

AZ ERÓZIÓ ÁLTAL MOZGATOTT SZÉN SZEREPE A SZÉNKÖRFORGALOMBAN

JAKAB GERGELY–SZABÓ JUDIT–MADARÁSZ BALÁZS–
MÉSZÁROS ERZSÉBET–SZALAI ZOLTÁN

ROLE OF SOIL EROSION IN CARBON DYNAMICS

Abstract

Carbon dynamics has emphasized influence on climate change. Since soil is the second largest terrestrial carbon pool its role in sequestration and mobilization is clear. Erosion attacks the uppermost layer of the soil with the highest organic carbon content. The role of deposited organic carbon is still unclear. The buried carbon can sequester, but there is a high risk of mobilisation during delivery processes. This study aims to summarize a few research results on erosion derived humus redistribution on tilled Cambisols at different spatial scales. At micro, plot and field scale there is a clear organic carbon enrichment both in the detached soil and in the soil loss as well. But at catena scale there is no organic carbon enrichment in the deposited parts. Consequently recent soil carbon redistribution under tilled hill slopes on the investigated pilot areas triggers organic carbon mobilization.

Keywords: erosion, carbon dynamics, soil redistribution at different scales

Bevezetés

Az időjárási szélsőségek mind globálisan, mind hazánkban egyre gyakrabban és egyre intenzívebben jelentkeznek, kedvezőtlen hatásai mind erősebben éreztetik hatásukat. A jelenleg leginkább elfogadott nézet szerint e változást elsősorban a szén légköri koncentrációjának emelkedése okozza. Az ipari forradalom előtti 280 ppm légköri CO₂ koncentráció folyamatosan emelkedik, 2013-ban, egyes mérőpontokon, ideiglenesen meghaladta a 400 ppm értéket. E növekedés ütemének csökkentése ezért mindinkább az érdeklődés középpontjába kerül.

A talaj, mint a második legnagyobb szárazföldi szénraktár jelentős mennyiségű szenet tartalmaz. A felső egy méter vastagságú rétegében négyszer több szén található, mint a teljes növényi biomasszában. Ezen túlmenően a talaj további jelentős szénmegkötő kapacitásokkal rendelkezik, hiszen a közelmúltban – leginkább az intenzív művelés hatására – jelentősen csökkent humusz, ill. széntartalma. A talaj szerves széntartalma leginkább a rajta élő növények által növekedhet. Az elpusztult növényi részek talajba kerülésével és humuszosodásával nem csak a széntartalom növekszik, hanem a talaj fizikai és kémiai tulajdonságai is megváltoznak, ezáltal vízgazdálkodási tulajdonságai és termékenysége is kedvezőbbé válik.

A talajművelés mellett a talajerózió okoz nagyobb mértékű csökkenést a talaj szerves széntartalmában (CENTERI Cs. 2002a, b, c; CENTERI Cs. – CSÁSZÁR A. 2003; BÁDONYI K. 2006; CENTERI Cs. et al. 2009). Míg a talajművelés a humuszanyagok fokozott oxidációján keresztül kémiailag bontja le a talaj szervesanyagát, addig a talajerózió fizikailag szállítja el a magas szerves széntartalmú talajokat. A lepelerozió a talaj legfelső, legnagyobb humusztartalmú részeit pusztítja (KERTÉSZ Á. 2004), ezért hatása a szénforgalomra meghatározó lehet (KERTÉSZ, Á. – CENTERI, Cs. 2006). A talaj heterogenitása miatt a benne található szerves alkotók nem egyformán oszlanak el. Magas reakcióképességük miatt könnyen képeznek komplexet elsősorban a kolloid mérettartományba eső ásványi részecskékkel. Szerves anyagok lévén csekély méretükhöz alacsony térfogattömeg társul, ami

a talajerózió szempontjából kimondottan sebezhetővé teszi őket. Az erózió szelektivitása abban nyilvánul meg, hogy ezen érzékenyebb alkotók, mint az agyag vagy a szerves szén a hordalékban feldúsulnak (WANG, Z. et al., 2010), esetenként koncentrációjuk meghaladhatja a talajban mért érték ötszörösét (FARSANG, A. et al. 2012; NAGY, R. et al. 2012).

