80,5%) a felszín feletti 0-20 cm-es rétegben van, sőt a 0-10 cm-es réteg is már a mozgó talaj 65%-át tartalmazza. Általában minél több és minél nagyobb deflációs pusztítást szenvedett egy terület, annál osztályozottabb a talaja és annál nagyobb mennyiség mozog közvetlenül a talaj felszín felett. Ilyenkor ugyanis a talajból az előző szélviharok már messzire elszállították a magasabban lebegő por és iszap részecskéket, s csak a viszszamaradt homokszemcséket mozgatja ide-oda a szél. CSAKVETADZE adatai is ezt bizonyítják: a 2. sz. területen a szél tevékenysége révén már teljesen osztályozott talaj alakult ki, mely felett a mozgó talaj

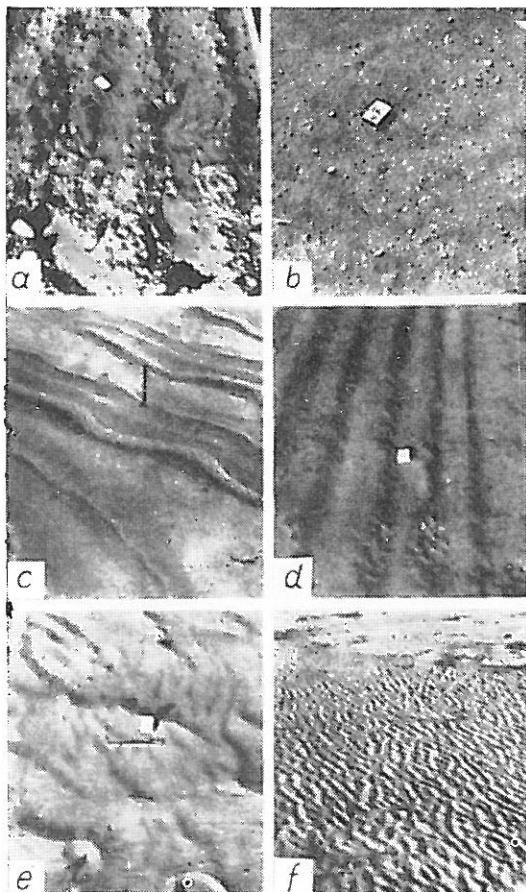
4. táblázat

A felszín felett mozgó talaj-légáram talajmennyiségének magasságbeli megoszlása, barna homokos-vályog talajon, különböző időpontokban és különböző szélsébség mellett

Magasság a talaj felszín felett, cm	1	2	3	4	5	6	Átlag
	talajmennyiség %-ban						
0-10	62,1	97,4	38,3	83,3	25,9	82,1	65,0
10-20	17,5	1,7	31,3	9,9	18,6	13,2	15,4
20-30	8,9	0,2	7,2	2,0	11,1	2,4	5,3
30-40	6,2	0,1	4,8	1,3	10,5	1,8	4,1
40-50	5,3	0,1	4,2	1,2	9,3	1,5	3,6
50-60		0,1	3,9	0,6	8,2		
60-70		0,1	3,5	0,5	6,0		
70-80		0,1	2,7	0,4	4,1		
80-90		0,1	2,2	0,4	3,7		
90-100		0,1	1,9	0,4	2,6		

97%-a a 0–10 cm-es rétegben található. Ugyanekkor a 3. és 5. sz. talajok, melyek először szenvedtek szélérozíótól, egészen más megoszlást mutatnak.

