

Szélerózió okozta humusz- és tápanyag áthalmozás terepi szélszatorna kísérleteken alapuló értékelése Dél-alföldi csernozjom talajokon

Farsang Andrea, Barta Károly, Szatmári József, Bartus Máté

SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék

E-mail: farsang@geo.u-szeged.hu

Összefoglalás

Munkánk során dél-alföldi mintaterületek (Apátfalva, Szeged) csernozjom talajait in situ körülmények között terepi szélszatornával vizsgáltuk azon céllal, hogy számszerűsítsük a különböző erősségű szélesemények által okozott talajveszteség mértékét, a feltalaj agronómiai szerkezetében bekövetkező változásokat, valamint az ezzel együtt járó humusz és tápanyag áthalmozás nagyságrendjét, majd eredményeink alapján megállapításokat tegyünk a két terület talajtani sajátosságaiiban és a deflációs érzékenységben tapasztalt különbségek összefüggéseire.

A terepi szélszatorna kísérletek alá vont réti csernozjom területek egyes talajtani alaptulajdonságaikban (fizikai féleség, aggregátum összetétel, humusz %, CaCO_3 tartalom) kismértékben eltérnek egymástól. Az apátfalvi terület talajának magasabb karbonát- és humusztartalma, valamint szerkezeti összetételében mért magasabb morzsa arány a küszöbsebességi érték növelésének irányába hatnak. A Szegedtől É-ra eső réti csernozjomokon 6,5-9,0 m/s közötti indítósebesség értékeket mértünk, míg Apátfalván 13,0 m/s volt az indítósebesség értéke. Az egy-egy erozív szélesemény alkalmával regisztrálható humusz elmozdulás 5,5-6,9 g/m², a foszfor 0,1-0,8 g/m², a kálium elmozdulás pedig 1,6-13,9 g/m² között változott. Ezen értékek nagyságrendi egyezést mutatnak BIELDERS et al., (2002), valamint STERK et al., (1996) terepi, on-site technikával kapott mérési eredményeivel.

Summary

Wind erosion is one of the most important soil degradation processes in Hungary, impairing not only Arenosols but Phaeozems and Chernozems with good quality as well. Despite there are several wind erosion investigations in the last decades in Hungary there were no any portable wind tunnel experiments so far. Our work proposed to make up this shortage with the following aims: a) quantification of soil loss caused by different wind speeds; b) determination of the changes in the top soil agronomic structure; c) to estimate the movement of organic carbon and nutrients by wind; d) to establish differences in wind erosion sensitivity on different soils.

Portable wind tunnel experiments were made on different Phaeozem soils in the Southern part of the Great Hungarian Plain near Szeged and Apátfalva. Differences in wind erosion properties are caused by little differences in physical and chemical properties of the studied soils: because of the higher humus, CaCO_3 content and ratio of soil crumb the threshold velocity of soil from Apátfalva will higher (13.0 m/s) than in Szeged (6.5-9.0 m/s). Humus and nutrient losses were varied between 5.5-6.9 g/m² (humus), 0.1-0.8 g/m², (phosphorus) and 1.6-13.9 g/m² (potassium). These values are in the same order of magnitude as in other authors' results based on field experiments (BIELDERS et al., 2002; STERK et al., 1996).