Az erózió által megmozdított és elszállított szén sorsát tekintve eltérő eredményekkel rendelkezünk (CHAPLOT, V. – POESEN, J. 2011). Egyes adatok alapján az áthalmazott, nagy szerves széntartalmú hordalék a lejtőn, vagy a vízgyűjtőn belül eltemetődik, ezzel hosszabb távra kilép a szén körforgalomból (JAKAB G. et al. 2010). Más eredmények a megmozdított szerves szén feltáródásáról számolnak be. Ezen álláspont képviselői szerint a hosszabb, esetenként megszakadó szállítási út során az intenzív oxidáció hatására a szén CO₂ formájában a légkörbe jut (LAL, R. 2005; JACINTHE, P.A. et al., 2004).

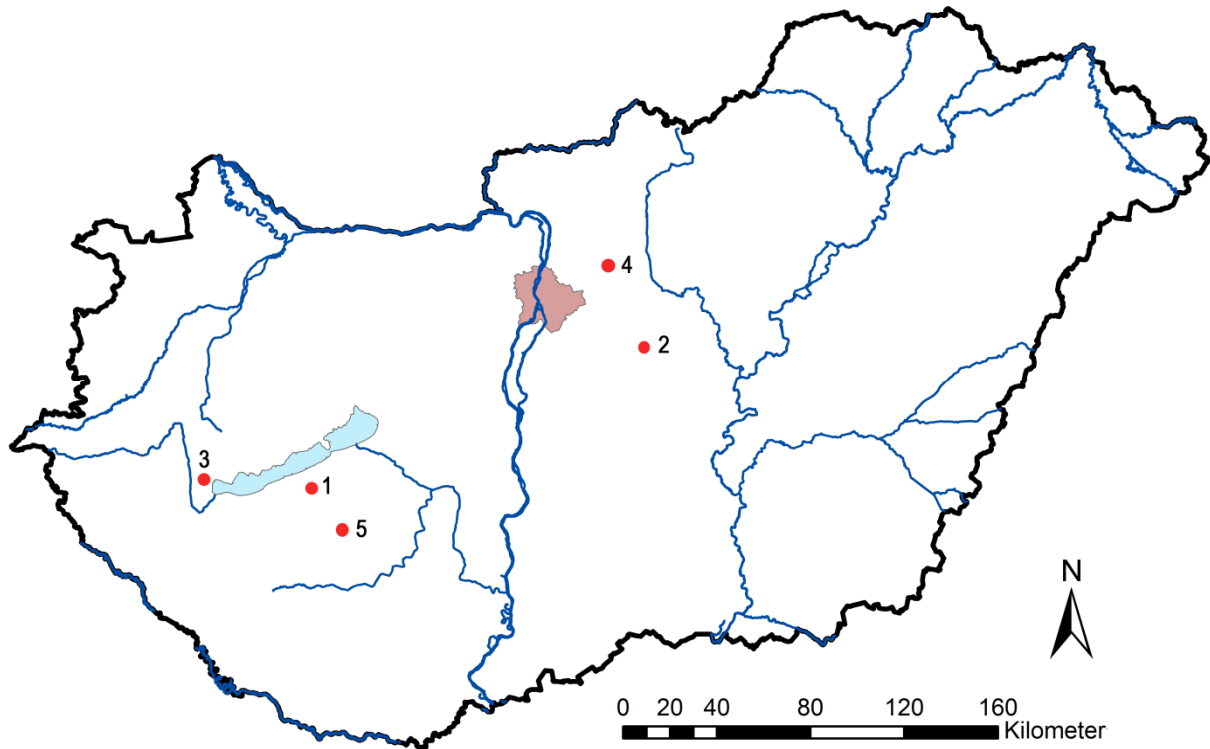
A talaj szerves széntartalma nem csak térben heterogén, hanem összetételét tekintve is meglehetősen komplex: a kis molekulatömegű, kevésbé polimerizált, savas karakterű, könnyen bomló alkotóktól a nagy tömegű, aromás, semleges karakterű humátokig meglehetősen széles skálán mozog. Egyes megfigyelések alapján ezen alkotórészek aránya szintén különbözik a feltalajban és a hordalékokban (BORCSIK Z. et al. 2011; JAKAB G. et al. 2013a,b).

