

## Az erózió hatása a talajok szerveszén tartalmára és összetételére (PD100929)

### *Célkitűzés*

A kutatás során hazánk talajeróziós szempontból leginkább veszélyeztetett talajtípusain, több mintaterületen (Ceglédbercel, Gerézdpuszta, Gödöllő, Szentgyörgyvár, Keszthely, Visz) vizsgáltuk a talaj szerves széntartalmának (SOC) és szervesanyag (SOM) összetételének változásait. A kutatás intenzíven művelt szántóföldeken a talajerózió okozta lehordást, feltáródást illetve átalakulást számszerűsítette. Célunk volt az areális erózió szénforgalmat érintő részfolyamatainak meghatározása eltérő területi léptékben (<math>m^2</math> és tábla) és eltérő talajokon.

### *Módszertan*

A vizsgálatok laboratóriumi hátterét az alábbi műszerek és eljárások jelentették: Az pályázati támogatásból beszerzett Shimadzu 3600 UV-VIS-NIR spektrofotométer, mely diffúz reflektanciát is képes detektálni a talajok szervesanyag minőségének és ásványos összetételének meghatározására (Szalai et al. 2013, Kiss et al. 2014), XRD (Philips PW-1730) mérések az ásványos fázis összetételének mérésére, XRF (Phillips PW 1410) mérések az elemösszetétel meghatározására, Tekmar Dohrman Apollo 900 NDIR C-N elemvizsgáló a szerveszén és nitrogén tartalom detektálására, Analysette 22 és Horiba lézeres diffraktometerek a talaj szemcseösszetételének meghatározására (Centeri et al. 2015).

A terepmunkát submeteres pontosságú GPS navigációs eszközök, a domborzatmodell készítését Trimble 3305DR lézeres totálmérő állomás segítette (Szalai et al. 2016). A mintavétel és szelvényleírások, ásott szelvényekből ill. Edelman fúrók segítségével történtek. Az erózió folyamatát a CSFK szentgyörgyvári nagyparcellás kísérleti telepén (Madarász et al. 2011) ill. terepi és laboratóriumi eső-szimulátoros vizsgálatokkal tanulmányoztuk (Szabó et al. 2015; Centeri et al. 2012, 2014). A talajok és a hordalék aggregátum összetételét nedves szítással határoztuk meg (Jakab et al. 2016).

A csepperózió hatására a talajfelszínen képződött kérgéből vékonycsiszolatokat készítettünk, melyek mikromorfológiai leírásával és műszeres vizsgálatával közelítettük a szén eloszlás tendenciáit e legnagyobb léptékben (Jakab et al. 2013b, 2014).

A tábla léptékű felmérés adatai ArcGIS környezetben dolgoztuk fel, majd a Juwel szoftver segítségével 3D eloszlásmodellt számítottunk az egyes vizsgált talajparaméterekre (Szalai et al. 2016). A területhasználat változást szintén ArcGIS környezetben a katonai felmérések és a területről rendelkezésre álló későbbi térképek ill. távérzékelési adatbázisok felhasználásával közelítettük (Jakab és Takács 2014).

### *Eredmények*

Ceglédbercelen, intenzíven művelt Ramann féle barnaföldön a pontszerű vizsgálatokat eső-szimulátorral (Jakab et al. 2016), a terepi felmérést egy domborzatmodell és 100 talajminta alapján végeztük (Szalai et al. 2016).

### *Szubméteres lépték*

Az eróziós térszínen a frissen művelt talaj aggregátum összetétele kedvező volt, domináltak a makro aggregátumok. A makro aggregátum osztályok SOC szignifikánsan ( $p < 0.05$ ) meghaladta a mikro aggregátumokban mért SOC koncentrációt. ill. általánosságban a növekvő méret emelkedő C és N tartalommal párosult. Ez a tény kérdéseket vet fel az egyre kevésbé általánosan elfogadott szén-agyag komplexek dominanciájával kapcsolatban. Az in situ talaj eltérő méretű aggregátumainak SOM összetételében egyik módszerrel sem találtunk jelentős különbséget, leszámítva az aromás alkotók aggregátum mérettel arányos növekedését.

