

## **Különböző korú talajba keveredett faszénmaradványok hatásainak vizsgálata a talaj egyes fizikai, kémiai és optikai tulajdonságaira**

*Tolner Imre Tibor<sup>1</sup>, Gál Anita<sup>2</sup>, Simon Barbara<sup>2</sup>, Tolner László<sup>2</sup>, Czinkota Imre<sup>2</sup> és Rétháti Gabriella<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Nyugat Magyarországi Egyetem Mezőgazdasági és Élelmiszertudományi Kar, 9200 Mosonmagyaróvár Vár 2. E-mail: tolner.imre@mtk.nyme.hu

<sup>2</sup> Szent István Egyetem, MKK, KöTI, Talajtani és Agrokémiai Tanszék, Gödöllő

### **Összefoglalás**

A faszén hasonlóan viselkedik a talajban, mint a talajjavításra hívatott pirolízis termékek. Meglevő, de már nem működő boksák környékén végezhetünk vizsgálatokat arra vonatkozóan, hogy hosszú évtizedek alatt, hogyan változtatja meg a bioszén a talajok kémiai és optikai tulajdonságait, hogyan épül be a talaj szerves anyagába.

A három különböző korú (25, 35 80 éve nem működő) faszénégető boksa talajainak fizikai és kémiai jellemzői; térfogattömeg, nedvesség és szervesanyag-tartalom, illetve a nehézfém (Zn) megkötő képesség és optikai tulajdonságának (reflektancia) összefüggéseit vizsgáltuk. Eredményeink alapján a spektrométeres vizsgálatok során információt nyerhettünk arról, hogy a faszén időben hogyan válik a talaj szerves részévé.

### **Summary**

Charcoal acts similarly in soils as the pyrolysis products that are used as soil amendments. We can carry out examinations around charcoal burning piles (clamps) that exist but not used any more. Based on our experiments, we wanted to find out how the charcoal can change the soil chemical and optical properties and how can it build into the organic fraction of the soils during several decades.

Heavy metal (Zn) adsorption capacity and the optical properties of soil samples (by spectroradiometer) of soil samples from three charcoal burning piles (25, 35, and 80 years old) were investigated. The bulk density, the water and organic matter content were also determined. According to our results we obtained information on how the charcoal became the part of the organic fraction of soil by time based on the results of measurement with spectroradiometer.

### **Bevezetés**

A talajok cinkmegkötő képességéért felelős talajalkotók közül kitüntetett szerep jut a talaj szerves frakciójának, azon belül is a humuszanyagoknak.

Napjainkban egyre gyakrabban alkalmaznak különböző ún. bioszén termékeket a talajok szervesanyag-tartalmának növelésére, a talajban történő szénmegkötés elősegítésére – mely a klímaváltozás hatásait hivatott csökkenteni –, továbbá számos, a talaj fizikai és kémiai tulajdonságait és termékenységét kedvezően befolyásoló hatásai miatt (LEHMANN & JOSEPH, 2009).

A hivatalos terminológia szerint a faszén nem tartozik a bioszenek közé, azonban kémiailag, hasonló paraméterekkel rendelkezik, hasonlóan viselkedik, mint a talajjavításra hivatott pirolízis termékek (LEHMANN & JOSEPH, 2009).

A még meglévő, de már nem működő boksák környékén vizsgálatokat végezhetünk, választ kapva arra, hogy hosszú évtizedek alatt, hogyan változtatja meg a bioszén a talajok tulajdonságait, hogyan válik a talaj szerves részévé.

A Mezőgazdasági Gépesítési Intézet légi hiperspektrális képalkotó szenzora az AISA DUAL és az ASD FieldSpec® 3 Max hordozható spectroradiometer nagy területen képes a vizsgált felszínről információt gyűjteni. A műszerek spektrális hullámhossz-tartománya a 350 nm és 2500 nm közé esik.

A minták víztartalma erősen befolyásolja a reflexiós spektrumot (MILICS et al., 2004; NEMÉNYI et al., 2008; TOLNER et al., 2013). Az 1000–2500 nm hullámhossz tartományban tapasztalt reflektancia eltérések valószínűsíthetően a talajminták nedvességtartalmának különbözőségével magyarázhatóak (TOLNER et al., 2012).