A fentiek alapján a szénkörforgalom szempontjából meghatározó kérdés, hogy egyes hazai, szántóként hasznosított területeken hogyan alakul az erózió által mozgatott szerves szén feltalajhoz viszonyított aránya és összetétele. Jelen közlemény célja, hogy összehasonlítsuk a szerves szén eróziójára vonatkozó, eltérő léptékben mért eredményeinket, majd meghatározzuk az adott léptékre jellemző folyamatokat, illetve megkíséreljük egyes tendenciák általánosítását is.

A mintaterületek jellemzése

Vizsgálataink során olyan területeket kerestünk, amelyek jól reprezentálják a dombsági, intenzív talajművelésű szántókat. Ezek jellemzően barnaföld, vagy sztyeppesedő-, illetve agyagbemosódásos barna erdőtalaj különböző mértékben erodált változatain jelennek meg. A méréseket növekvő vizsgálati léptékben (mikro (<1 m²) – parcella (12 m²) – tábla (1200 m²) – katéna) végeztük. Ezek figyelembevételével öt helyszínen folytattunk vizsgálatokat (*1. ábra, 1. táblázat*).

Gerézdpusztán, ahol a talajpusztulás meghatározó tényező (SZABÓ B. et al. 2013) egy intenzíven művelt csernozjom barna erdőtalajú szántó feltalajának és eltemetett rétegeinek tulajdonságait hasonítottuk a katénán megtalálható erdő és gyepp vegetációjú talajok értékeihez (JAKAB G. et al. 2013a). Gödöllő belterületén a múlt század közepén művelésbe vont, kb. 450 m hosszú katénán vizsgáltuk a szén eróziós áthalmazását barnaföldön (JAKAB G. –TAKÁCS L. 2014). Szentgyörgyváron agyagbemosódásos barna erdőtalajú parcellákon vizsgáltuk a lehordott szárazanyag széntartalmát és szervesanyag összetételét (JAKAB G. et al. 2014). Viszen mesterséges esőztetéssel indukáltunk talajpusztulást barnaföldön, ahol az elhordott szárazanyag összetételét és a csepperózió hatására létrejött parcellán belüli átrendeződéseket vizsgáltuk (JAKAB G. et al. 2013b). Ceglédbercelen, Ramann féle barnaföldön *in situ* vizsgáltuk az áthalmazódást és a kérgesedést (CENTERI CS. et al. 2014), illetve ezen szántó feltalaján végeztünk laboratóriumi esőztetési kísérleteket.



1. ábra A mintaterületek elhelyezkedése (1=Visz, 2=Ceglédbercel, 3=Szentgyörgyvár, 4=Gödöllő, 5=Gerézdpuszta)

Figure 1 Location of the study sites (1=Visz, 2=Ceglédbercel, 3=Szentgyörgyvár, 4=Gödöllő, 5=Gerézdpuszta)

1. táblázat A vizsgálati helyszínek koordinátái, talajai és a vizsgált lépték
Table 1 Coordinates, soils and scale investigated at the study sites

Helyszín	N	E	talaj	alapkőzet	lépték
Visz	46,7245	17,7909	barnaföld	löss	mikro, parcella
Ceglédbercel	47,2494	19,6783	barnaföld	löss	mikro, katéna
Szentgyörgyvár	46,7483	17,1467	ABET	löss	tábla
Gödöllő	47,5971	19,3699	barnaföld	löss	katéna
Gerézdpuszta	46,5979	17,9879	CSBET	löss	katéna

Adatok és módszer

A legkisebb léptékben mesterséges esőztetéssel végeztünk vizsgálatokat. Viszen, *in situ* esőztetések során a Pannon R-02 eső-szimulátor (CSEPINSZKY B. et al 1998; JAKAB G.–SZALAI Z. 2005) alkalmazásával vizsgáltuk az $< 1\text{m}^2$ területen kialakuló áthalmazódásokat és a kéregképződést, valamint mértük az egész esőztetett területről (12m^2) a lefolyás és talajveszteség értékét. Az alkalmazott intenzitások $30\text{--}120\text{mm h}^{-1}$ közöttiek voltak, a kezelések magágy állapotú szántót és beállt, évelő vegetációt céloztak. A laboratóriumi esőztetést egy $0,5\text{m}^2$ nagyságú, magágy állapotot szimuláló monoliton ELTE eső-szimulátor (ZÁMBÓ L. –WEIDINGER T. 2006) alkalmazásával végeztük.