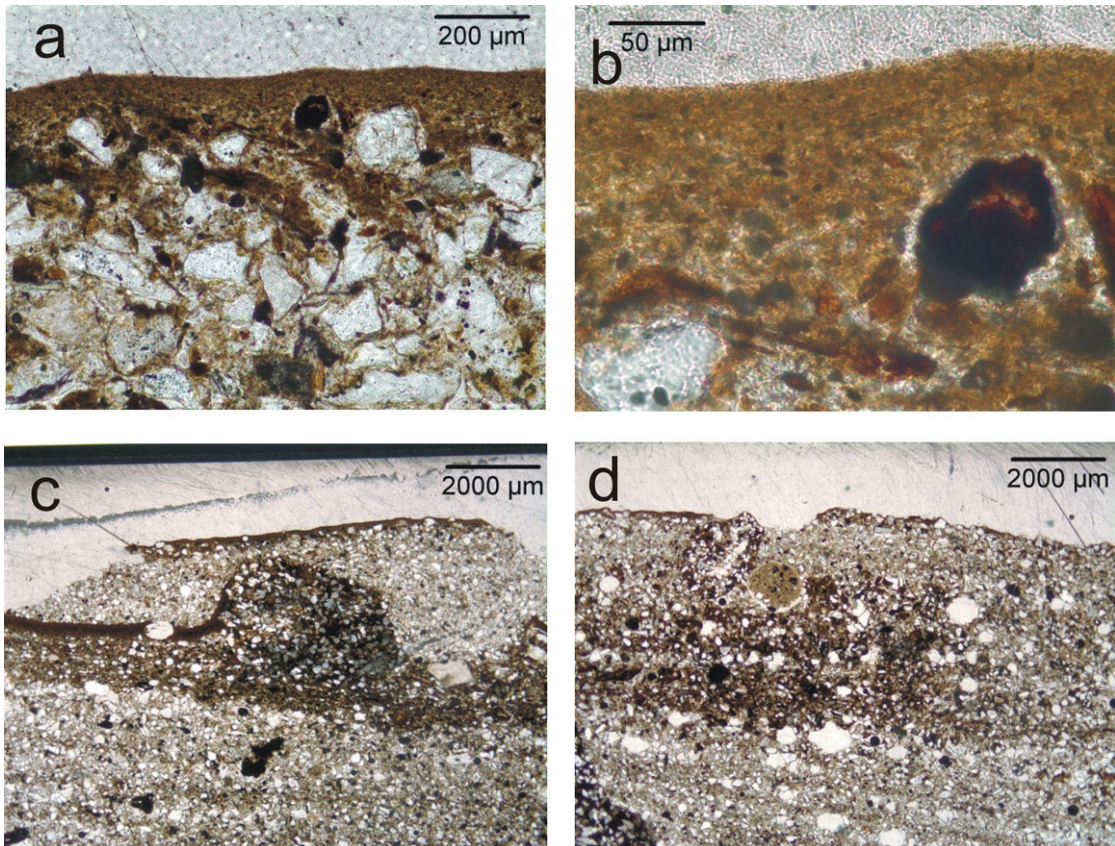
A megmózdult talajban az aggregátum összetétel pontosan az ellenkezőjére változik, dominálnak a legkisebb osztályba tartozó részecskék, míg 1mm-nél nagyobb szemcse szinte nincs. A hordalék minden aggregátum osztályában növekedett a SOC koncentráció, de a legnagyobb értéket – közel 100 % – a legkisebb aggregátumoknál találtuk, ami a csepperózió szerepét hangsúlyozza. N tartalomban csak a 0,25-1,00 mm osztályban volt szignifikáns eltérés az aggregátumok eső előtti és hordalékból mért értékei között ami pedig a csepperózió és a hordalékszállítás alatt bekövetkező kicserélődésekre és/vagy kémiai változásokra utal. Minden aggregátum méret esetében szignifikáns ( $p < 0.05$ ) emelkedést találtunk a lepusztult anyag C/N arányában a művelt feltalajhoz képest. A legmagasabb átlagérték és a legnagyobb növekedés a kontrollhoz képest egyaránt a legkisebb aggregátum osztály esetében adódott ahol a hordalékban az arány a kétszeresére nőtt (Ezt a tendenciát a fotometriáson mért adatok is alátámasztják). Ez szélsőségesen kis molekulatömegű SOM jelenlétét valószínűsíti ami a kémiai degradációt támasztja alá. Amíg a kontrollban a leginkább fejlett, legpolimerizáltabb szerves anyagot a legkisebb aggregátum méret tartalmazta addig a hordalékban már a legnagyobb aggregátum méretben találtuk a legnagyobb molekula tömegű szervesanyagot.