Korábbi vizsgálataink során sósavas kezeléssel különböző pH értékre beállított talajminták esetén azt tapasztaltuk, hogy a savanyúság megváltoztatja a talaj nedvszívó képességét, ezáltal a spectroradiométeres vizsgálatok során felvehető reflektancia spektrumát is (TOLNER et al., 2012).

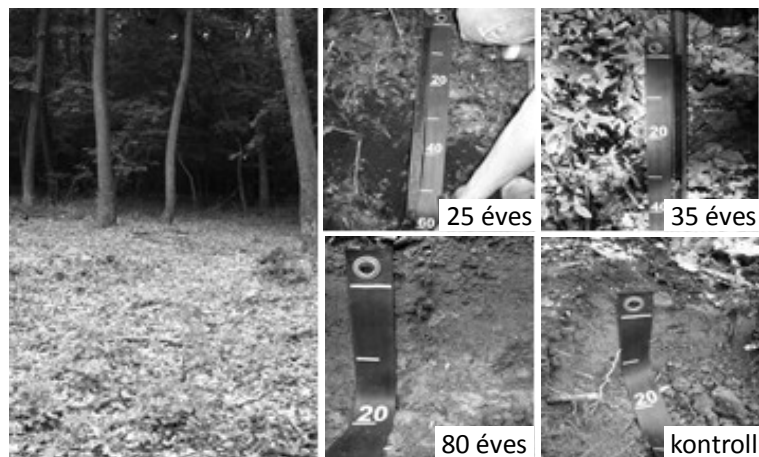
A hiperspektrális vizsgálatok során továbbá információt nyerhetünk a talaj sajátos ásványi összetételéről is (KARDEVÁN et al., 2000).

Jelen vizsgálatunk célja az volt, hogy három különböző korú már nem aktív faszénégető boksa talajának elsősorban Zn-megkötő képességét és reflektanciáját (spectroradiométerrel) vizsgáljuk, és eredményeinkből tapasztalatokat gyűjtsünk arról, hogy a faszén időben hogyan válik a talaj szerves részévé.

### Vizsgálati anyag és módszer

A talajmintákat Trizs közelében található felhagyott szénégető boksák alatti területekről vettük. A mintázott boksák alatti területeken 25, 35 illetve 80 éve fejezték be a szénégetést.

A mintavételi mélység a szén tartalmazó talajoknál a szénrel láthatóan keveredett talajrétegből, 20 cm mélységből, míg a 80 éves boksa alól, illetve a kontrol talaj esetében az A-szintből történt.



**1. ábra.** A mintázott talajok a faszénégető boksák helyein és a kontroll területen

Mivel a mintavételi területek egy megközelítőleg 10 m sugarú körön belül voltak, így egy kontroll talajmintát vettünk.

Három ismétlésben mértük a talajminták térfogattömegét, Arany-féle kötöttségét, pH(H<sub>2</sub>O), pH(KCl), illetve szervesanyag-tartalmát Tyurin szerint és az izzítási maradék meghatározása alapján (BUZÁS, 1988). A szerves anyag mennyiségét WALKLEY és BLACK (1934) módszerével is meghatároztuk. A minták légszáraz és abszolút száraz (105 °C) nedvességtartalmát tömegméréssel határoztuk meg (BUZÁS, 1988). Cink-adszorpciós vizsgálattal tanulmányoztuk a minták nehézfém-megkötő képességét. A vizsgálatokhoz cinkion tartalmú oldatokat használtunk, mivel a cink megkötődése jól modellezi a talaj nehézfém megkötő képességét (STEVENSON, 1994). Felvettük a minták spektrumait 350–2500 nm hullámhossztartományban hiperspektrális ASD FieldSpec ® 3 Max spectroradiometerrel laboratóriumi mérőszekrényben kialakított mérési elrendezésben. A spektrumok felvételezése contactprob kiegészítő feltét alkalmazásával három pozícióban, pozícióként 10x20 mérés átlagával készültek. A reflexiós spektrum adatokat kezelésenként átlagoltuk (TOLNER et al., 2014). A vizsgálatokat a levegő nedvességtartalmával egyensúlyban levő állapotban (légszáraz) és 105 °C-on kiszáritott állapotban is elvégeztük.

