

## **Záró szakmai beszámoló - OTKA PD 83956**

### **Effect of biochar on soil fertility, organic matter management and its role in climate change mitigation**

A pirolizált biomassza alapanyagú bioszén kutatása napjainkban igen fontos, hiszen talajokon történő hasznosítása számos talajtulajdonság pozitív irányú változását eredményezheti. Amellett, hogy növeli a talajok szerves anyag tartalmát, pozitívan befolyásolja a talaj több tulajdonságát, ezáltal a termékenységet, és kedvező felületi tulajdonságai miatt csökkentheti a tápanyag kimosódást. Emellett az érdeklődés középpontjába a légköri széndioxid talajban történő raktározása miatt is került, mely a klímaváltozást hivatott mérsékelni. A technológia sikeres kiegészítője lehet a komposztálásnak, a nagy mennyiségben keletkező biológiailag lebomló hulladékok ártalmatlanításában és természetbe való visszaforgatásában.

A kutatásban elsősorban olyan területekről vett talajminták vizsgálatára koncentráltam, ahol korábban faszénégetéssel foglalkoztak és a boksák helye bolygatatlan maradt (pl. Bükk, agyagbemosódásos barna erdőtalaj). Egyazon területen, azonos talajtípuson tudtam mintákat venni, kizárva azt, hogy a talajtípusbeli különbségek befolyásolják a mérési eredményeket. A faszénégető boksák különböző korúak voltak, a felhagyásuk különböző években történt, így a faszénben gazdag minták vizsgálati eredményeiből következtetéseket tudtam levonni arra vonatkozóan, hogy a talajba került elszenesedett szervesanyag tulajdonságai idővel hogyan változnak, illetve nagyságrendileg mikorra tehető a talajba került faszén hatásának jelentős csökkenése. A téma kutatásához kevés hosszú távú tartamkísérlet áll rendelkezésre, így ezeknek a mintáknak a vizsgálatával hosszabb időtávú következtetéseket lehet levonni a faszén hatásával kapcsolatban, mint a rövidebb távú kísérletekkel.

A beszámolóban azokat az eredményeket fejtem ki bővebben és szemléltetem egy-egy ábrával, táblázattal, melyek teljes kiértékelése megtörtént, és a kutatás fő irányvonalában (szerves anyag tartalom, minőség és tápanyag tartalom) születtek.

A talajoldat pH-jának döntő szerepe van számos talajtulajdonság alakulásában (pl. nehézfémek megkötődése). A talajok pH értékét a benne lévő faszén a semleges, ill. gyengén lúgos tartományba emelte, javult a talaj pufferoló képessége.

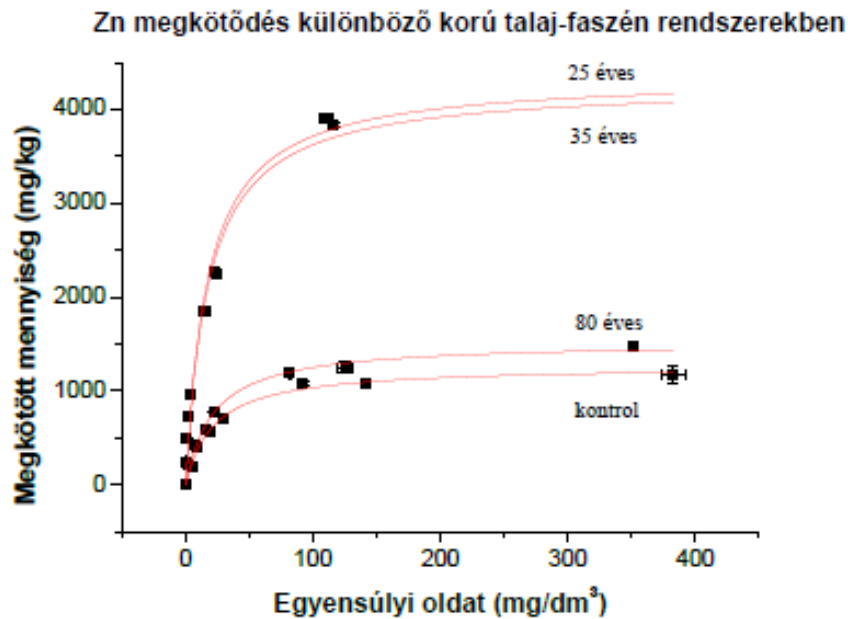
A talaj szerves anyag tartalmát kétfajta eljárással vizsgáltam, az eredmények összhangban vannak egymással, miszerint a kontroll (faszenet nem tartalmazó) mintához képest mindegyik talajnak nagyobb az eloxidálható szervesanyag tartalma. A 25 és 35 éves faszén-talaj rendszernek jelentősen magas, ami egyértelműen a magasabb széntartalom következménye. Ez a faszén által képviselt szerves C-tartalom a későbbiekben részévé válhat a talaj szervesanyag tőkéjének, felhasználásra kerül az elő szervezetek által, s egy része (15-35%) a nitrogén tartalmú anyagokhoz kapcsolódva humusz anyagokat képez. Nagy százalékban pedig CO<sub>2</sub> formájában távozik el a rendszerből, hosszabb idő alatt, mivel ezek a szerves vegyületek igen ellenállóak, nehezen bomlanak. A széntároló képesség t/ha-ban számolva 25 éves és 35 éves rendszerben több mint kétszeres, de még a 80 éves talaj-faszén rendszerben is 28%-kal magasabb, a kontroll mintához hasonlítva.