Az előbbieken leírt folyamatot, melynek jellegét első szakasza, a kifúvás adja meg, deflációnak nevezzük. Szerkezettel bíró kötöttebb talajaink ehhez igen gyakran a széléroziónak egy újabb fajtája társul, az abrázió [11, 16]. Ez a folyamat nem közvetlen szélérozó hatására jön létre, hanem a szaltációban mozgó talajrészecskék ütő-



1. ábra

Kifúvás: *a*) a talaj felszíne a kifúvás kezdeti állapotában; *b*) a már erodált durva szemcsés, apró kavicsos felszín. Szállítás: *c*) és *d*) kis földhányásokba rakott kavicsos és durvább-finomabb talajszemecskékből álló felszín. Lerakódás: *e*) és *f*) egyre finomabb részek lerakódása, egyre apróbb homokfodrok képződése

dése idézi elő a talajaggregátumok, talajrögök lekoptatása, szétrombolása révén. A talajaggregátumok abráziója a szélérozio folyamatát erősen megnyújthatja és kiszélesítheti, mert mind a mozgó, mind a nyugalmi állapotban levő részecskék lekoptatása vagy szétrombolása, egyszóval felaprózása révén egyre újabb és újabb immár erodálható nagyságrendű részeket tesz szabaddá. E folyamat mindaddig tarthat, míg a talajaggregátumok alkotó elemekire, ún. mechanikai elemekre bomlanak.

Mezőgazdasági műveléssel hasznosított területeken a szélérozio kártétele a folyamat egyes szakaszaiban a következő módon nyilvánul meg: 1. az első szakaszon: a talaj kifúvása, mely igen gyakran együttjár a vetőmag, sőt a fiatal csiránövények kifúvásával s a gyökerek kitakarásával, 2. a középső szakaszon, vagyis a szél szállító, osztályozó tevékenységének szakaszán: a növények megsebzése és a talaj szerkezet lerombolása, a talajaggregátumok felaprózása révén 3. a folyamat utolsó szakaszán: a talajrészecskék lerakódása következtében a növények eltemetése, megfullasztása.

Szélérozio folyamatokban a szél pusztító munkájának e fenti két módja, a defláció és az abrázió fordul elő. A defláció fogalmát főképpen egyes régebbi szakirodalmi munkákban [22] szűkebb értelemben is használják. Deflációnak csak azt a szélérozio folyamatot nevezik, melyben a szél a finom port fújja ki a visszamaradó durvább talajrészecskék közül. Mivel azonban ilyen jellegű szélérozio folyamat megjelölésére egy kizárólagosan, a fent leírt folyamatot jellemző kifejezéssel is rendelkezünk (effláció), ma már általánosan elfogadott a deflációnak szélesebb körű értelmezése [11, 18].

A tágabb értelemben vett deflációnak néhány jellegzetes formája ismeretes: effluxió, extrúzió, detruzio és az előbb említett effláció. Elkülönítésük alapjául a folyamatot jellemző, ill. abban uralkodóan részt vevő mozgástípus szolgál. Mivel a szél okozta talajmozgás típusa a talaj szemese-összetételével van összefüggésben, a defláció különböző formáit a talaj szemese-összetétele is befolyásolja.

Az effluxió, a túlnyomórészt 0,1–0,5 mm átmérőjű részecskéket tartalmazó talaj közvetlen szélérozó hatására történő elmozdulása, főképp szaltáció révén.

Az extrúzió, az előbbinél durvább, effluxiók által már finomabb részecskéitől megfosztott talaj szél okozta mozgását jelenti. Ez az eróziós forma szélnek erősen kitett helyeken fordul elő és nagy többségében a szemecsek gördülő, esúszó mozgásából áll.

A detrúzió az érdes, barázdás felszín szél által előidézett eróziója. A szél az érdes felszín kiálló részeit, a barázdák éleit — mivel ezek magasan a turbulens légáramba nyúlnak — könnyen lerombolja. A durvább talajszemcséket, aggregátumokat lelöki és a barázdák szélmentes mélyedéseibe helyezi. A finomabb részeket viszont, melyek szél hatására szaltációs mozgásba kezdenek, a kiálló durva részek vagy barázdák tartóztatják fel. Így detrúzió hatására a barázdák élei lekopnak, s a barázdák közötti mélyedések feltöltődnek.