A mérési eredmények statisztikai kiértékelését Microsoft Office Excel Makróban készített varianciaanalízissel végeztük. A program SVÁB (1981) algoritmus alapján készült és korábban már többen is eredményesen használták pl.: ásványi tápanyagok és talaj enzimaktivitása közötti összefüggések elemzésére (KÁTAI et al., 2013); nehézfém-sók talajmikroorganizmusokra való hatásának vizsgálatára (KOVÁCS et al., 2013), illetve komposztkezelések hatásának kiértékelésére is (SZABÓ et al., 2013).

### Vizsgálati eredmények

A különböző mintákra kapott vizsgálati eredmények átlagai közötti különbségeket módszerenkénti egy tényező variancia-analízissel vizsgáltuk. A különböző mintákra kapott mérési adatok szignifikáns eltérései az adott vizsgálat ismétlései alapján számított SzD(5%) értékek segítségével értékelhetők (1. táblázat).

1. táblázat. A vizsgálati eredmények átlagai

Talajjellemző	Mértékegység	Kontroll	25 év	35 év	80 év	SzD(5%)
Szerves anyag <sup>*</sup>	%	4,06	12,63	11,77	6,13	0,76
Szerves anyag <sup>**</sup>		9,86	27,93	17,87	10,33	8,52
Szerves anyag <sup>***</sup>		10,69	22,36	15,88	10,13	6,83
pH(H <sub>2</sub> O)	-	5,37	6,05	5,78	4,94	0,99
pH(KCl)	-	4,51	5,50	4,66	4,06	2,03
Térfogat-tömeg	g/cm <sup>3</sup>	1,53	1,02	1,18	1,35	0,32
Nedvesség	%	1,71	3,06	3,11	1,78	-

Megjegyzés: \*Tyurin-féle módszer (BUZÁS, 1988); \*\*Izzítási veszteség; \*\*\* WALKLEY és BLACK (1934) módszere

A Tyurin szerint meghatározott szervesanyag-tartalom mind a négy mintában szignifikánsan eltért egymástól. Az adatok a növekvő kor függvényében csökkennek. Legkisebb a kontroll minta értéke.

Az izzítási veszteségből számított szervesanyag-tartalom nem minden esetben mutatott szignifikáns eltérést. Tendenciájában azonban az így meghatározott szervesanyag-tartalom is az idővel csökken.

A WB módszerrel vizsgált szervesanyag-tartalom a növekvő kor függvényében szintén csökkenő tendenciát mutat, de az egymást követő értékek között ez esetben sem szignifikáns az eltérés.