Bevezetés

A talajtakaró képződés természetes dinamikájának, igen sérülékeny egyensúlyának megbomlását a rendszeres mezőgazdasági művelés hozta magával (THYLL, 1992; KERÉNYI, 1991). A XX. – XXI. században tapasztalható intenzív talajhasználat a mezőgazdasági művelés alatt álló talajaink erőteljes degradálódását, terhelését vonja maga után. Globális szinten évente 20 milliárd tonnára becsülik a termőföldről lepusztuló talajmennyiséget, az ebből származó terménycsökkenést 20 millió tonnára, a teljes termelés 1%-ára tehetjük (KITKA, 2009). Magyarország mezőgazdasági területének 35,3%-a erodált valamilyen mértékben (8,5%-a erősen, 13,6%-a közepesen, 13,2%-a gyengén erodált) (STEFANOVITS & VÁRALLYAY, 1992). Ez nemcsak a tápanyagban gazdag feltalaj fizikai csonkolódását jelenti az érintett területeken, hanem az elmozduló talajrészecskékhez kötötten, ill. oldott formában a makro- és mikroelem tartalom távozását is az érintett térrészekről. A szélereziónál sújtott területek aránya Magyarországon szintén jelentős. Területének kb. 26%-án közepes és súlyos a defláció veszélyeztetettség. Ez körülbelül 2,6 millió hektárt jelent (LÓKI, 2003). Főleg a nagy kiterjedésű homokterületek vannak veszélyben, mint például Belső- Somogy, a Kiskunság, vagy a Nyírség, de az erózió elleni védelem rendkívül fontos az értékesebb csernozjom talajjal rendelkező DK-i országgrészben is (BAUKÓ & BEREGSZÁSZI 1990; BARCZI & CENTERI 2005). A Duna-Tisza-közén a deflációval veszélyeztetett területek aránya eléri a 23%-ot (SZATMÁRI, 2005).

Lényeges tehát a talaj tápanyagforgalmában a horizontális komponens mind pontosabb közelítése, hiszen a víz- és szélereziónál történő felszíni elmozdulás a tápanyagmérleg második legjelentősebb tétele. Meghatározó a talaj tápanyagforgalmi számításában, a környezetkímélő, fenntartható tápanyaggazdálkodási gyakorlat kialakításában annak ismerete, hogy egy adott területen a széleseményekhez kötődően, vagy egy vegetációs időszakra összesítve mennyi a felszíni elmozdulásból adódó tápanyag veszteség, ill. milyen mértékű a tápanyag átrendeződés, hol vannak a felhalmozódási területek stb.

A defláció talajdegradáción túlmutató hatásai szintén sokrétűek. A defláció érzékeny talajokon a szél hatására a finomabb részecskék (agyag, iszap frakció) eltávoznak a talajból, amelyben a durvább frakció aránya megnő. A kedvezőtlen fizikai talajtulajdonságok kialakulása (pl. a talaj vízkapacitásának változásán keresztül) a talajökológiai rendszerek hanyatlását eredményezhetik. Európában, főként a mezőgazdaságilag intenzíven hasznosított talajokban a por- és agyagfrakció aránya jelentős (pl. glaciális, fluviális eredetű talajképző kőzeten kialakult talajok, löszön kialakult csernozjom talajok). Erős, de már közepes szélességeket esetén is jelentős poremissziót figyeltek meg Európa különböző országaiban és hazánkban is (BAUKÓ, BEREGSZÁSZI 1990, GOOSSENS, 2002; BARRING et al., 2003; SZATMÁRI, 2007; FARSANG et al., 2013).

A levegőbe került nagy mennyiségű talajrészecske nem csak egészségügyi kockázattal jár, de csökkenheti a látótávolságot, ezáltal nőhet a gépjárműves balesetek kockázata. A defláció során levegőbe került szediment nem kívánt hatást gyakorol növényekre (lerakódás csökkenti a fotoszintézis mértékét), járművekre, épületekre, utakra is (TOY et al., 2002).

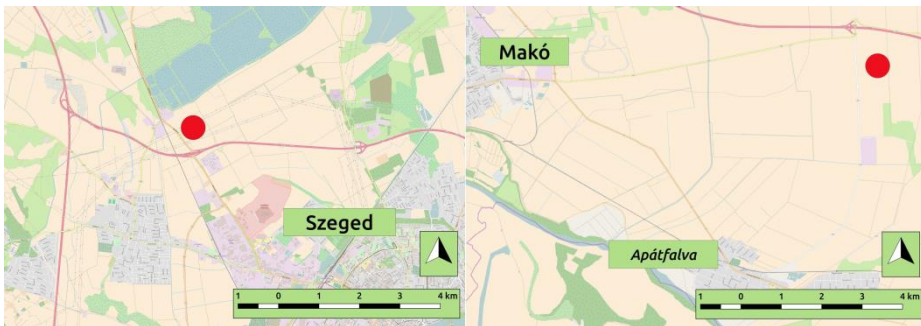
Szélerózió okozta humusz- és tápanyag áthalmozás terepi szélcsonna kísérleteken alapuló értékelése Dél-alföldi csernozjom talajokon

Anyag és módszer

Vizsgálati területeink Csongrád megyében, Makótól K-re mintegy 10 km-re, Apátfalva külterületén, valamint Szegedtől ÉNY-ra 2 km-re helyezkedtek el (1. ábra). Az in situ szélcsonnás kísérleteinket 2011. június 2–4. között Apátfalván, valamint Szegeden 2013 júliusában végeztük. Mindkét terület talajtípusa réti csernozjom, melyek szántó művelés alatt állnak.