A legnagyobb SOC veszteség a legmeredekebb parcella frissen művelt állapotában adódott. A kéreggel fedett parcellák esetében már jóval kisebb szerepe volt a lejtésnek, a SOC veszteség ugyan ez esetben is növekedett a meredekség emelkedésével, azonban jóval kisebb mértékben. Az esetek meghatározó hányadában a szerves szénveszteség zöme a mikro aggregátumokhoz kötődik. Másrészről a mikro és makro aggregátumok mozgásával lepusztult SOC aránya széles határok között változik. Az egyes csapadékeseményeken belüli változásokat tekintve nem találtunk kapcsolatot a kezdetben, ill. az eső végén erodálódó hordalék szerves széntartalma és az eltelt idő között.

A hordalékban mért kvarc mennyisége nem éri el a kontroll legkisebb aggregátumainak kvarc mennyiségét. Ezzel párhuzamosan az agyagásványok mennyisége relatíve megnövekedett a hordalékban az in situ talajhoz képest, függetlenül a csapadékeseményen belüli időponttól. Ebből fakadóan nem kizárólag a hordalékban megjelenő egyedi agyagszemcsék okozzák a változást, hanem a mikro aggregátumok szétesése után a felszíni lefolyásból kiülepedő, egyedi kvarc szemcsék hiánya is. A relatíve kis felülettel és felületi töltéssel rendelkező, intakt kvarc szemcse a leggyengébb láncszem a mikro aggregátumokon belül amely könnyen kiszabadulhat az aggregátumból a csepperózió és a fluvialis szállítás folyamatai során. Az aggregátumokból kihulló elemi kvarc szemcsék kisebb fajlagos felületükből és nagyobb fajsúlyukból adódóan sokkal könnyebben kiülepedtek a lefolyásból, mint az aggregátumok, illetve kolloid alkotók. A csapadékesemény végére a felszín mélyebb részein a képződő kvarc film az eredetileg sötét színű talajt világos sárgára színezte.

A csepperózió által szétrobbantott aggregátumok elemi szemcsékre esnek szét melyeket a felszínen mozgó víz megával ragad. A víz belépve egy felszíni mélyedésbe, pocsolyába veszít mozgási energiájából a szállított hordalék durvább részét lerakja, létrehozva ezzel az alsó kérget, míg a kisebb