A táblaléptékű méréseket a szentgyörgyvári, hagyományos és forgatás nélküli művelésmódú, 1200m^2 méretű parcellákon végeztük (MADARÁSZ B. et al. 2011). A 2×2 parcella területéről a természetes csapadékok által lehordott talajt és lefolyást elemeztük.

A katénaléptékű vizsgálatok során, az esésvonalon végighaladva több szelvényben feltártuk, majd mintáztuk az alapkőzet feletti talajrétegeket. A magasabb, erodált térszíneken gyakran csak földes kopárokkal találoztunk, míg a felhalmozódás térszínein jellemzően 3 m-

nél mélyebb szelvényeket találtunk. A feltárás és mintavétel Edelman fúróval történt (JAKAB G.–TAKÁCS L. 2013; JAKAB G. et al. 2013a; CENTERI Cs. et al. 2014). Az összes szervesszén és az összes nitrogén mennyiségét Tekhmar Dohrman Apollo 900 NDIR elemanalizátorral mértük.

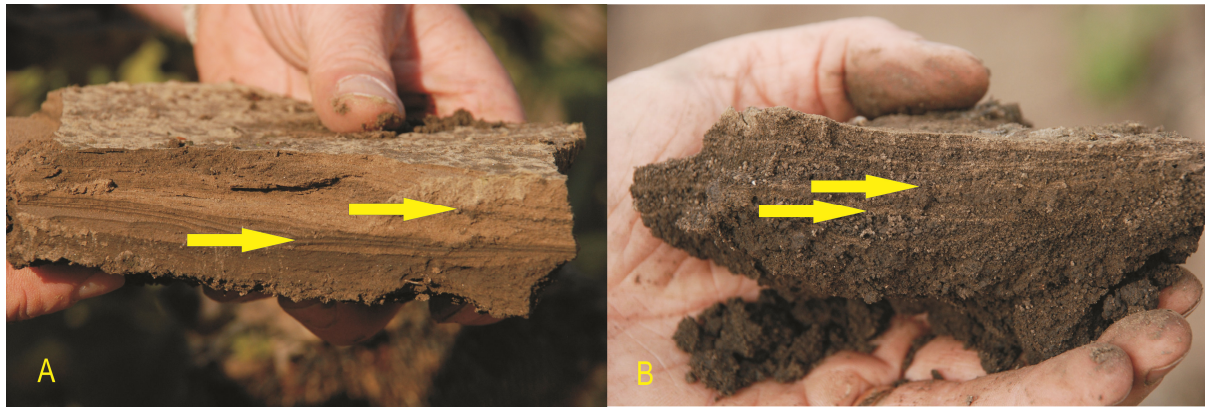
Eredmények

A legkisebb vizsgált léptékben a csepperózió aggregátum pusztító hatása a legintenzívebb újraosztályozó folyamat. A laboratóriumi eső-szimulátoros mérések során az eredeti, művelt talajfelszín "kisimulása" mellett jól láthatóan elkülönültek a humuszos alkotórészek a pusztán ásványi szemcséket tartalmazó kéregtől (2. ábra). Ez a tény ellentmond az *in situ* körülmények között végzett kérgesedési vizsgálatok eredményeinek (JAKAB G. et al. 2014), ahol a kolloid méretű alkotók szintén elkülönültek a szétesett aggregátumok osztályozódása során, ám a szerves és szervetlen alkotók szétválása nem alakult ki egy csapadékeseményen belül. Az osztályozódás ebben az esetben sokkal inkább az egyes csapadékok által erodált és áthalmazott talajalkotók között játszódott le. A magasabb térszín szedimentációs területein (3. ábra A) nagyon vékony bevonatok keletkeztek, melyek jellemzően elemi szemcsékből állnak, szerkezet nélküliek. Itt váltakozva rétegződnek egymásra az alapkőzetből és a humuszos feltalajból származó alkotórészek, de az alapkőzet dominál.