Az apátfalvi terület a Marosszög és a Csongrádi-sík kistájak határán helyezkedik el. A felszíni formák nagyobb része folyóvízi eredetű, a felszín a Maros különböző mértékben feltöltött holtágai fedik. A területen a nagy vastagságban megtalálható pannon üledékre 200-400 m vastagságban folyóvízi eredetű pleisztocén rétegek települtek. A felszínen 8-15 m vastagságban holocén képződmények találhatók, főként ártéri iszap, agyag, homokliszt. A magasabb térszínek pleisztocén löszborításán jó minőségű csernozjom talajok alakultak ki (DÖVÉNYI, 2010). Az apátfalvi területre a löszös üledéken kialakult réti csernozjom talajok előfordulása jellemző. A mintaparcella talajának A-szintben meghatározott fizikai félesége vályog, kémhatása gyengén lúgos (pH=7,4), humusztartalma 4,4%, CaCO₃ tartalma 8,8%, vízdoldható összes só tartalma nem jelentős.

A másik vizsgálati terület Szegedtől ÉNy-ra elhelyezkedő szántó (napraforgó) parcella (1. ábra) az Alsó-Tisza-vidék középtáján, s ezen belül a Dél-Tisza-völgy kistáján található. A táj taljai általában homokos, iszapos, helyenként folyóvízi eredetű agyagos üledékeken képződtek, s mind fizikai féleségüket, mind pedig genetikai típusukat tekintve nagy változatosságot mutatnak. A vizsgált parcella talaja a réti csernozjom talajtípusba tartozik. A talaj fizikai félesége vályog, K_A= 38-41. A humusztartalom a humuszos szintben 2,2-3,7% között változik. A humuszos réteg vastagsága 60 cm. Kémhatás a szelvény mentén gyengén lúgos és lúgos, a szelvény mélységével a pH értéke nő (pH_{H2O}=7,9-9,2). A CaCO₃ tartalom 3,2-24,5% között, a vízdoldható összes só pedig 0,02-0,07% között változik.



1. ábra Mobil szélcsonnás vizsgálatok helyszínei Szegeden és Apátfalván

A kísérlet sorozatokhoz egy 12 m hosszú, 0,8 m széles és 0,75 m magas szélcsonnát használtunk. A szélcsonna több részből áll. Egy nagy teljesítményű, 1,2 m átmérőjű ventilátor biztosította a légáramlatot, melyet egy 7,5 kW-os villanymotor hajtott meg. A ventilátort egy flexibilis cső követi, amely egy ún. laminátor részhez csatlakozik. Laminátor alkalmazása nélkül a ventilátor forgó mozgása miatt a levegő örvényszerűen áramlana a csorna egész területén. A laminátort egy szűkítő elem követi, amely immár egyenes vonalú légáramlatot vezet egy héttagú (egyenként 80 x 70 x 75 cm, összesen 5,6 m hosszú), alul nyitott szélcsonnába. A szélcsonnában megfűjtott talajfelszín összesen 3,36 m² nagyságú. Az elemek után egy tálcárcs található, amely a görgetve mozgó

részecskék gyűjtésére alkalmas. A szuszpendálva és szaltálva szállított talajszemcsék mintázásához a szélcsatorna kimeneti nyílásába csapdázókat helyeztünk (FARSANG et al., 2013).