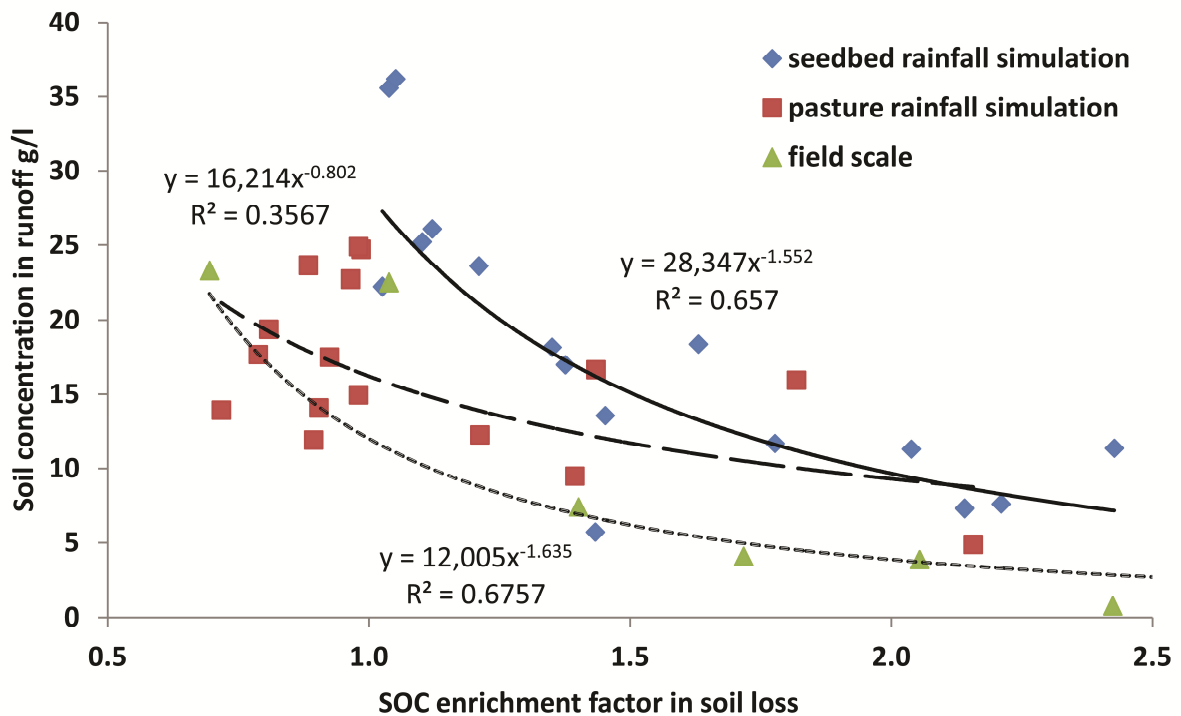
méretű, lebegtetett kolloidok tovább mozognak. A csapadék megszűnésével a pocsolókban maradt lebegtetett kolloidok fokozatosan rakódnak az alsó kéreg felszínére ezzel hozva létre a fedő kérget (1. ábra) (Jakab et al. 2013b).



**1. ábra** Talajkéreg vékonycsiszolatok a) Eróziós kéreg: magas SOC tartalmú kolloid fedőkéreg a kvarc uralta alsó kérgen, b) humusz, agyagásványok és vas uralta fedőkéreg, c) kéregképződés a korábban már kérges felszínen, d) szerkezeti kéreg

#### *Tábla lépték*

Eltérő intenzitású és mennyiségű csapadékok különböző módon hatottak a hordalék szerves széntartalmára. Az esetek többségében egynél nagyobb feldúsulási faktor (FF) értékeket mértünk, ez alól csak a legelőként hasznosított, folyamatosan lágyszárú vegetációval fedett terület volt kivétel, ahol nem volt egyértelmű összefüggés a hordalékhozam és a feldúsulási faktor között (2. ábra). A legnagyobb talajvesztés rátát a frissen művelt parcellákon mértük, ahol a FF fordított arányosságban állt a lefolyás szárazanyag tartalmával. Tábla léptékben hasonló összefüggést mutattunk ki a vizsgált területek közül a legmagasabb korrelációs együtthatóval, ugyanakkor az itt mért hordalék koncentráció értékek sokkal alacsonyabbak. Ez részben a tábla (részleges) növényzeti fedettségének másrészt a területen belüli lerakódásnak, áthalmozódásnak a következménye (Jakab et al. 2013a, 2014).