A talaj víztartó és vízmegkötő képessége nő a faszén mennyiségével. A kontroll talajhoz képest a legtöbb szenet tartalmazó talaj majd másfélszeres vízmegkötésre képes. Ez a tulajdonság számos további pozitív tulajdonsághoz vezethet, mint például a biológiai aktivitás növekedéséhez.

A szorpciós képességek változásának követésére a különböző korú talajoknál a cink megkötődésének vizsgálatát választottam, mivel hazánk talajainak cink ellátottsága közepes illetve gyenge.

A Zn adszorpciós kinetikáját egytagú Langmuir-izotermával jellemeztem. A görbe karakterisztikájából kapott A<sub>max</sub> (maximum megköthető mennyiség) és k (a cink affinitása az egyes talajokhoz) paraméterek segítségével tudtam következtetni, hogy a faszén hogyan válik az idő múltával a talaj szerves részévé. Mind a megkötésre, mind a deszorpciós vizsgálatokra irányuló mérések végeredménye az volt, hogy a nagyobb faszéntartalmú talajoknak növekedett a szorpciós kapacitása a kontroll talajhoz képest. A megkötött cink mennyiséget a 25 és 35 éves talajok lassan, kis mennyiségbe engedték vissza a talajoldatba. Az idősebb 80 éves talajnál, amelyben feltételezhetőleg a különböző biológiai és fizika folyamatok eredményeképpen, faszén már csak kis mennyiségben fordult elő, a Zn-megkötés

mértéke jóval szerényebb volt, míg a deszorbeálódott mennyiség a megkötéshez képest jelentős volt.



A kapott eredményekből arra következtethetünk, hogy faszén/bioszén hozzáadása a talajhoz (megfelelő határértékek mellett) megakadályozhatja a tápanyagok kimosódását, csökkentheti az elfolyó veszteségeket. Gazdasági szempontból használatuk előnyös lehet, mivel egy bioszénrel kezelt talajra kijuttatott mennyiség jobban és tartósabban hasznosul a benne, ill. rajta lévő élővilág számára.

A szerves frakció minőségének és a talajba került faszén talajosodásának jellemzésére a Rock-Eval pirolízist alkalmaztuk, amelyet ma már széles körben használnak az éretlen szerves anyagot tartalmazó talajok és recens üledékek vizsgálatára is, eredetileg a kőolaj és földgáz anyakőzetre fejlesztették ki. Gyors, sorozatvizsgálatok végzésére alkalmas módszer, egy-egy mérés anyagigénye kicsi. Rövid idő alatt, egyetlen mérésből számos a szénhidrogén–genetikában alapadatnak számító – többek között a szerves anyag érettségét, termikus stabilitását leíró - paraméter határozható meg. Az alapadatok többsége jól használható a talajokban és a recens üledékekben felhalmozódott éretlen szerves anyag mennyiségi és minőségi jellemzésére is.

A Rock-Eval pirolízissel mérhető és számítható alapadatok:

1. **S1** a természetes körülmények között képződött szabad és adszorbeált szénhidrogének mennyisége a kőzetben mgszénhidrogén/gkőzet egységben kifejezve. A szerves anyag a talajban még éretlen, a szénhidrogén képződés még nem kezdődött meg, a szabad szénhidrogének csak szennyezőként lehetnek jelen, így a standard Rock- Eval módszerrel mért S1 valójában csak egy „pszeudo” S1 csúcs, néhány gyenge kémiai kötés korai felszakadásából származik.