2. ábra Az esőztetett felszínen elkülönülő sötét aggregátumok és világos elemi szemcsék
Figure 2 Dark aggregates and pale individual particles on the surface after artificial rainfall

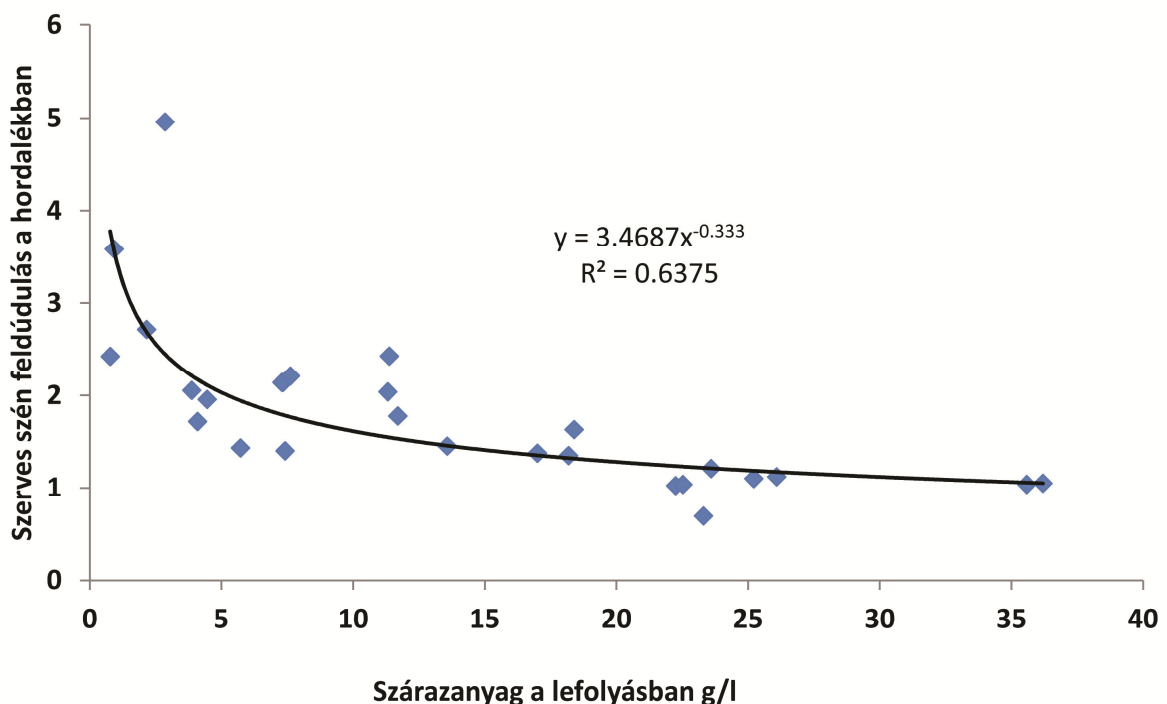
A katéna aljában, a felhalmozódási térszínen ezzel szemben jellemző az aggregátumok jelenléte. Ezek is a lefolyás által szállított, áthalmazott alkotórészek; azonban többé-kevésbé megtartották eredeti szerkezetüket (3. ábra B). Ennek is köszönhetően az itt kialakuló kéregben a nagyobb szervesszén tartalom uralkodik, amit csak vékony, világos színű, alapkőzet eredetű rétegek szakítanak meg.



3. ábra A ceglédberceli katenán képződött kéreg mikromorfológiai összehasonlítása (A= magas térszín, lejtőpihenő, B=alacsony térszín felhalmozódási terület)

Figure 3 Micromorphological comparison of soil crusts on Ceglédbercel catena (A=crust from the higher part, B=crust from the deposition part)

A m^2 alatti léptékben tehát a talaj elragadásával együtt az esetek jelentős részében megtörténik a nagy szerveszén-tartalmú alkotórészek szétválása a talaj többi részétől. Kérdés, hogy ez az elkülönülés kimutatható-e még parcella léptékben is? Az *in situ* eső-szimulátoros vizsgálatok és a művelt mezőgazdasági táblákról lehordott anyag elemzése alapján a válasz alapvetően a csapadék hordalékmozgató erejétől, áttételesen az intenzitásától függ. A parcella és tábla léptékű adatokat együtt ábrázolva egyértelmű fordított arányosságot találunk az elhordott talajmennyiség és a hordalék szerveszén-tartalma között (4. ábra).



4. ábra A hordalékmennyiség és a hordalék szerveszéntartalmának összefüggése szántón parcella és tábla léptékben

Figure 4 Relationship between soil loss volume and organic carbon content of the soil loss on arable fields at plot and field scale.