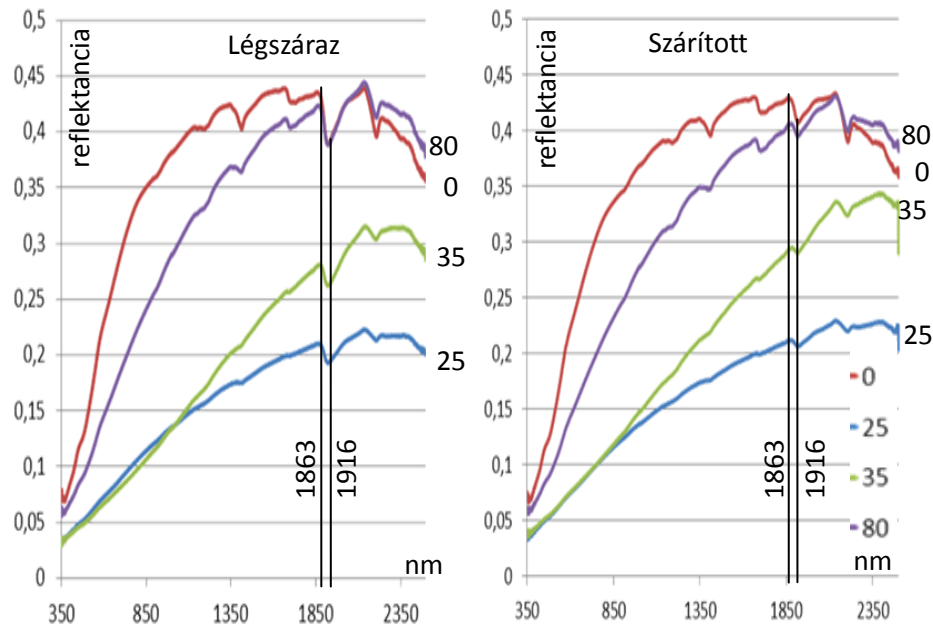
A vizes kivonatban mért pH a növekvő korról csökkenő tendenciát mutat, de szignifikáns eltérés csak a 25 éve és a 80 éve felhagyott boksák alól vett minták esetében tapasztalható, míg a KCl oldattal készített kivonatok pH értékei között nem tapasztaltunk szignifikáns eltéréseket.

A térfogat-tömeg értékek a korról növekvő tendenciát mutatnak, a legmagasabb értéket a kontroll talaj mutatja.

A 25 éve felhagyott boksák alól vett minták térfogattömege szignifikánsan kisebb, mint a 80 éve felhagyott boksa alól vett, illetve a kontroll minta esetében mért.

A minták nedvességtartalmát a légszáraz és 105 °C-on kiszáritott állapotban mért tömegkülönbségből számítottuk. A nedvesség tartalom a 25 és a 35 éves mintákban közel kétszerese a 80 éves és a kontroll minták nedvességtartalmának.

A hiperspektrális spektrumok a 2. ábrán láthatók.



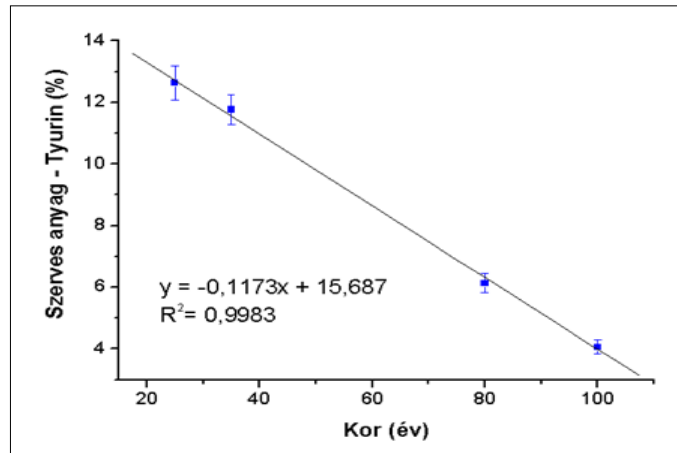
**2. ábra.** A hiperspektrális spektrumok átlagai (baloldali a légszáraz, a jobb oldali a 105 °C-on szárított állapotú minták spektrumai). *Jelmagyarázat:* A 25, 35 és 80-as számok a szénégetés felhagyásának idejére vonatkoznak, 0-val a kontroll jelöltük

### Vizsgálati eredmények értékelése, megvitatása, következtetések

A minták között leginkább egyértelmű különbségeket a Tyurin szerint meghatározott szervesanyag-tartalom értékek esetén tapasztaltunk.

Az irodalmi adatok alapján feltételeztük, hogy a szénégetés maradványai 100 év alatt teljesen eltűnnek a talajból (LADYGINA & RINEAU, 2013), ezért a kontrollt úgy tekintettük, mintha ott 100 évvel ezelőtt hagyták volna abba a szénégetést. Ezzel lehetővé vált a különböző korú szénmaradványok koncentrációja és a koruk közötti összefüggés meghatározása (3. ábra).