2. **S2** a szerves anyag krakkolódásával a pirolizáló készülékben képződő olaj és gáz teljes mennyisége, megfelel annak a szénhidrogén mennyiségnek, amely az anyakőzetből a természetben még képződhet, ha lezajlik a kerogén teljes termikus érési folyamata. Mértékegysége mgszénhidrogén/gkőzet.

3. **Tmax** (°C) az a hőmérséklet, amely a pirogramon az S2 csúcs maximumához tartozik, a szerves anyag termikus érettségi mutatója. Ezen a hőmérsékleten krakkolódik a legnagyobb mennyiségű szerves anyag.

4. A **TOC** a minta teljes szerves szén tartalma (tömegszázalékban kifejezve) A pirolizált szén és a pirolízis után maradó ún. maradék szén összege. Az utóbbit a készülék az S2 csúcs detektálása után, külön körben, levegőáramban történő oxidációval méri. A maradék szerves szén szénültsége miatt olaj illetve gáz termelésére nem alkalmas.

5. Hidrogén index (**HI**), a minta minőségét, a szerves anyag típusát jellemző mutató, az S2 szénre normalizált értéke mgszénhidrogén/gTOC egységben kifejezve. Az adott típuson belül értéke változik a szerves anyag érésével, ez a változás azonban csak az érési folyamat előrehaladottabb szakaszában jelentős. Éretlen szerves anyag esetében a HI jól használható minőségi mutató.

6. Produkciós index (**PI**)  $S1/(S1+S2)$ . A szabad és adszorbeált preformált (a természetben már létrejött) szénhidrogének mennyiségének aránya a teljes szénhidrogén mennyiséghez képest, amely az adott kerogénből képződhet. Segítségével megadható, hogy a szerves anyag mennyire kötött az ásványi mátrixhoz. Kőolaj anyakőzetek vizsgálatánál jól használható migrációs jellemző.

7. Szénhidrogén potenciál (**CHpot**). A teljes szénhidrogén mennyiséget adja meg, ami az adott kőzet szerves anyagából képződhet. Éretlen szerves anyagnál S1 hiányában azonos S2-vel. Mértékegysége mgszénhidrogén/gkőzet.

A fenti adatokból számolhatóak további paraméterek is.

8. Teljes szerves szén reaktív, szénhidrogén termelésre alkalmas része (**TOCreakt**) (tömegszázalékban kifejezve)  $[(S1+S2)*0,83]/100$ .
9. Teljes szerves szén inert részaránya (**TOCinert**) (tömegszázalékban kifejezve) megadja a pirolizált szerves szén azon mennyiségét, mely annyira szénült, hogy semmiféle szénhidrogén termelésre már nem alkalmas. (TOCmért-TOCreakt)
10. A maradék szerves szén (**RC**) az 550 °C-ig nem pirolizálódott szerves szén mennyisége, tömegszázalékban kifejezve.
11. A szerves anyag oxigéntartalmú vegyületeiből a pirolízis során képződött szén-monoxid mennyiségét egységnyi szerves szénre vonatkoztatva az **OICO** adja meg  $[S3CO/TOC*100]$ , mgCO/gTOC.
12. Az Oxigén Index (**OI**) a szerves anyag oxigéntartalmú vegyületeiből a pirolízis során képződött szén-dioxid mennyisége egységnyi szerves szénre vonatkoztatva. Mértékegysége mgCO<sub>2</sub>/gTOC.
13. A pirolizált ásványi szén mennyiségét a **pyroMINC** adja meg tömegszázalékban kifejezve.
14. A szerves anyag oxigéntartalmú vegyületeiből a pirolízis során képződött szén-monoxid mennyiségét egységnyi kőzetre vonatkoztatva az ún. **S3CO** adja meg (mgCO/gkőzet).
15. A szerves és ásványi anyag oxigéntartalmú vegyületeiből a pirolízis során képződött szén-monoxid mennyiségét egységnyi kőzetre vonatkoztatva az ún. **S3'CO** adja meg, mértékegysége mgCO/gkőzet.
16. Az **S3** a pirolízis során a szerves anyag oxigéntartalmú vegyületeiből képződő szén-dioxid mennyisége egységnyi kőzetre vonatkoztatva mgCO<sub>2</sub>/gkőzet egységben kifejezve.
17. Az ún. **S3'** a pirolízis során az ásványi anyag oxigéntartalmú vegyületeiből képződő szén-dioxid mennyiségét adja meg mgCO<sub>2</sub>/gkőzet mértékegységben az egységnyi kőzetre vonatkoztatva.
18. Pirolizált szén (**PC**) az 550 °C-ig pirolizálható szerves szén mennyisége tömegszázalékban kifejezve.
19. Az oxidálódott szerves szén mennyiségét az **oxiMINC** értékéből láthatjuk tömegszázalékban kifejezve.
20. Az összes ásványi szén mennyiségéről (tömegszázalék) a **MINC** ad információt.