2. ábra különböző léptékekben és felszínborítás alatt mért hordalék-koncentrációk és a szerveszén feldúsulási faktor összefüggése

A tábla léptékben mért talajvesztéséget a vékonycsiszolatoknál megfigyelt szemcseméret szerint elkülönülés alapján is megvizsgáltuk. A lefolyt anyagból külön választottuk a lebegtetett és az ülepedő hordalékot és külön határoztuk meg a szerves szén tartalmukat. Amíg az ülepedő hordalék FF értéke minden esetben nagyobb volt egynél, a lebegtetett hordalékoknál csak a nagymennyiségű, heves záporok generálta lebegtetett hordalékban volt szerves szén feldúsulás.

A szerves szén feldúsulási faktora a hordalékban elsősorban a hordalék mennyiségétől függ, de a növényzeti fedettség is befolyásolja. Minél kisebb mennyiségű szárazanyag erodálódik annál nagyobb mértékben dúsul benne a szerves szén (egészen  $2,4 \times$  értékig). Az először megmozduló és hosszabb távon is szuszpendált formában maradó hordalék jellemzően a talaj kolloid fázisából áll, melynek magas a szerves szén tartalma. A talaj szénforgalma szempontjából az olvadó hó, vagy csekély intenzitású csapadékok által okozott lefolyások hasonlóan fontos szerepet játszhatnak mint a nagy hordalékmennyiséget mozgató, heves záporok.

A legnagyobb lépték eredményei alapján az iniciális erózió során a szerves szén a talaj többi kolloid alkotójával együtt mozdul meg, azonban a tábla léptékű mérések már nem mutatnak szerves szén dúsulást a lebegtetett fázis szerves széntartalmában. Ez a tény kérdéseket vet fel a talajokban általánosan elfogadott agyagásvány-organikus stabil komplexeket illetően.

Az eredmények arra engednek következtetni, hogy tábla léptékben már a megmozdított szerves szénnek a jelentős része táblán belül lerakódik, esetenként eltemetődik. Az ülepedő és a lebegtetett hordalék SOM összetétele nem különbözött jelentősen egymástól. Az alkalmazott fotometriai módszerek a nagy molekulatömegű, fejlettebb humuszkomponensek megnövekedett arányát jelezték a hordalékban.

A berceli terület 100 talajmintájának diffúz reflektancia spektrumait hierarchikus klaszteranalízis segítségével csoportosítottuk, melynek során négy csoportot alakítottunk ki. A csoportok beosztása

elsősorban a minták geomorfológiai helyzetét tükrözte. A reflektancia spektrumok alapján végzett csoportosítást követően a vizsgált 14 talaj tulajdonság alapján is elvégeztük a hierarchikus klaszteranalízist. A mintákat ismét négy csoportra bontottuk és kanonikus diszkriminancia analízissel mértük a csoportba sorolásuk helyességét. Annak ellenére, hogy a két osztályozás az egyes minták tekintetében eltérő eredményt hozott, a tendenciákat illetően mindkettő ugyanazt a képet festette. Következésképpen a diffúz reflektancia spektrumok által hordozott információ jól egyezett a fizikai-kémiai mérések összesített eredményeivel (Szalai et al. 2013). A sikeres csoportosítás igazolta, hogy a fél nm-es adatfelvételi sűrűség helyett a 10 nm-enkénti felbontás is tartalmazza az osztályozáshoz szükséges információt, azaz az eredeti adatmennyiség huszad részét elegendő felvenni és elemezni. A csoportosítás legmeghatározóbb tulajdonságai a széntartalomhoz kötődtek. A karbonát, a szervesszén tartalom és az összes széntartalom ebben a sorrendben felelősek a csoportok kialakításáért, a többi talajtulajdonság sokkal kisebb mértékben szólt bele az osztályozásba.