Minden fújatási esemény 3 párhuzamos, 10 perc hosszú fújatási kísérletből állt. Kísérleteinket 4900–5100-as fordulatszámra, mintegy 12–17 m/s közötti (30 cm magasan mért) szélsébségen végeztük. A szélsébséget minden fúvatás során horizontális és vertikális profilokban is mértük. A mérés Lambrecht Jürgens 642 típusú anemométer segítségével történt. Minden kísérlet előtt (E) és után (U) mintáztuk a talajfelszín (0–5 cm) a turbínától távolodva három ponton (E1, E2, E3, U1, U2, U3). A fújatási kísérleteket követően mintáztuk a görgetve szállítódó frakciót, mely a szélcsatorna végénél elhelyezett süllyesztett peremes ládában gyűlt össze, valamint ürítettük a szélcsatorna végénél elhelyezett csapdákat. Az MWAC (Modified Wilson and Cook) csapd sorozat elemei 5, 15, 25, 35, 45, 55 cm magasságokban helyezkedtek el. A WAST (Wet Active Sediment Trap) egy általunk kifejlesztett, jelenleg szabadalmaztatási folyamat alatt álló horizontális aktív csapda, mely különböző magasságokban mintáz, izokinetikus, nedves csapdázó. A csapdák bemeneti nyílásai 5–10, 20–25, 50–55 cm magasságokban helyezkednek el (2. ábra).



2. ábra A WAST csapdák elhelyezése fújatási kísérlet előtt

A laboratóriumi vizsgálatokat a megfelelő előkészítést követően a következő talajtani paraméterek kerültek meghatározásra: aggregátum méreteloszlás szitálással, Arany-féle kötöttségi szám az MSZ-08-0205:1978 szabvány szerint, pH(H₂O), karbonát-tartalom MSZ-08-0206/2:1978 szerint, a szervesanyag-tartalom pedig az MSZ 21470/52:1983 szabvány szerint. A szemcseösszetétel méréseket Particle sizer Analysette 22 MicroTec plus típusú, Fritsch gyártmányú lézer diffrakciós műszerrel végeztük. A mintákból ammónium-laktátos oldattal határoztuk meg a növények által felvehető foszfor- és kálium-tartalmat, amit AL-P₂O₅-ban és AL-K₂O-ban adtunk meg. A mérés a felvehető foszfor esetében a hígítatlan oldatokból történt, Foss Fia Star 5000 áramlásos UV-VIS spektrofotométerrel. A felvehető káliumtartalom meghatározását Perkin Elmer 3110 atomabszorpciós és emissziós spektrométerrel végeztük.

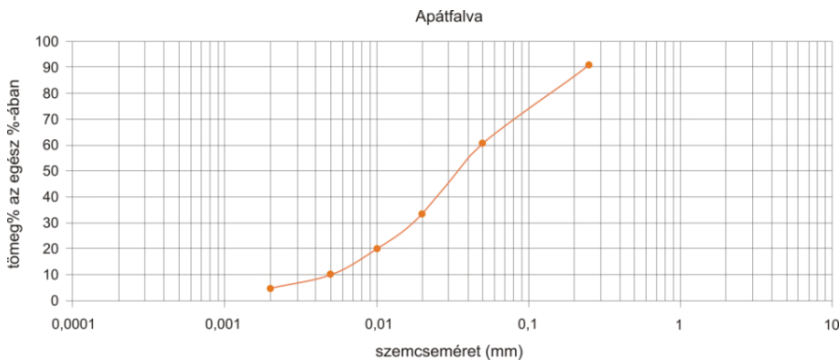
Szélérozió okozta humusz- és tápanyag áthalmazás terepi szélcsatorna kísérleteken alapuló értékelése Dél-alföldi csernozjom talajokon