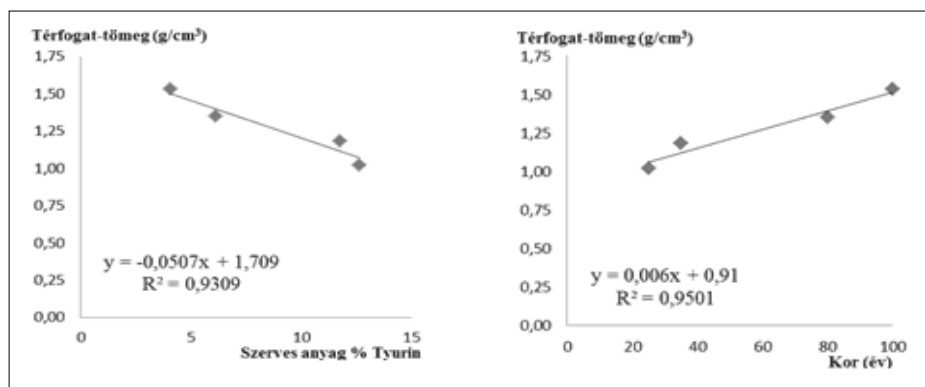
A 3. ábrán látható, hogy a szénégetés felhagyását követően, az időtől függően fokozatosan csökken a minták széntartalma. A különböző korú szénmaradványok Tyurin szerint meghatározott szervesanyag-tartalma szoros lineáris csökkenést mutat a szénmaradvány korával ( $R^2 = 0,998$ ).



**3. ábra.** A különböző korú szénmaradványok és a kontroll talaj Tyurin szerint meghatározott szervesanyag-tartalmának időbeli változása

Mivel a Tyurin szerint meghatározott szervesanyag-tartalom jól jellemzi az időben lejátszódó folyamatok eredményét, így más vizsgált tényezők hatását (térfogattömeg, nedvesség tartalom, stb.) ehhez viszonyítottuk.

A nagy pórustérfogatú faszén maradványok lazítják a talajt. A minták térfogattömege szoros lineáris csökkenést mutat ( $R^2 = 0,931$ ) a Tyurin szerint meghatározott szervesanyag-tartalom függvényében (4. ábra, bal oldal). Ebből következően a szénmaradványok korának függvényében lineárisan nő ( $R^2 = 0,950$ ) a térfogattömeg (4. ábra jobb oldal).



**4. ábra.** A térfogat-tömeg és a Tyurin szerint meghatározott szervesanyag-tartalom (bal oldali ábra), illetve az idő (jobb oldali ábra) összefüggései

Korábbi munkáink során azt tapasztaltuk, hogy a légszáraz talajmintákon mért hiperspektrális spektrumok (2. ábra) 1 916 nm-nél jelentkező lokális reflektancia minimumot mutató eltérései pozitív lineáris összefüggésben vannak a légszáraz talajok nedvességtartalmával (TOLNER et al., 2013).

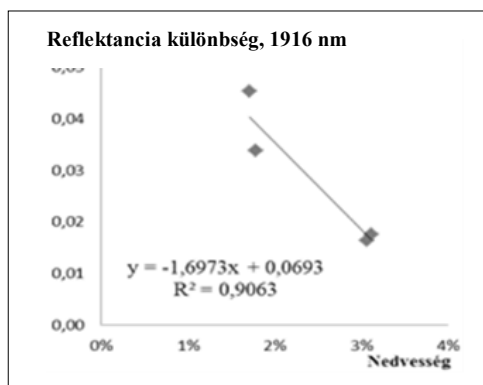
Jelen munkánkban azonban a légszáraz nedvesség tartalom ezzel ellentétes hatását tapasztaltunk. A probléma megoldása érdekében első lépésben az reflektancia eltéréseket nem a continuum remove (CR) eljárás segítségével számoltuk, hanem viszonyítottuk egy a spektrumon az 1 916 nm közelében található olyan hullámhossznál mért értékhez, amelyre a nedvességtartalomnak nem volt hatása (1 863 nm), számítottuk az 1916 és az 1 863 nm-en mért reflektancia értékek különbségét (2. táblázat).