Minél kevesebb anyagot ragad magával a lefolyó víz, annak annál nagyobb lesz a szerves széntartalma. Feltételezhető, hogy a csak szivárgó felszíni lefolyás csak az elemi szemcsés, kolloid méretű alkotókat ragadja el, amelyek a talaj szervesanyagának jelentős részét tartalmazzák, habár YAMASHITA, T. et al. (2006) arról számol be, hogy a szénvesztés meghatározó része mikroaggregátumok formájában távozik a területről. A hevesebb lefolyások a talaj egészét erodálják, így ekkor a feldúsulás mértéke is lecsökken, vagy akár meg is szűnik.

Katénaléptékben vizsgálva a kiülepedő hordalékot a szelektív erózió következtében a felhalmozódási térszíneken mindig magasabb szervesszén tartalmat kellene észlelnünk, mint a pusztuló részeken. Ez a feldúsulás azonban egyik mintaterület esetében sem mutatkozott. Somogyacsán a lejtő aljában több méter vastag humuszos réteget találtunk, azonban a szerves széntartalom sehol sem haladta meg a szántó átlagát. Gödöllőn a katéna aljában nem mértünk jelentős humuszosréteg-vastagodást, illetve szervesanyag feldúsulást sem találtunk ezekben a rétegekben. A ceglédberceli mintaterületen a szerves széntartalom maximuma a lejtőalji szelvényekben a felszín alatt egy méter körüli mélységben volt. Feltételezéseink szerint ez lehetett az intenzív talajpusztulás megindulása előtti, eredeti talajfelszín, ebből adódik a magas szervesanyag tartalom. Az erre halmozódó rétegek – bár esetenként meglehetősen magas szerves széntartalmúak – nem érik el az *in situ* feltalaj szerves széntartalmát.

A tábla és a katéna lépték között tehát nem lehet egyértelmű tendenciát kimutatni a szerves széntartalom alakulásában. Az elhordásban egyértelműen megnövekedett széntartalom a kiülepedésben már nem mutatható ki. A többlet széntartalom tehát vagy oldott formában a vízzel együtt távozik a területről vagy mineralizálódik és a légkörbe távozik. Az oldott, vagy kvázi oldott formájú szerves szén nem tehet ki nagyobb mennyiséget, hiszen a talajban található szénformák meghatározó része nem vízoldható. A kémiai lebomlást nem csak az átkeverés, nedvesedés-szárazodás periodikus váltakozása, hanem a szerkezetvesztés és a feltalaj folyamatos művelése is elősegíti. A fentiek alapján valószínű, hogy a talajerózió – a művelési erózióval karöltve – nagyobb mennyiségű talaj szervesszén mineralizációért felelős.

A szerves szénformák jelentős eltérést mutatnak mind a felszíni megoszlás tekintetében, mind egyes szelvényeken belül a mélység változásával. Habár a vizsgálatok hasonló talajokon történtek nem lehet egyértelmű, általános érvényű tendenciákat levonni. Az egyes mintaterületek taljai és lejtésviszonyai valószínűleg annyira sajátos rendszert alkotnak, hogy nem lehet őket egymással közvetlenül összehasonlítani. Általánosságban igaz, hogy kisebb szervesszén tartalomhoz kisebb C/N arány tartozik, ami a csökkenő széntartalom egyre polimerizáltabb voltát valószínűsíti. Ez pedig a kisebb molekulatömegű alkotók már lezajlott mineralizációjára, esetleg kimosódására utalhat.

Következtetések

Az erózió eltérő léptékekben eltérő módon hat a talaj szerves széntartalmára. A csepperózió hatására az aggregátumok aprózódni kezdenek, megnövekszik az elemi szemcsék aránya, ami tömörödést és kéregképződést okozhat. A magasabb és az alacsonyabb térszíneken eltérő típusú kéreg alakulnak ki. Parcella- és táblaléptékben a lepusztuló szervesszén mennyiségét a domborzat mellett a felszínen mozgó víz mennyisége, azaz a csapadék határozza meg. Nagyobb mennyiségű talajelhordás kisebb szervesszén feldúsulást okoz a hordalékban. Katéna léptékben a kiülepedő hordalékban nincs szervesszén feldúsulás, sőt itt általában kevesebb szervesanyagot találunk, mint a pusztuló részeken. Valószínűleg a szervesszén egy része az áthalmozódás során mineralizálódik, míg más része oldott állapotban a vízzel együtt távozik a területről.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők ezúton fejezik ki köszönetüket DI GLÉRIA MÁRIÁNAK és UJHÁZI VERONIKÁNAK a laboratóriumi vizsgálatok terén nyújtott segítségükért, az OTKA PD 100929 témájának a kutatás feltételeinek biztosításáért, valamint az Egegyümmölc Kft-nek a mintaterület biztosításáért.