Eredmények és értékelésük

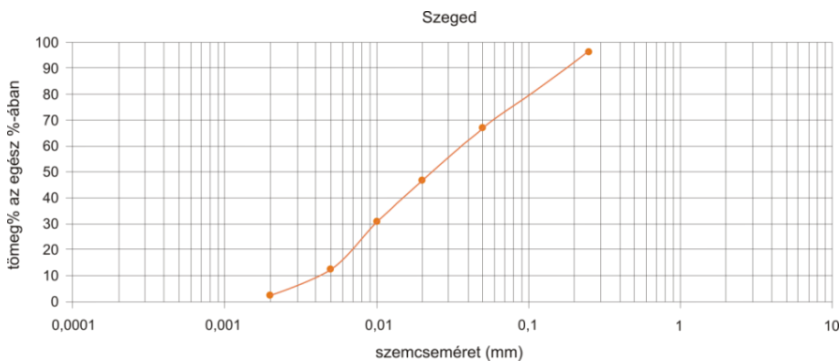
A terepi szélcsatorna kísérletek alá vont két dél-alföldi réti csernozjom terület, bár talajtípusa, talajképző kőzete egyezést mutat, egyes talajtani alaptulajdonságaiban eltér egymástól. A vizsgált területek talajai fizikai féleségüket tekintve (3-4. ábra) vályog kategóriába esnek (FARSANG et al. 2011) (1. táblázat). A humusztartalom a feltalajban az apátfalvi területen magasabb, 4,5–4,8 %. A kémhatás mindkét szelvény esetében a gyengén lúgos és lúgos között változik. A CaCO_3 tartalom az apátfalvi területen magasabb (12,2%), míg Szeged mellett 4,2 % között alakul a feltalajban. A vízdoldható összes só értéke mindkét mintaterületen alacsony, 0,02–0,07 % közötti értéket vesz fel.

1. táblázat Az apátfalvi és szegedi kísérleti parcellák talajainak alapvizsgálata (átlag értékek)

	Összsó tartalom (%)	pH	Karbonát tartalom (%)	Humusz %	Kötöttség (K_A)
Apátfalva	0,05	8,2	12,2	4,6	40
Szeged	0,02	7,9	4,2	2,9	38



3. ábra Az apátfalvi mintaterület talajának mechanikai összetétele



4. ábra A szegedi mintaterület talajának mechanikai összetétele

A LÓKI (2003) által készített Magyarország potenciális széleroziós térképén mindkét terület a közepesen veszélyeztetett kategóriába esik, a „Kritikus indítósebesség értékei Magyarországon” c. térképlap alapján a területekre 8,6-10,5 m/s a várható indítósebesség érték. A Szegedtől É-ra eső réti csernozjomokon LÓKI (2003) által is előjelzett, a csernozjom talajok fizikai félesége alapján prognosztizálható 6,5-9,0 m/s közötti indítósebesség értékeket mértünk, míg Apátfalván 13,0 m/s volt az indítósebesség értéke. A különbség oka a két terület talajának eltérő humusz- és karbonáttartalma, melyek a talaj szerkezetének kialakításában, a stabil szerkezeti elemek képződésében nagy szerepet játszanak. Az apátfalvi terület talajának magasabb karbonát- és humusztartalma, valamint szerkezeti összetételében mért magasabb morzsa arány (1-2. táblázat) a küszöbsebességi érték növelésének irányába hatnak.

A különböző nagyságú szerkezeti elemek elmozdulását tekintve megállapítható, hogy a gördülő mozgás azokra a szemcsékre vagy aggregátumokra igaz, amelyek túl nehezek ahhoz, hogy a szél felemelje, s szaltáció útján mozgassa őket. Általában 0,5–20 mm méretű szemcsékre vonatkozik ez, de befolyásolja ezt az anyag sűrűsége is (LÓKI 2003). Kimutatták, hogy a mozgó anyag mennyiségének kb. 7–25%-a így közlekedik, függően a szél erejétől, ill. a szemcseösszetételtől. A pattogva ill. szaltálva mozgás a leggyakoribb üledékszállítási forma, az esetek 80–90%-ában így közlekedik az üledék (LÓKI 2003). Általában a 0,1–0,5 mm közötti szemcséket szállítja így a szél.

A két terület feltalajának mechanikai összetétele ugyan nem mutat jelentős eltérést (3. és 4. ábrák), de az aggregátum összetételében jelentős különbség van a 0,5 mm alatti és feletti szerkezeti elemek megoszlásában. Az apátfalvi területen – feltehetően köszönhetően a szerkezeti elemek kötőanyagaként jelentős szerepet kapó magasabb CaCO₃- és humusztartalomnak – a 0,5 mm morzsaátmérőt meghaladó szerkezeti elemek aránya 76,8%, míg a szegedi területen az az érték csupán 68,1%. A 0,5 mm-nél kisebb, tehát a széllel leginkább mozgékony szerkezeti elemek aránya az apátfalvi területen 23,1%, Szegednél 30,6% (2. táblázat).