Az eredményeket az alábbi táblázatban foglaltam össze.

Paraméter	Mértékegység	Referencia (REF)	Boksa		
			25 éves (B25)	35 éves (B35)	80 éves (B80)
<b>S1</b>	mg <sub>szénhidrogén</sub> /g <sub>kőzet</sub>	0,03	0,05	0,03	0,04
<b>S2</b>	mg <sub>szénhidrogén</sub> /g <sub>kőzet</sub>	6,89	7,65	5,60	7,49
<b>T<sub>max</sub></b>	°C	403	400	406	407
<b>TOC</b>	%	2,93	9,61	9,24	4,43
<b>HI</b>	mg <sub>szénhidrogén</sub> /g <sub>TOC</sub>	235	80	61	169
<b>OI</b>	mg <sub>CO2</sub> /g <sub>TOC</sub>	272	173	177	235
<b>S3</b>	mg <sub>CO2</sub> /g <sub>kőzet</sub>	7,98	16,58	16,35	10,39
<b>S3'</b>	mg <sub>CO2</sub> /g <sub>kőzet</sub>	12,80	27,20	28,10	15,60
<b>PC</b>	%	0,93	1,35	1,14	1,06
<b>RC</b>	%	2,00	8,26	8,10	3,37
<b>OICO</b>	mg <sub>CO</sub> /g <sub>TOC</sub>	66	43	36	52
<b>pyroMINC</b>	%	0,40	0,83	0,85	0,48
<b>oxiMINC</b>	%	0,14	0,18	0,20	0,16
<b>MINC</b>	%	0,55	1,01	1,05	0,64

Az elvégzett módszer összefoglaló leírása a következő. A talajminták analízisét a Rock-Eval készülékek legújabb generációjához tartozó RE6 készülékkel végeztük. A kemence programozása a következő: a hőmérsékletet 3 percen keresztül 180°C-on tartja, majd növeli 650°C-ig 25°Cmin<sup>-1</sup> egyenletes felfűtési sebességgel. Az állandó hőmérsékletű fázisban a szabad szénhidrogének szabadulnak fel (S1 csúcs); ezt a többi szerves anyag krakkolódásával keletkező szénhidrogének követik (S2 csúcs). A mérés lángionizációs detektor segítségével történik, inert gáz (hélium) atmoszférában. Az áramló hélium mind az állandó hőmérsékleten felszabaduló, mind a termikus bontás pirolízis termékeit gyorsan a detektorhoz szállítja, minimálisra csökkentve a másodlagos krakkolódási reakciók lehetőségét. Az S2 csúcs regisztrálását követően a minta maradéka egy másik kemencébe kerül, ahol az oxidáció programozható felfűtése 850°C-ig tart és az átáramló levegővel a szerves-szén tartalom tökéletesen elég. A mérés vezetőképességi detektorral történik. Az RE6 a pirolízis és az oxidáció alatt keletkező szén-monoxid és szén-dioxid mennyiségét is méri infravörös detektorral, így a készülék oxigén index meghatározására is alkalmas.

A készülék egyetlen mérésből számos, az elemzésekhez jól használható paramétert határoz meg. A méréseket homogenizált mintákon végeztük (100 mg/minta).

A kiértékelés során az S1 értékek alapján a vizsgált minták alig különböznek (0,03-0,05 mg<sub>szénhidrogén/g<sub>kőzet</sub></sub>), a termikusan éretlen szerves anyagok gyenge kötéseinek mennyisége közel azonos. A mintázott területen főleg fás szárú állományt találtunk, a lágyszárú növénytakaró kevés volt. A mintában legnagyobb mennyiségben előforduló szerves anyag frakcióhoz tartozó hőmérsékleti maximum az ún. T<sub>max</sub> (érettségi mutató) értékek alig térnek el (400-407 °C), kiválóan tükrözik, hogy a minták azonos területről származnak, és azonos talajtípusba tartoznak.