**2. táblázat.** A légszáraz talajminták IR reflektancia értékei 1 863nm és 1 916 nm-en

Hullámhossz	Kontroll	25 éves	35 éves	80 éves
1916 nm	0,4349	0,2099	0,2802	0,4232
1863 nm	0,3896	0,1934	0,2625	0,3893
Reflektancia különbség, 1916 nm	0,0453	0,0164	0,0176	0,0339

A 2. táblázat szerint számított „reflektancia különbség 1 916 nm” értékek és a „Nedvesség %” (1. táblázat) értékek között negatív lineáris összefüggés van (5. ábra). Az egyébként szoros összefüggés ebben az esetben is a korábbi eredményeink alapján várttal ellentétes tendenciájú (TOLNER et al., 2013).

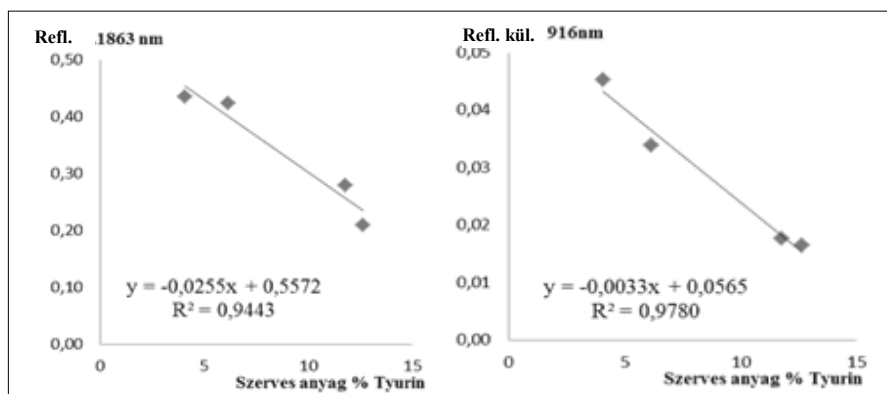
A 2. ábrán látható, hogy a különböző korú minták spektrumai az egész hullámhossztartományban (350–2 500 nm) jelentősen eltérnek.



**5. ábra.** A nedvesség tartalomra jellemző IR reflexiós változás (reflektancia különbség 1 916 nm) és a tömegméréssel meghatározott nedvességtartalom összefüggése

Különösen feltűnő, hogy a 25 és 35 éves minták esetében a 350–1850 nm intervallumban közel lineárisak az abszorpciós spektrumok. Ez akkor lehetséges, ha a hullámhossztartományban egyenletesen elnyelő anyag van jelen. Ilyen anyag jelen esetben a grafit. A nagyobb grafit-tartalmú minták (25, 35 év) jóval kisebb reflektanciát mutatnak, mint a kisebb széntartalmú 80 éves vagy kontroll minták. Ez a hatás látható 6. bal oldali ábrán is, ahol a Tyurin szerint meghatározott szervesanyag-tartalom és az 1863 nm-en mért reflektancia értékek összefüggését láthatjuk.

Hasonló összefüggés látható az „reflektancia különbség 1916 nm” (Refl.kül.1916 nm) értékek és a Tyurin szerint meghatározott szervesanyag-tartalom (Szerves anyag %) között (6. ábra, jobb oldal).



**6. ábra.** A Tyurin szerint meghatározott szerves-tartalom és az 1863 nm-en mért reflektancia („Refl” bal oldal), illetve a reflektancia különbség („Refl. kül. 1916 nm” értékek, jobb oldal) összefüggései