JAKAB GERGELY
MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, Budapest
jakab.gergely@csfk.mta.hu

SZABÓ JUDIT
ELTE TTK Környezet- és Tájföldrajzi Tanszék, Budapest
szabojuditalexandra@gmail.com

MADARÁSZ BALÁZS
MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, Budapest
madarasz.balazs@csfk.mta.hu

MÉSZÁROS ERZSÉBET
MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, Budapest
meszaros.ersebet@csfk.mta.hu

SZALAI ZOLTÁN
MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, Budapest
szalai.zoltan@csfk.mta.hu

IRODALOM

- BÁDONYI K. 2006: A hagyományos és kímélő talajművelés hatása a talajerózióra és az élővilágra. – *Tájökológiai Lapok* 41. pp. 1–16.
- BORCSIK Z.–FARSANG A.–BARTA K.–KITKA G. 2011: Humuszanyagok mennyiségi és minőségi eróziójának mérése a Tolna megyei Szálka település melletti vízgyűjtőn. – *Talajvédelem különszám* pp. 127–139.
- CENTERI CS. 2002a: The role of vegetation cover in the control of soil erosion on the Tihany Peninsula. – *Acta Botanica Hungarica* 44. 3-4. pp. 285–295.
- CENTERI CS. 2002b: Importance of local soil erodibility measurements in soil loss prediction. – *Acta Agronomica Hungarica* 50. 1. pp. 43–51.
- CENTERI CS. 2002c: A talajerodálhatóság terepi mérése és hatása a talajvédő vetésforgó kiválasztására. – *Növénytermelés* 51. 2. pp. 211–222.
- CENTERI, CS.–HERCZEG, E.–VONA, M.–BALÁZS, K.–PENKSZA, K. 2009: The effects of land-use change on plant-soil-erosion relations, Nyereg Hill, Hungary. – *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 172. 4. pp. 586–592.
- CENTERI, CS.–SZABÓ, B.–JAKAB, G.–KOVÁCS, J.–MADARÁSZ, B.–SZABÓ, J.–TÓTH, A.–GELENCSÉR, G.–SZALAI, Z.–VONA, M. 2014. State of Soil Carbon in Hungarian Sites: Loss, Pool and Management. – *Nova Science Publisher, New York*, pp. 91–118.
- CENTERI, CS.–CSÁSZÁR, A. 2003: A talajpusztulás hatása a tájalakulásra a Tihanyi-félszigeten. – *Tájökológiai Lapok* 1. 1. pp. 81–85.