A pirolizálható szerves anyag (S2) alapján már differenciáltabb képet kapunk. Ezen paraméter alapján a B25 és a B80 mutat rokonságot (közel azonos S2, mindössze 0,16 mg<sub>szénhidrogén/g<sub>kőzet</sub></sub> különbség). A B35 inert atmoszférában pirolizálható szerves anyaga alatta marad még a referencia szelvény szerves anyagának is (81,3 %; 1,19 mg<sub>szénhidrogén/g<sub>kőzet</sub></sub>-tel kevesebb).

Az olaj és gázképzésre alkalmas szerves anyag mennyisége a B25 és B80 esetében a legnagyobb, tehát feltételezhető, hogy itt a legnagyobb a biológiai aktivitás. A B80 területén az eltelt idő alatt a visszamaradó faszén jórészt feltáródhatott és biológiailag aktiválódott (ezt támasztja alá a TOC érték is). A TOC értékeken remekül látszik, hogy a kevésbé idős boksák esetében még az égetés során odakerült szerves szén mennyiségének nem volt ideje elbomlani, feltáródni, míg a 80 éves minta közelíti a referencia szelvény TOC értékéhez. A B25 látszólag ellentmond ennek, mert a legnagyobb TOC értéke ellenére a krakkolható szerves szén mennyisége itt a legnagyobb. Valószínűleg arról van szó, hogy a biológiai aktivitás itt is nagy, de a nagyobb mennyiségű szén feltátására még nem állt rendelkezésre megfelelő időtartam. A B35 esetében a nagy TOC érték ellenére mért kis S2 valamiféle biológiai stop jelenlétére utalhat (mikro-klimatikus viszonyok eltérése). Az S2 értékeket a faanyag elégetésének tökéletes, avagy tökéletlen volta is befolyásolja. A B35 esetében feltételezhető az is, hogy az égés tökéletesebben ment végbe, tisztább szén keletkezett, kevesebb olyan frakció maradt vissza, amely gáz, vagy olajképzésre alkalmas lehetne. Mivel a TOC a pirolizált szén és a pirolízis után maradó ún. maradék szén összege, ezért egészen biztos, hogy a B25 és B35 minták közel azonos TOC értékei ellenére utóbbiban nagyobb a szénültebb szerves anyag frakció jelenléte.

A hidrogén index (HI) esetében ez a tendencia szintén tetten érhető. A nagyobb mennyiségű szénült frakciót tartalmazó talajok esetében látványosan kisebb a HI. A B80 minta ( $169 \text{ mg}_{\text{szénhidrogén}}/\text{g}_{\text{TOC}}$ ) közelít leginkább a természetes szerves anyag eloszlású referencia mintához ( $235 \text{ mg}_{\text{szénhidrogén}}/\text{g}_{\text{TOC}}$ ), noha a HI értéke még így is mindössze 71,9 %-a a referencia minta HI értékének. A B35 kis HI értéke (a REF minta HI értékének mindössze 26 %-a) szintén a kis biológiai aktivitásra és/vagy tökéletesebb égésre utal, itt a legkisebb az egy szénre jutó hidrogén mennyisége.

A HI-hez hasonló tendenciát mutat az oxigén index (OI) is, bár ezen paraméter alapján a természetes szerves anyag körforgást mutató referencia szelvény OI értékeitől kevésbé eltérő adatokat kaptunk, tehát az azonos tendenciák ellenére a különbségek nem annyira kifejezettek. A REF minta OI-hez viszonyítva B25, B35 és B80 OI aránya 63,6 %, 65,1 % és 86,4 %. Látható, hogy - a hidrogén-tartalommal ellentétben - a B25 és B35 minta a szerves anyag az oxigén-tartalmú funkciós csoportjai mennyiségének szempontjából nem mutat nagy különbséget. A B80 mintában található a legtöbb hidrogénnel és oxigénnel már ellátott „feldolgozott” szerves anyag. A HI és OI esetében ki kell emelni, hogy a többi eddig vizsgált paraméterrel ellentétben itt a számok nem a teljes mintamennyiség tömegére, hanem TOC-re vannak vonatkoztatva, azaz a mintákban jelenlévő szénültebb szén-frakció módosító hatása sokkal kifejezettebb.