Az effláció, mint már említettük, olyan eróziós forma, mely a legfinomabb talajrészecskék kifújásából és a légárammal való tovaszállításából áll.

A szántóföldi és a természet-földrajzi értelemben vett szélerózió között tulajdonképpen csak fokozatbeli és a kutatás céljában mutakozó eltérés van. Mindkettőt azonos erők okozzák. Egymáshoz való viszonyukat a következőkben jellemezhetjük. 1. A szántóföldi szélerózió folyamata egyetlen szélvihar alkalmával előidézett pusztítást foglal magában. Ezzel szemben a természet-földrajzi értelemben vett szél-

erózió hosszú idők folyamán, sokszor évezredek távlatában lezajlott folyamatot jelent, melynek a szántóföldi széleróziós folyamat csupán egy láncszeme. 2. A szántóföldi szélerózió tanulmányozása talajvédelem szempontjából történik, és a szél-erózió fellépésének megakadályozását célozza. Éppen ezért a széleróziós folyamat megindulásának körülményeit és tényezőit vizsgálja behatóan. A természet-földrajzi értelemben vett széleróziós kutatás viszont a szél földfelszíni formákat kialakító szerepével foglalkozik; a lerakott üledék képződésének törvényszerűségeit kívánja tisztázni, s ezért a folyamat végeredményéből kiindulva, az események visszaforgatásával végzi feladatát. A kétféle értelemben használt széleróziós kutatás azonban, mint láthatjuk, lényegében azonos, s így lehetővé válik, hogy a szántóföldi szélerózió és az ellene való védekezés a természeti földrajz eredményes, széles körű kutatásait is hasznosítsa.

BODOLAY ISTVÁNNÉ

Érkezett: 1964. nov. 24.

Irodalom

- [1] AUJESZKY, L.: Általános meteorológia. Budapest. 1948.
- [2] BACSÓ, N.: Magyarország éghajlata. Budapest. Akadémiai Kiadó. 1959.
- [3] BACSÓ, N.: Porhullás Magyarországon 1941. febr. 1-én. Időjárás. **12**. 186—190. 1941.
- [4] BAGNOLD, R.: The physics of blown sand and desert dunes. William & Morrow Company. New York. 1943.
- [5] BEARE, J.: Erosion by wind. J. Dept. Agric. S. Aust. **54**. 315—318. 1951.
- [6] BENNETT, H. H.: Soil conservation. McGraw-Hill. New York. 1939.
- [7] BERÉNYI, D.: A szélerózió. MTA Agrártud. Oszt. Közlem. **23**. 195—203. 1960.
- [8] BERÉNYI, D.: Az éghajlat természetes és mesterséges befolyásolása. Agrometeorológia. Orsz. Met. Föld. Int. Budapest. 1948.
- [9] BISAL, F. & NIELSEN, K. F.: Movement of soil particles in saltation. Canad. J. Soil Sci. **42**. 81—90. 1962.
- [10] BRUNT, D.: Physical and dynamical meteorology. Cambridge University Press. (Prandtl, L. 12. fejt.) 147—148. 1944.
- [11] CHEPIL, W. S.: Dynamics of wind erosion: The nature of movement of soil by wind. Soil Sci. **60**. 305—320. 1945. II. Initiation of soil movement. Soil Sci. **60**. 397—411. 1945. III. Transport capacity of the wind. Soil Sci. **60**. 475—480. 1945. IV. The translocating and abrasive action of the wind. Soil Sci. **61**. 167—177. 1946. V. Cumulative intensity of soil drifting across eroding fields. Soil Sci. **61**. 257—263. 1946. VI. Sorting of soil material by the wind. Soil Sci. **61**. 331—340. 1946.
- [12] CHEPIL, W. S.: Erosion of soil by wind. Yearbook of Agriculture. 1957.
- [13] CHEPIL, W. S.: Sedimentary characteristic of dust storms: I. Sorting of wind-eroded material. Amer. J. Sci. **225**. 12—22. 1957.
- [14] CHEPIL, W. S.: Soil conditions that influence wind erosion. Techn. Bull. Washington. 1958.
- [15] CHEPIL, W. S.: The use of evenly spaced hemispheres to evaluate aerodynamic forces on soil surface. Transactions, American Geophysical Union. **39**. 397—404. 1958.
- [16] CHOLNOKY, J.: A futóhomok elterjedése. Földtani Közlemény. **70**. 258. 1940.
- [17] CHOLNOKY, J.: A futóhomok mozgásának törvényei. Földtani Közlemény. **32**. 1902.
- [18] CLELAND, H. F.: Geology, Physical and Chemical. American Book Co., New York 1925.