- CHAPLOT, V.–POESEN, J. 2012. Sediment, soil organic carbon and runoff delivery at various spatial scales. – *Catena* 88. 46–56.
- CSEPINSZKY B.–JAKAB G.–JÓZSA S. 1998: Barna erdőtalajok eróziós veszteségeinek vizsgálata eső-szimulátorral a Balaton vízgyűjtő területén. – In: SÉNYI PNÉ (szerk.) *A versenyképes magyar mezőgazdaság az évezred küszöbén: XL. Georgikon Napok Keszthely PATE Georgikon Mezőgazdtsudományi Kar., pp. 270–276.*
- FARSANG, A.–KITKA, G.–BARTA, K.–PUSKÁS, I. 2012: Estimating element transport rates on sloping agricultural land at catchment scale (Velence mts., NW Hungary). – *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* 7. 4. pp. 15–26.
- JACINTHE, P.A.–LAL, R.–OWENS, L.B.–HOTHEM, D.L. 2004: Transport of labile carbon in runoff as affected by land use and rainfall characteristics. – *Soil and Tillage Research* 77. pp. 111–123.
- JAKAB G.–KERTÉSZ Á.–MADARÁSZ B.–RONCZYK, L.–SZALAI Z. 2010: Az erózió és a domborzat kapcsolata szántóföldön, a tolerálható talajvesztés tükrében. – *Tájökológiai Lapok* 8. 1. pp. 35–45.
- JAKAB G.–CENTERI Cs.–KISS K.–MADARÁSZ B.–SZALAI Z. 2013a: Erózió és művelés okozta anyagvándorlás szántóföldön. – In: DOBOS E., BERTÓTI RD., SZABÓNÉ KELE G. (szerk.) *Talajtan a mezőgazdaság, a vidékfejlesztés és a környezetgazdálkodás szolgálatában. Talajvédelmi Alapítvány, Budapest, Magyar Talajtani Társaság, 281–290.*
- JAKAB, G.–NÉMETH, T.–CSEPINSZKY, B.–MADARÁSZ, B.–SZALAI, Z.–KERTÉSZ Á. 2013b: The influence of short term soil sealing and crusting on hydrology and erosion at Balaton Uplands, Hungary. – *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* 8. 1. pp. 147–155.
- JAKAB G.–TAKÁCS L. 2014: A területhasználat változásának felszínfejlődési vonatkozásai egy gödöllői mintaterület példáján. – *Tájökológiai lapok* 12. 1. (in press)
- JAKAB, G.–KISS, K.–SZALAI, Z.–ZBORAY, N.–NÉMETH T.–MADARÁSZ, B. 2014: Soil Organic Carbon Redistribution by Erosion on Arable Fields. – In: HARTEMINK, A.–MCSWEENEY, K. (eds) *Soil Carbon Dordrecht: Springer, pp. 289-296.*
- JAKAB G.–SZALAI Z. 2005: Barnaföld erózióérzékenységének vizsgálata esőztetéssel a Tetves-patak vízgyűjtőjén. – *Tájökológiai Lapok* 5. 1. pp. 177–189.
- KERTÉSZ, Á. 2004: Soil erosion and mass movement processes on the loess covered areas of Hungary. – *Földrajzi Értesítő.* 53. 1. pp. 13–20.
- KERTÉSZ, Á.–CENTERI, Cs. 2006: Hungary. – In: BOARDMAN, J.–POESEN, J. (Eds) *Soil erosion in Europe. Wiley & Sons Ltd. Chichester. UK, pp. 139–154.*
- LAL, R. 2005: Soil erosion and carbon dynamics. – *Soil & Tillage Research* 81. pp. 137–142.
- MADARÁSZ, B.–BÁDONYI, K.–CSEPINSZKY, B.–MIKA J.–KERTÉSZ Á. 2011: Conservation tillage for rational water management and soil conservation. – *Hungarian Geographical Bulletin* 60. 2. pp. 117–133.
- NAGY, R.–ZSÓFI, Zs.–PAPP, I.–FÖLDVÁRI, M.–KERÉNYI, A.–SZABÓ, Sz. 2012: Evaluation of the relationship between soil erosion and the mineral composition of the soil: a case study from a cool climate wine region of Hungary. – *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* 7. 1. pp. 223–230.
- SZABÓ B.–VONA M.–GELENCSE R.–AKÁCS A.–DOBÓ Zs. 2013: Talaj- és vízvédelmi kutatások a koppányvölgyi élőhely-rehabilitációs kísérleti területen. – *Tájökológiai Lapok* 11. 1. pp. 23–39.
- WANG, Z.–GOVERS, G.–STEEGEN, A.–CLYMANS, W.–VAN DEN PUTTE, A.–LANGHANS, C.–MERCKX, R.–VAN OOST, K. 2010: Catchment scale carbon redistribution and delivery by water erosion in an intensively cultivated area. – *Geomorphology* 124. pp. 65–74.

- ZÁMBÓ L.–WEIDINGER T. 2006: A karsztkorróziós talaj-hatás néhány tényezőjének vizsgálata esőszimulációs kísérletek alapján. – *Táj, környezet és társadalom. Ünnepi tanulmányok Keveiné Bárány Ilona professzor asszony tiszteletére.* Szeged, 757–765.
- YAMASHITA, T.–FLESSA, H.–JOHN, B.–HELFRICH, M.–LUDWIG, B. 2006: Organic matter in density fractions of water-stable aggregates in silty soils: Effect of land use. – *Soil Biology & Biochemistry* 38. 3222–3234.