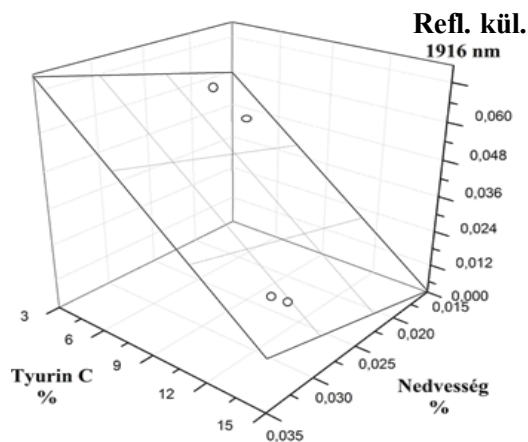
A „Refl.kül.1916 nm” értékekre tehát mind a nedvességtartalom, mind szervesanyag-tartalom jelentős hatást gyakorol. Ez utóbbi hatás elnyomhatja a nedvesség tartalom hatását. A helyzet tisztázására kétváltozós regresszióval megvizsgáltuk a két tényező együttes hatását és a következő összefüggést kaptuk:

$$y = 0,04935 + 0,83489 \cdot x_1 - 0,00476 \cdot x_2 \quad R^2 = 0,986$$

ahol:  $y$  a reflektancia különbség (1 916 nm);  $x_1$  a nedvesség %;  $x_2$  a Tyurin szerint meghatározott szervesanyag-tartalom

Az  $x_1$  érték (nedvesség %) együtthatója (0,835) pozitív, ami azt jelenti, hogy növekvő nedvességtartalom növekvő vízre jellemző reflektancia különbséget (Refl.kül.1916 nm) eredményez. Ez viszont már egybevág a korábbi tapasztalatainkkal (TOLNER et al., 2013). A vizsgált két változó és a reflektancia különbségek közötti összefüggés a 7. ábrán is jól látható.



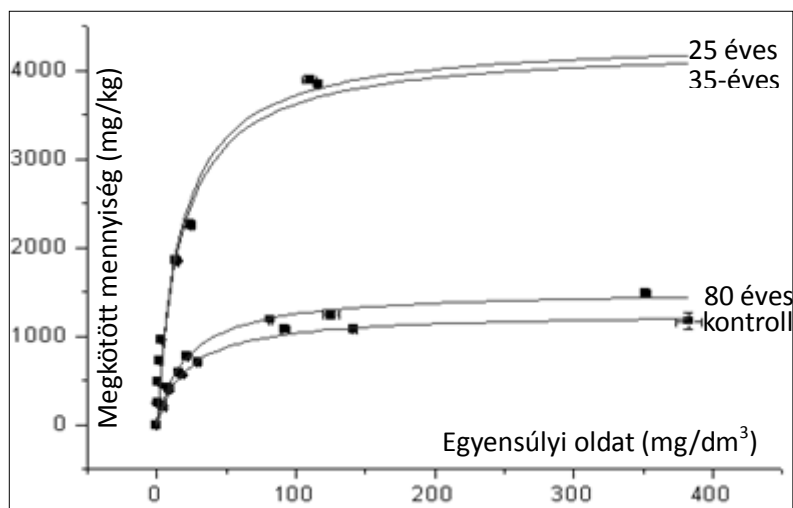


**7. ábra.** A Tyurin szerint meghatározott szerves anyag tartalom és a nedvességtartalom együttes hatása a vízre jellemző reflektancia különbségre (Refl.kül. 1 916 nm)

Vizsgálati eredményeink alapján a talajba keveredett faszén megnöveli annak cink megkötő képességét (8. ábra).

A faszén a talajban a mikrobák segítségével fokozatosan lebomlik, 80 év elteltével már csak minimális pozitív hatása van a kontrollhoz képest.

Összefoglalóan megállapítható, hogy az általunk alkalmazott vizsgálati módszerekkel követhetőek a talajba keveredett faszén által okozott változások.



**8. ábra.** A faszén hosszú távú hatása a talaj Zn-megkötő képességére

### Köszönetnyilvánítás

Tolner Imre Tibor publikációt megalapozó kutatása a TÁMOP-4.2.4.A/2-11/1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program című kiemelt projekt keretében zajlott.

A kutatást támogatta a Magyar Kormány és az Európai Unió a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0015 projekt keretében.

A munkát az Országos Tudományos Kutatási Alapprogramok (OTKA) is támogatta a PD 83956 pályázat keretében.