A vizsgált talajok nem karbonátos kőzetten képződtek, tehát a MINC, pyroMINC, oxiMINC értékek nem az ásványi mátrixból hő hatására felszabadult szén-monoxid és szén-dioxid mennyiségét mutatják, hanem az erősen szénült antracit-szerű szerves anyag mennyiségét. A MINC a pyroMINC és az oxiMINC összege. Ezen adatok alátámasztják azt a korábbi feltételezést, amely szerint a B35 mintában a legtöbb az a szén-frakció, amelynek az égése tökéletesebben ment végbe és a biológiai feltárása még nem olyan előrehaladott, mint a többi vizsgált mintában. A pirolízis körben mért pyroMINC értékek a teljes MINC 72,7, 82,2, 80,1 és 75 %-át teszik ki a REF, B25, B35, B80 sorrendben. Tehát a pirolízis körben a B25 mintából szabadul fel a legtöbb szén-dioxid és szén-monoxid. A B25 a B35 mintával, míg a REF a B80 mintával mutat rokonságot.

Az  $550^{\circ}\text{C}$ -ig nem pirolizálódott szerves szén (RC) mennyisége mutatja, hogy a 25 és 35 éves boksákban (B25 és B35) a szénültebb frakció nagyobb arányban van jelen, míg az  $550^{\circ}\text{C}$ -ig pirolizálható szerves szén (PC) mennyisége alapján a tendencia ugyan megvan, de az értékek alig különböznek, összemérhetők (a legnagyobb különbség mindössze 0,42 %). A PC



és az RC a B25 mintában a legnagyobb. Ebből a mintából szabadul fel a pirolízis során a legtöbb olaj- és gázképző szerves anyag 550°C alatt és felett is. Azonban ha a PC és az RC arányát vesszük figyelembe, akkor azt láthatjuk, hogy a B35 mintában a legnagyobb az RC aránya (7,11-szerese a PC-nek), amíg a többi minta esetében ez az arány 2,15, 6,12 és 3,18 REF, B25, B80 sorrendben. Ez megint alátámasztja azt a feltételezést, amely szerint a B25 esetében a rövidebb idő, amíg a B35 esetében a szénültebb szerves anyag és/vagy biológiai stoptényező játszhat közre a szén feltáródásában.

A pirolízis során a szerves anyagból felszabaduló szén-monoxid mennyiségét megadó OICO értékei alapján a REF és a B80, valamint a B25 és B35 állnak közelebb egymáshoz, bár a két csoport alsó és felső értéke (B25 és B80) között mindössze 9 mg<sub>CO</sub>/g<sub>TOC</sub> a különbség. A legkevesebb szén-monoxid a B35-ből szabadul fel, mert ez a minta tartalmazza a legtöbb és legszénültebb frakciót a vizsgált négy minta közül. Ez magyarázhatja a boksák kora alapján felállítható növekvő-csökkenő-növekvő tendenciát, azaz miért nem lineáris a kapcsolat a boksák kora és a szerves anyag oxigén-tartalmának növekedése valamint a szénült frakció csökkenése között.

Az S3 és az S'3 a pirolízis során a minta oxigéntartalmú vegyületeiből képződő szén-dioxid mennyiségét adja meg egységnyi kőzetre vonatkoztatva. Előbbi a szerves anyagból, utóbbi az ásványi mátrixból felszabaduló szén-dioxid mennyiségére vonatkozik. Az S3 esetében csökkenő sorrendet felállítva a B25 minta kicsivel megelőzni a B35-öt, habár különbségük minimális, mindössze 0,23 mg<sub>CO2</sub>/g<sub>kőzet</sub>. Az értékek itt nem a minta szerves anyag-tartalmára, hanem a teljes talajmintára vannak vonatkoztatva, ezért lehetséges, hogy a különbségek kevésbé kifejezettek, mint a korábbi TOC-re vonatkoztatott adatok esetében. Az S3' a legnagyobb értéket a 35 éves boksánál mutatja (28,1 mg<sub>CO2</sub>/g<sub>kőzet</sub>), azaz itt a legtöbb a még feltárható szénültebb szerves anyag és az elraktározott szén-dioxid mennyisége. Ez utalhat arra, hogy a felszabaduló szén-dioxid nem feltétlenül a faszén „megkezdett” szerkezeti egységein található oxigén-tartalmú funkciós csoportokból származik, hanem a faszén jó adszorpciós képességei miatt a talajélet során felszabaduló gáz halmazállapotú anyagokat is jól köti. Az S'3 a B35 mintához képest B25-nél minimális mértékben 1,1 mg<sub>CO2</sub>/g<sub>kőzet</sub>-tel, míg B80-nál 12,5 mg<sub>CO2</sub>/g<sub>kőzet</sub>-tel és a referencia mintához képest pedig 15,3 mg<sub>CO2</sub>/g<sub>kőzet</sub>-tel csökkent. A rövidebb ideig tartó, kevesebb erősen szenesedett frakció felhalmozódásához vezető faszén előállítás miatt lehetséges, hogy a legnagyobb TOC-nel rendelkező B25 mintát a B35 megelőzi az S'3 tekintetében.