A talaj széntartalmában és szervesanyag összetételében mért területi változások a talajerózió és a szedimentáció miatt alakultak ki. Habár a legmagasabb szervesszén tartalmakat a felhalmozódási térszíneken mértük nem volt direkt kapcsolat a felszíni lejtés és a talajvastagság között. Másrészt a lepusztuló szervesanyag frakcionált felhalmozódását is kimutattuk. A magasabb térszínen a polimerizált szervesanyag alkotók dominanciáját találtuk, a kis molekulatömegű alkotók eljutottak a terület legaljára, ahol a talajba szivárgásuk is valószínűsíthető. Azaz a talajszén eróziója során nem csak az elragadás szelektív folyamat, hanem a lerakódás is. Az eltérő molekulatömegű humuszalkotók eltérő távolságra szállítottak és eltérő geomorfológiai pozícióban ülepedtek ki. Ez annak ellenére kimutatható a területen, hogy a feltalajt hosszú ideje és intenzíven művelik. Következésképp a folyamatos talajművelés homogenizáló hatása nem feltétlenül annyira hatékony mint azt az irodalom hangsúlyozza. Talajvédelmi szempontból különös figyelmet kell fordítani a talajszén mobil komponenseire, hiszen ezek a felszíni lefolyással együtt a legkönnyebben hagyhatják el a területet. Ennek megakadályozására különösen fontos a lefolyó víz minimalizálásában használt gyepes sávok és más talajvédelmi rendszerek okszerű alkalmazása amelyek egyben a szénmegőrzés fontos eszközei is lehetnek (Szalai et al. 2016).

#### *Gödöllői katéna eredményei (Jakab és Takács 2014)*

A mintaterület a térképi adatbázisok alapján az elmúlt 300 év jelentős részében erdő volt, csak az elmúlt kb. 60–70 évben törték fel és hasznosították szántóként. A talajképződési folyamatok alapján az erdőirtás óta eltelt idő nem volt elegendő a korábban kialakult erdőtalajok visszameszesződéséhez, illetve a folyamat megindulásának is csak a jeleivel találkoztunk. A humuszösszetétel vizsgálata azonban nem hozott egyértelmű eredményt e tekintetben, hiszen az  $E_4/E_6$  módszer szerint a humuszanyagok közelebb állnak a sztyepp dinamikára jellemző nagy molekulatömegű, gyengén savas karakterű humátokhoz. Azonban az eltelt idő rövidsége, illetve az intenzív szántóföldi termesztés – főleg a teljes körű betakarítás – nem valószínűsíti az erdőtalaj jellegű humuszanyagok teljes átalakulását humátokká. Az eltérő metodikával végzett, párhuzamos talaj szervesanyag minőség vizsgálatok ezt megerősítve a fulvó-, ill. huminsavak dominanciáját, vagyis még az erdőtalaj meghatározó jellegét mutatták ki.

A talajgenetikai változásokkal szemben az erózió jelentősen befolyásolta a katéna fejlődését. Különösen jelentős ez a hatás, ha elfogadjuk, hogy erdő alatt nem volt számottevő talajpusztulás, vagyis a jelenlegi kép az elmúlt 60–70 év alatt alakult ki. Ennyi idő helyenként elég volt az eredeti 130 cm mély szelvény teljes lepusztulásához, ami  $2 \text{ cm év}^{-1}$  átlagos eróziót feltételez az időszakra. Ez még csak kis földes kopár foltokon, nagyon intenzív művelés mellett is valószínűtlen, különösen annak fényében, hogy nem találtunk komolyabb felhalmozódást. Lehetséges magyarázat volna, hogy a talajpusztulás jóval korábbi időpontban zajlott le, azonban ennek ellent mond a mélyebb szelvények



közepének teljes kilúgzottsága. Egy korábbi, jelentős mértékű áthalmazást a szén-savas mésztartalom átkeverése is kísért volna, melynek során a szolum középső része is meszesződött volna. Legvalószínűbb a felszín töltésépítés előtti átalakulása, ezzel magyarázható a lejtőalji szediment csekély volta, ill. hiánya.