2. táblázat Az eredeti talajfelszín aggregátum összetétele a két vizsgált területen (tömeg%, Apátfalva n=3, Szeged n=10)

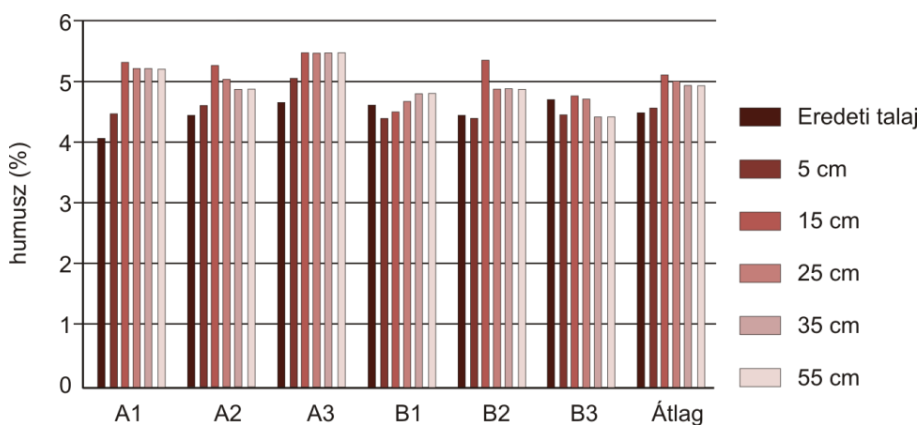
mm	Apátfalva felszín m/m%	Apátfalva Szórás	Szeged felszín m/m%	Szeged Szórás
>4	14,4	3,9	23,9	1,7
2–4	18,4	1,7	9,5	1,5
1–2	25,1	1,2	18,4	1,9
0,5–1	19,0	1,4	16,3	1,7
0,25–0,5	9,7	1,3	11,2	1,9
<0,25	13,4	2,6	19,37	1,5

A szerkezeti elemösszetételben, valamint a humusz- és CaCO₃ tartalomban megfigyelhető különbségek hatására a Szeged melletti csernozjom mintaterület talaja defláció érzékenyebb. A feltalajban mért magasabb humuszkoncentráció, valamint a 0,5 mm-nél kisebb szemcsék magasabb aránya következtében kisebb indító sebesség értékeket,

Szélrózión okozta humusz- és tápanyag áthalmozás terepi szélcsonna kísérleteken alapuló értékelése Dél-alföldi csernozjom talajokon

nagyobb áthalmozódó talajmennyiséget, valamint ezzel együtt nagyobb mennyiségű humusz- és foszfor elmozdulást mértünk az egységesen 10-10 perces fűtési kísérleteink alkalmával (3. táblázat).

A széleseményenként elmozduló talajanyag mennyiségének, valamint a csapdában felhalmozódó üledék humusztartalmának ismeretében kalkuláltuk a humusz- és tápanyagfeldúsulás mértékét, melyben a két terület között jelentős eltérést nem tapasztaltunk. A csapdában felhalmozódott talajanyagban a humusztartalom dúsul (5. ábra).



5. ábra A humusz mennyisége az MWAC csapdák talajanyagában (Apátfalva)

Az MWAC csapdák anyagának humusztartalmát osztva az eredeti talajfelszín humusztartalmával, szél erősségtől függően a 15 és 25 cm magasan elhelyezett csapdákra $FF=1,1$ körüli feldúsulási faktorokat kapunk. A 15–55 cm között elhelyezett csapdák anyagában 0,6-1,0%-kal magasabb H% mérhető, mint az eredeti talajban (5. ábra). A talaj makroelemei (P, K) összes elemtartalomra vonatkozó értékei egyik területen sem mutattak feldúsulást a szélróziónal moztatott talajfrakcióban, a feldúsulási faktorok 0,95 és 1,2 között változnak (3. táblázat).