### Irodalomjegyzék

- BUZÁS I., 1988. Talaj és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 2. A talajok fizikai-kémiai és kémiai vizsgálati módszerei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- KARDEVÁN P., RÓTH L. & VEKERDY Z., 2000. Terepi spektrométeres mérések a 2000. márciusi, bányászati tevékenység okozta tiszai nehézfém szennyeződések hatásának vizsgálatára. Földtani kutatás. 2000. IV.
- KÁTAI, J., VÁGÓ, I., BORBÉLY, M., KONG, Y. H. & INUBUSHI, K., 2013. Correlation between mineral nutrients and enzyme activities in Hungarian and Japanese soils. XII. Alps-Adria Scientific Workshop Opatija, Croatia. Növénytermelés. **62**. Suppl. 249–252.
- KOVÁCS, ZS., TÁLLAI, M. & KÁTAI, J., 2013. Examination on the effect of lead and copper heavy metal salts on soil microorganisms under laboratory circumstances. XII. Alps-Adria Scientific Workshop Opatija, Croatia. Növénytermelés. **62**. Suppl. 261–264.
- LADYGINA, N. & RINEAU, F., 2013, Biochar and Soil Biota. CRC Press, Taylor & Francis Group. Boca Raton.
- LEHMANN, J. JOSEPH, S., 2009. Biochar for environmental management. Science and Technology. London Sterling, VA.
- NEMENYI, M., MILICS, G. & MESTERHÁZI, P. Á., 2008. The role of the frequency of soil parameter database collection with special regard to on-line soil compaction measurement. In: Andrea Formato: Advance in Soil & Tillage Research. 125–140. ISBN 978-81-7895-353-3
- MILICS, G., NAGY, V. & ŠTEKAUEROVÁ, V., 2004. GIS applications for groundwater and soil moisture data presentations. - 12. Posterový deň s medzinárodnou účasťou a Deň otvorených dverí na UH SAV. Transport vody, chemikálií a energie v systéme pôda-rastlina-atmosféra, 25. november 2004. Ústav hydrológie SAV, Račianska 75. Bratislava, Slovenská Republika, Konferenčné CD. ISBN 80-89139-05-1
- STEVENSON, F.J. 1994. Humus chemistry. Genesis, composition, reactions. John Wiley & Sons. New York.
- SVÁB J., 1981. Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest
- SZABÓ A., BALLA-KOVÁCS A., KREMPER R., KINCSES S-NÉ. & VÁGÓ I., 2013. A tápközeg és az angolperje (*Lolium perenne* L.) jelzőnövény P- és K- tartalmának alakulása különböző komposztadózisok alkalmazásakor. Talajtan a mezőgazdaság, a

- vidékfejlesztés és a környezetgazdálkodás szolgálatában. Talajtani Vándorgyűlés, Miskolc, 2012. augusztus 23–25. Talajvédelem (Különszám). 459–468.
- TOLNER, I. T., SZALAY, K. D., CSORBA, Á., FENYVESI, L., NEMÉNYI, M., 2012. Evaluating the effect of acidity and humidity on the optical characteristic of a soil sample. *Növénytermelés*. **61**. 287–290.
- TOLNER, I.T., TOLNER, L., FENYVESI, L. & NEMÉNYI M., 2013. Nedvszívó anyagok hatása a talaj reflektancia spektrumára. Talajtan a mezőgazdaság, a vidékfejlesztés és a környezetgazdálkodás szolgálatában. Talajtani Vándorgyűlés. Miskolc, 2012. augusztus 23–25. Talajvédelem (Különszám). 505–512.
- TOLNER, I.T., TOLNER, L., FENYVESI, L. & NEMÉNYI M., (2014): Talajok szerkezetének vizsgálata hiperspektrális módszerrel. In.: XXXV. Óvári Tudományos Nap: A magyar és nemzetközi agrár- és élelmiszer-gazdaság lehetőségei. Mosonmagyaróvár, 2014. november 13. Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar. Mosonmagyaróvár. 396–402 (ISBN 978-963-334-193-3).
- WALKLEY, A. & BLACK, I. A., 1934. An examination of the Degtjareff method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. *Soil Sci.* **63**. 251–263.