Az erózió szelektivitását az agyagtartalom lejtőalji feldúsulásával figyeltük meg. Ezzel szemben a talaj szervesanyagainak mennyisége és összetétele nem változott egyértelműen az erózió hatására. Az ultraibolya elnyelési hányados és a 280nm-en mért abszorbancia alapján a lejtőalj felszínén polimerizáltabb, jobban fejlett humuszalkotókat találtunk, mint a pusztuló térszíneken. Ehhez társul a C/N arány fordított összefüggése a szerveszén tartalommal. Ezek alapján a mobilis humuszformák könnyebben mineralizálódnak a talaj által szállított humuszanyagokból is. Azaz a szedimentáció során relatív többségbe kerülnek a kevésbé mobilis, nagyobb molekulatömegű alkotórészek. A mintaterületen a fotometriai módszerek közül az áthalmazás megítéléséhez a 280 nm-en mért abszorbancia volt a legmegfelelőbb mutató.

## Irodalom

- Centeri C, 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. In: Margit A (ed.) Soil carbon: types, management practices and environmental benefits. 126 p. New York: Nova Science Publishers, pp. 91-117.
- Centeri Cs, Jakab G, Szabó Sz, Farsang A, Barta K, Szalai Z, Bíró Zs. (2015) Comparison of particle-size analyzing laboratory methods. *Environmental Engineering and Management Journal* 14:(5) pp. 1125-1135.
- Centeri Cs, Jakab G, Szalai Z, Madarász B, Sisak I, Csepinszky B, Biro Zs. (2012) Rainfall simulation studies in Hungary. In: Melekhin D S, Dolukhanov M F (eds.) Environmental research summaries. Volume 4. 330 p. New York: Nova Science Publishers, pp. 189-190.
- Jakab G, Centeri Cs, Kiss K, Madarász B, Szalai Z. (2013a) Erózió és művelés okozta anyagvándorlás szántóföldön, Dobos E, Bertóti R D, Szabóné Kele G (szerk.) Talajtan a mezőgazdaság, a vidékfejlesztés és a környezetgazdálkodás szolgálatában Budapest Talajvédelmi Alapítvány 281-290,
- Jakab G, Kertész Á. (2014) Does soil erosion sequester soil organic carbon? (2014) In: Halldórsson G et al. (szerk.) Soil carbon sequestration for climate food security and ecosystem services. Publications Office of the European Union, pp. 233-238,
- 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 (ed.) Soil carbon. 506 p. Dordrecht: Springer, pp. 289-296.
- 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, Szabó J, Szalai Z, Mészáros E, Madarász B, Centeri Cs, Szabó B, Németh T, Sipos P. (2016) Changes in organic carbon concentration and organic matter compound of erosion-delivered soil aggregates. *Environmental Earth Sciences* 75:(2) pp. 1-11.
- Jakab G, Takács L. A területhasználát változásának felszínfejlődési vonatkozásai egy gödöllői mintaterület példáján. (2014) *Tájökológiai Lapok* 12:(1) pp. 49-61.
- Kiss K, Szalai Z, Jakab G, Madarász B, Zboray N. (2014) Characterization of soil organic substances by UV-Vis spectrophotometry in some soils of Hungary. In: Hartemink A, McSweeney K (szerk.) Soil carbon. 506 p. Dordrecht: Springer, pp. 127-136.
- Madarász, B., Bádonyi, K., Csepinszky, B., Mika, J., Kertész Á. (2011) Conservation tillage for rational water management and soil conservation. *Hungarian Geographical Bulletin* 60. No. 2. pp. 117-133.
- Szabó J, Jakab G, Szabó B. (2015) Spatial and temporal heterogeneity of runoff and soil loss dynamics under simulated rainfall. *Hungarian Geographical Bulletin* 64:(1) pp. 25-34.
- Szalai Z, Jakab G, Szabó J, Kovács J, Mészáros E, Albert G, Centeri Cs, Szabó B, Madarász B, Zacháry D (2016) Redistribution of erosion triggered soil organic carbon at the field scale under subhumid climate, *Pedosphere* 26: accepted paper (közlésre elfogadva),
- Szalai Z, Kiss K, Jakab G, Sipos P, Belucz B, Németh T (2013) The use of UV-VIS-NIR reflectance spectroscopy to identify iron minerals, *Astronomische Nachrichten* 334:(9) pp. 940-943.