3. táblázat Az elmozduló talajanyag, a feldúsulási faktorok, valamint az elmozduló humusz (H) és elemtartalom mennyiségének összevetése az apátfalvi és szegedi réti csernozjomon végzett kísérletekre vonatkozóan

		Kritikus küszöbsebesség m/s	Áthalmazódó talajmennyiség (átlag) (g m ⁻²)	Koncentráció a csapdázott szedimentben	Feldúsulási faktor	Összes humusz / elem áthalmazódás (g m ⁻²)
Szeged	H%	6,5-9,0	343,2	2,7	1,1	6,9
	P (ppm)			2268	1,2	0,78
	K (ppm)			40801	1,05	13,9
Apátfalva	H%	13	115,1	4,8	1,07	5,5
	P (ppm)			884	0,98	0,11
	K (ppm)			16344	1,08	1,61

Különbség figyelhető meg azonban az elszállítás módjában: míg a kisebb szerkezeti elemekkel jellemezhető szegedi csernozjom területen a 13-15 m/s-os szélesemények során a talajanyag áthalmazódása ~2%-ban görgetve történik, ~51%-a szaltálva és mintegy 47%-a szaltálva és lebegtetve távozik a területről, addig az apátfalvi szerkezetesebb talajú területen a talajelmozdulás döntő többségét a görgetve szállított talajanyag teszi ki, s a szaltálva, ill. lebegtetve távozó frakció mennyisége a teljes talajmozgáshoz viszonyítva csupán 10,7%-17,4% között változik.

A humusz- és elemáthalmazódás mértéke tekintetében nagy különbségek nem adódtak a két csernozjom talajú terület között. Az egy-egy erozív szélesemény alkalmával regisztrálható humusz elmozdulás 5,5-6,9 g/m², a P 0,1-0,8 g/m², a K elmozdulás pedig 1,6-13,9 g/m². Ezen értékek nagyságrendi egyezést mutatnak BIELDERS ET AL. (2002), valamint STERK ET AL. (1996) terepi, on-site technikával kapott mérési eredményeivel (4. táblázat).

4. táblázat A P és K áthalmazódási értékek összevetése egyes kutatók által megállapított szeleroziós tápelem veszteségekkel

	P (g/m ²)	K (g/m ²)
FARSANG et al. 2014	0,11-0,78	1,6-13,9
BIELDERS et al. 2002	0,009-0,065	0,002-0,128
STERK et al. 1996	0,61	5,7

Szélrózió okozta humusz- és tápanyag áthalmazás terepi szélcsatorna kísérleteken alapuló értékelése Dél-alföldi csernozjom talajokon

Összegzés

A közel egyező mechanikai összetételű Szeged és Apátfalva melletti réti csernozjom talajok aggregátum összetételében, valamint a CaCO_3 és humusztartalomban megfigyelhető különbségek hatására a Szeged melletti csernozjom mintaterület talaja defláció érzékenyebb. A Szegedtől É-ra eső csernozjomokon 6,5–9,0 m/s közötti indítósebesség értékeket mértünk, míg Apátfalván 13,0 m/s volt az indítósebesség értéke, ami közel háromszoros talajvesztéset eredményezett. Az apátfalvi terület talajának magasabb karbonát és humusztartalma, valamint szerkezeti összetételében mért magasabb morzsa arány a küszöbsebességi érték növekedésének irányába hat. A feltalajban a 0,5 mm-nél kisebb szemcsék magasabb aránya következtében nem csak kisebb indítósebesség értékeket, hanem nagyobb áthalmazódó talajmennyiséget, valamint ezzel együtt nagyobb mennyiségű humusz- és foszfor elmozdulást mértünk az egységesen 10-10 perces fújatási kísérleteink alkalmával a szegedi mintaterületen. Megállapítható tehát, hogy egyazon talajtípusba eső, s azonos textúrájú talajok esetében az aggregátum összetételben, valamint a CaCO_3 és humusztartalomban megfigyelhető eltérések hatására jelentős különbségek tapasztalhatók a defláció érzékenység, a küszöbsebesség, a szediment szállítás módja és a humusz- és elemáthalmazás mértéke között.