## Publikációk

### *Diploma munkák, TDK dolgozatok, PhD értekezés*

Témavezetőként, vagy szakmai közreműködésemmel a következő szakdolgozatok, diplomadolgozatok, disszertáció készültek el a kutatás ideje alatt, illetve vannak folyamatban.

1. Juhász Mária: A faszén hatása a talajok szervesanyag-tartalmára és minőségére, Környezetmérnök BSc szak, nappali tagozat, szakdolgozat, Gödöllő, 2010
2. Kása Kata: Faszén foszfor és kálium adszorpciós tulajdonságai, Környezetmérnök BSc szak, nappali tagozat, szakdolgozat, Gödöllő, 2010
3. Szécsy Orsolya: Humuszminőség vizsgálata eróziós területeken, Talajvédelmi szakelőadó szak, szakdolgozat, Gödöllő, 2012
4. Zságer Gergely: Cink megkötődés vizsgálata különböző korú talaj-bioszén rendszerekben, Szent István Egyetem, Környezetmérnök BSc szak, nappali tagozat, szakdolgozat/TDK dolgozat, Gödöllő, 2013
5. Ulmer Ákos: Faszén hosszútávú hatása a talaj egyes paramétereire, Szent István Egyetem, Környezetmérnök MSc szak, nappali tagozat, szakdolgozat, Gödöllő, 2013
6. Mátrai Gergely: Különböző korú faszenes talajok hatása az angol perje növekedésére, Szent István Egyetem, Környezetmérnök MSc szak, nappali tagozat, szakdolgozat, Gödöllő, 2013
7. Iván Judit: A földigiliszták hatásának vizsgálata különböző talajok mikrobiális légzésére, Szent István Egyetem, Környezetmérnök MSc szak, levelező tagozat, szakdolgozat, Gödöllő, 2013
8. Balogh Bianka: Különböző korú boksák szerves anyagának jellemzése, Környezettudomány BSc, nappali tagozat, szakdolgozat, Szegedi Tudományegyetem, Szeged, 2013
9. Nagy Vivien: A földigiliszta aktivitás hatása a talajok kémiai és fizikai tulajdonságaira, Szent István Egyetem, Gödöllő, TDK dolgozat, 2013 és Mezőgazdasági mérnök BSc, nappali tagozat, szakdolgozat, 2014

10. Dr. Nyilas Tünde: Boksák szerves anyagának összehasonlító elemzése Rock-Eval pirolízissel, Környezetmérnök MSc, diplomadolgozat, levelező tagozat, Szent István Egyetem, Gödöllő, 2014
11. Könczöl Anikó: Pirolizált növényi biomassza rövid és hosszú távú hatása a talaj cink megkötő képességére, Szent István Egyetem, Környezetmérnök MSc szak, nappali tagozat, diplomadolgozat, 2014
12. Rétháti Gabriella: Cink szorpciós viselkedése a talajban különböző pH viszonyok és szerves adalékanyagok alkalmazása esetén, Szent István Egyetem, Környezettudományi Doktori Iskola, PhD értekezés, végzés várható éve 2014/2015

### **Cikkek**

Megjelent, közlésre elfogadott illetve publikálás alatt lévő cikkek.