- [19] CSAKVETADZE, E. A.: Nekotorie dan-nie nabljudenij nad pül'nümi burjami v piirtüse. Pocsvovedenie. (2) 69—77. 1962.
- [20] EGERSEZGI, S.: A szélerózió (defláció) leküzdése erdősávrendszerrel. Időjárás. 55. 151. 1951. és 55. 210. 1951
- [21] FEKETE, Z.: Talajtan. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1952.
- [22] FREE, E. E.: The movement of soil material by the wind. U. S. Dept. Agr. Bur. Soils Bul. 68. 1911.
- [23] JAKUBOV, T. F.: Nekotorie zakonomnoszti razvitija processzov vetrovoj erozii pocsv. Izv. A. N. SSSR. Szer. Geogr. (2). 26—36. 1962.
- [24] KÁDÁR, L.: A szél felszínalakító munkája. In Bulla, B.: Általános természeti földrajz. II. kötet. 236—255. Tankönyvkiadó. Budapest. 1954.
- [25] KÁDÁR, L.: Futóhomok tanulmányok a Duna—Tisza közén. Földrajzi Közlem. 63. 4. 1935.
- [26] VON KARMAN, TH.: Turbulence and skin friction. Aeronautical Sci. 1. 1—20. 1934.
- [27] MIHÁLTZ, I. & UNGÁR, T.: Folyóvízi és szélfújta homok megkülönböztetése. Földtani Közöny. 84. 17. 1954.
- [28] MISHRA, D. K. & KAUL, R. N.: Erosion of soil by wind. Soil Water Conserv. India. 7. 24—27. 1959.
- [29] MOLDVAY, L.: Az eolikus üledékképződés törvényszerűségei. MTA Dunántúli Tud. Int. „Értekezések 1961/62” c. kötet. 37—76. 1963.
- [30] RÓNA, Zs.: Magyarország éghajlata. Budapest. 1909.
- [31] ROUSE, H.: Fluid mechanics for hydraulic engineers. McGraw-Hill. London. 1938.
- [32] SURÁNYI, J.: Talajvédelem-nemzetvédelem. Agrometeorológia. Orsz. Met. Föld. Int. Budapest. 259—274. 1948.
- [33] SUTTON, O. G.: Micrometeorology. McGraw-Hill. London. 1953.
- [34] SZOKOLOV, N. A.: Djunü, ih obrazovanie, razvitie i vnutrennce sztroenie. Sz. Pb. 1884.
- [35] VADÁSZ, E.: Üledékképződés szelek szárnyán. Földtani Értesítő. (1) 1942.
- [36] ZINGG, A. W.: A study of the movement of surface wind. Agric. Eng. 30. 11—13. 1949.
- [37] ZINGG, A. W.: Wind tunnel studies of the movement of sedimentary material. Proceedings of the fifth hydraulics conference. Bull. 34. St. Un. Iowa. Eng. 111—135. 1953.
- [38] ZINGG, A. W. & CHEPIL, W. S.: Aerodynamics of wind erosion. Agric. Eng. 31. 279—282. 1950.