Irodalomjegyzék

- BARCZI A. & CENTERI Cs. (2005): Az erózió és a defláció tendenciái Magyarországon. In: Stefanovits P, Michéli E (szerk.) A termőföld jelentősége a XXI században. 403 p. Budapest: MTA TKK, 2005. p. 221–244.
- BAUKÓ T. & BEREGSZÁSI P. (1990): Egyszerűsödő agrár-tér szerkezet – fokozódó szélkárosodás Békés megyében. Környezetgazdálkodási évkönyv, p. 87–95.
- BÄRRING L., P. JÖNSSON, J.O. MATTSSON & R. ÅHMAN (2003): Wind erosion on arable land in Scania, Sweden and the relation to the wind climate: a review. *Catena*, 52. p.173–190.
- BIELDERS, C. L., RAJOT, J. & AMADOU, M. (2002): Transport of soil and nutrients by wind in bush fallow land and traditionally managed cultivated fields in the Sahel, *Geoderma*, 109. p.19–39.
- DÖVÉNYI Z. (szerk.) (2010): Magyarország kistájainak katasztere. Második, átdolgozott és bővített kiadás, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, p. 876.
- FARSANG, A., BARTUS, M. BARTA, K. & SZATMÁRI, J. (2013): Csernozjom talajok in situ szélróziós vizsgálata terepi szélcsatornával, *Talajvédelem*, p.157–169.
- FARSANG A., BARTUS M., SZATMÁRI J., BARTA K. & R. DUTTMANN (2013): In situ determination of the wind erosion caused nutrient loss on Chernozems by portable wind channel experiments. *Journal of Earth Science and Climatic Change* 4:(Spec. Iss.) p. 67.
- FARSANG, A., SZATMÁRI, J., NÉGYESI, G., BARTUS, M. & BARTA, K. (2011): Csernozjom talajok szélrózió okozta tápanyag-áthalmazódásának becslése szélcsatorna-kísérletekkel. *Agrokémia és Talajtan*, 60. (1) p.87–102.
- GOOSSENS, D. (2002): On-site and off-site effects of wind erosion. In: *Wind erosion on agricultural land in Europe* (ed.: Warren, A.). Office for Official Publications of the European Communities. EUR 20370, p. 29–38.

- KERÉNYI A. (1991): Talajeroszió. Térképezés, laboratóriumi és szabadföldi kísérletek. Akadémiai Kiadó. Budapest. p. 219.
- KITKA G. (2009): Optimális területhasznosítás tervezése kisvízgyűjtő méretarányban az EROSION 3D talajeroszióbecslő modell segítségével. PhD Disszertáció, Kézirat SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék p.146.
- LÓKI J. (2003): A széleroszió mechanizmusa és magyarországi hatásai. MTA doktori értekezés. Debrecen p. 265.
- STEFANOVITS, P. & VÁRALLYAY GY. (1992): State and management of soil erosion in Hungary. In: Proceedings of the Soil Erosion and Remediation Workshop. US – Central and Eastern European Agro-Environmental Program. p.79–95.
- STERK, G., HERRMANN, L. & BATIONO, A. (1996): Wind-blown nutrient transport and soil productivity changes in Southwest Niger, Land degradation & development, 7. p.325–335.
- SZATMÁRI J. (2005): The evaluation of wind erosion hazard for the area of the Danube-Tisza Interfluve using the Revised Wind Erosion Equation. Acta Geographica Szegediensis. XXXVIII. p.84–93.
- SZATMÁRI J. (2007): Investigation of wind erosion and dust pollution in the Danube-Tisza Interfluve. In: Kovács Csaba (szerk.) From villages to cyberspace : In commemoration of the 65th birthday of Rezső Mészáros, Academician: Falvaktól a kibertérig : Ünnepi kötet Mészáros Rezső akadémikus 65. születésnapjára. 471 p. Szeged: SZTE TTIK Gazdaság- és Társadalomföldrajz Tanszék, p. 429-438.
- THYLL, SZ. (szerk.) (1992): Talajvédelem és vízrendezés dombvidéken. Mezőgazda Kiadó. Budapest. p. 350.
- TOY, T.J., FOSTER, G.R. & RENARD, K.G. 2002: Soil Erosion: Processes, Prediction, Measurement, and Control. New York: John Wiley and Sons, 338 p.