1. Simon B., Gál A., Marosfalvi Zs., Hegymegi P., Szeder B. és Michéli E. Az ENVASSO Projekt által kidolgozott módszertan tesztelése az erózió okozta talaj biodiverzitás csökkenés mérésére. *Agrokémia és Talajtan.* 60, 1, 245-258, 2011
2. Simon B., Marosfalvi Zs., Szeder B., Gál A. Földigiliszta egyedszám és fajösszetétel vizsgálata különböző talajhasználatnál. *Talajvédelem. Különszám*, pp. 253-259, 2011
3. Rex A. Omonode, Doug R. Smith, Anita Gál and Tony J. Vyn: Soil Nitrous Oxide Emissions in Corn following Three Decades of Tillage and Rotation Treatments, *Soil Science Society of America Journal* 75: 1: 152-163, 2011 IF= 1.979
4. Szécsy O., Gál A., Dombos M.. Humuszminőség vizsgálata eróziós területeken. *Talajvédelem, Különszám*, pp. 481-490, 2013
5. A. Gál, G. Rétháti, B. Simon: Effect of differently aged charcoal on soil fertility, *Növénytermelés, Vol.62., Supplement*, pp. 265-268., 2013
6. Creamer, R. E., Schulte, R. P. O., Stone, D., Gal, A., Krogh, P. H., Lo Papa, G., Murray, P. J., Pérès, G., Foerster, B., Rutgers, M., Sousa, J.P., Winding, A.: Measuring basal soil respiration across Europe: do incubation temperature and incubation period matter?, *Journal Ecological Indicators*, 01/2014, 36:409-418, IF = 2,89
7. Nyilas T., Rétháti G., Gál A., Hetényi M.: Organic matter characterization by Rock-Eval pyrolysis in traditional sites producing charcoal (Trizs, North-Eastern Hungary), *Applied Geochemistry*, kézirat, 2014, várható IF = 2,304

8. Gál A., Rétháti G., Simon B., Faszénnel dúsított talajok széntároló képessége, Agrokémia és Talajtan, kézirat, 2014
9. Gál A., Simon B., Rétháti G.: Növényi növekedés és tápanyagfelvétel vizsgálata faszén-talaj rendszerben, Agrokémia és Talajtan, kézirat, 2014
10. Gál A., Simon B., Hegymegi P., Michéli E.: A talaj szervesanyag harmonizált európai monitoringjának hazai tesztelése, kézirat, Agrokémia és Talajtan, 2014
11. M. Hetényi, T.Nyilas, N. Czirbus, J. Fekete, Cs. Sajgó, A. Gál: Geochemical characterization of organic matter in three subtypes of Rendzina (lithomorphic) soil, European Journal of Soil Science, kézirat, 2014, várható IF = 2.651
12. Rétháti G., Czinkota I., Nyilas T., Simon B., Gál A.: Különböző korú faszenes talajminták Zn szorpciós viselkedése, kézirat, 2014

#### ***Konferencia kiadványok, poszterek, előadások***

Konferencia kiadványban az alábbiak jelentek meg poszter prezentációhoz és előadástartáshoz kapcsolódóan, ill. a poszterek, előadások felsorolása.

1. Gál A., Simon B.: Testing of soil biological indicators for detection of soil degradation processes. Soil science colloquium, Hohenheim University, Stuttgart, Germany, 4 April 2011
2. Gál A: Nachhaltiger Klimaschutz durch Böden. Internationale Sommer-Universität der Umweltwissenschaften, Erneubare Energien und Klimaschutz. Dessau-Roßlau, Deutschland. 2011
3. Gál A: A hazai talajok szervesanyag tartalma. „Klímváltozás és tápanyagellátás hatása a talaj-növény rendszer szénforgalmában, tartamkísérletben” c. konferencia. „Magyarország-Románia Határon Átnyúló Együtműködési Program”. Nyíregyháza. 2011.
4. Gál A, Simon B, Rétháti G, Szegi T. Effect of charcoal from differently aged char production sites on soil carbon and fertility. Proceedings of the 2012 Eurosoil Conference, Bari, Italy. 2012
5. Simon, B., Marosfalvi, Zs., Szeder, B., Riesz L., Gál, A.. Abundance and species composition of earthworms under different soil use. Proceedings of the 2012 Eurosoil Conference, Bari, Italy. 2012

6. Szécsy O., Gál A., Dombos M.. Humuszminőség vizsgálata eróziós területeken. Talajtani Vándorgyűlés, Miskolc, 2012. poszter
7. A. Gál, G. Rétháti, B. Simon: Effect of differently aged charcoal on soil fertility, 12th Alps-Adria Scientific Workshop, poszter, 2013
8. A. Gál: Umweltschutz in Ungarn, Alumni Summer School, Justus-Liebig Universitaet, Németország, Giessen, előadás, 2013
9. G. Rétháti, G. Zságer, B. Simon, Gy. Füleky, A. Gál: Zn sorption behaviour of soils containing charcoal with different age, International Conference Biochars, Composts, and Digestates. Production, Characterization, Regulation, Marketing, Uses and Environmental Impact. Bari, Olaszország, poszter, 2013
10. Rétháti Gabriella, Czinkota Imre, Tolner László, Füleky György, Gál Anita: Zn megkötődés változása talaj-bioszén rendszerben, előadás a Második Környezatkémiai Szimpóziumon, 2013. október 10-11, Dobogókő, 2013