

Komposzt illetve műtrágya bioszén kezeléssel mutatott együttes hatásának vizsgálata karbonátos homoktalaj nedvességtartalmára és talajlégzésére

¹DENCŐ M., ¹TÓTH E. *, ¹GELYBÓ GY., ¹KÁSA I., ¹HOREL Á., ²RÉKÁSI M., ³TAKÁCS T.,
^{1,4}FARKAS CS., ¹POTYÓ I., ²UZINGER N.

¹MTA ATK TAKI Talajfizikai és Vízgazdálkodási Osztály, ²MTA ATK TAKI Talajkémiai és Anyagforgalmi Osztály, ³MTA ATK TAKI Talajbiológiai Osztály, ⁴NIBIO, Høgskoleveien 7, 1430 Ås, Norvégia

Bevezetés

A szárazföldi ökoszisztémákban tárolt szénmennyiség jelentős része, akár 80%-a a talajban halmozódik fel (RASMUSSEN et al., 1998). Míg a talajok szénmegkötése lassú folyamat (SCHLESINGER & LICHTER, 2001; POST & KWON, 2000), a raktározott szénmennyiség egy része földhasználat váltás, vagy erdőirtások következtében könnyen felszabadulhat (RASMUSSEN et al., 1998). A szén talajban történő hosszútávú megkötésére ígéretes eljárás lehet a bioszén alkalmazása, amellyel potenciálisan nagy mennyiségű szén raktározható a talajban (LEHMANN et al., 2006). A bioszén olyan stabil anyag, melyet szerves anyagok (főleg növényi maradványok) oxigénszegény, illetve oxigénmentes pirolízise során állítanak elő, és többek között talajjavításra alkalmazható (MOHAN et al., 2006). A bioszénen egyéb, nem szenesedett szerves talajjavító szerekhez - példaként említve növényi hulladékokhoz - hasonlítva megállapítható, hogy a környezeti hatásokkal szemben jóval stabilabb (LEHMANN et al., 2009), hatását hosszabb távon kifejtő anyag. A bioszén alkalmazása széles körben kutatott terület, a klímaváltozás esetleges negatív hatásának mérséklésére szolgáló technológiák egy lehetséges irányvonalaként is ismeretes (WOOLF et al. 2010). A bioszén alkalmazásával foglalkozó kutatások egy része a talaj tápanyag tartalmát, kémiai és biológiai tulajdonságait, szénmegkötő képességét és a növényzet vegetatív növekedését vizsgálja (LIANG et al., 2006; AGEGNEHU et al., 2016; KÁSA et al., 2016). A szakirodalom egy jelentős része pedig a bioszén hatásairól nyújt információt a talaj fizikai tulajdonságaira nézve, mint például pórusméret eloszlása, porozitása, aggregátumstabilitása, a talaj térfogattömege, valamint víztartó képessége (ZHANG et al., 2012; SCHIMMELPFENNIG et al., 2014; HERATH, 2013). Bioszén használatával a talaj tápanyagtartalma, vízgazdálkodása javulhat (NGUYEN et al., 2014; SCHIMMELPFENNIG et al., 2014; DOWNIE et al., 2009; CHAN et al., 2007; HARDIE et al., 2014) azáltal, hogy elősegíti az aggregátum-képződést, javítja az aggregátum-stabilitást, így módosítva a talaj pórusainak eloszlását (DOWNIE et al., 2009; JONES et al., 2011; HARDIE et al., 2014).

A légkör CO₂ koncentrációja jelentősen emelkedett az elmúlt évtizedekben, így számos megelőző és problémakezelő lépés ismeretes az újraerdősítéstől kezdve (IPCC, 2013) a geológiai képződményekbe történő visszapumpálásig (MARCHETTI, 1977). A bioszén kezelés a talaj szénforgalmára is jelentős hatást gyakorol, többek között a talajból

Postai cím: TÓTH ESZTER, MTA ATK TAKI Talajfizikai és Vízgazdálkodási Osztály1022
Budapest Herman Ottó út 15.
E-mail: teszter@rissac.hu

származó CO₂ fluxust befolyásolja (SUI et al., 2016). A bioszénrel kezelt talaj szénmegkötő képessége elsősorban a hozzá kevert bioszén anyagi minőségétől függ, valamint a talaj fizikai, biokémiai paraméterei is meghatározóak (NGUYEN et al., 2014).

A bioszén alkalmazásával kapcsolatos fenntartások elsősorban a hosszú távon érvényesülő hatással kapcsolatos bizonytalanságok, valamint az alkalmazott dózishoz kapcsolódnak. A bioszén nem megfelelő arányú használata víz és tápanyagforgalmi problémákat okozhat azok megkötése által, valamint a talajban előforduló patogén mikroorganizmusok felszaporodását is okozhatja (KOC SIS & BIRÓ, 2015).

Kutatásunkban örbottyáni homoktalajon vizsgáltuk a bioszén, a műtrágya és komposzt hatását kukorica vetése mellett. Számos publikáció szerint bioszénrel komposzttal együttesen alkalmazva kedvezőbb talajjavító, illetve termékenység növelő hatás érhető el, mint műtrágyával kombinálva (SCHULZ & GLASER, 2012; GLASER et al., 2014; AGE GNEHU et al., 2016). Célkitűzésünk a bioszén P és K műtrágyával kombinált, valamint, a bioszén komposzttal kombinált alkalmazásának összehasonlító vizsgálata volt egy szélsőséges vízháztartású talaj esetén. Kísérlet keretében vizsgáltuk a kezelések hatását a talaj nedvesség-állapotára, valamint a talaj szénkörforgalmában végbemenő rövidtávú változások értékeléséhez a talajlégzés alakulására.

Vizsgálati anyag és módszer

A mintaterület jellemzése

Vizsgálatainkat a MTA ATK TAKI örbottyáni kísérleti telepén beállított bioszén kezelési kísérletben végeztük (160 m tszfm, koordináták: É 47° 40' 22'', K 19° 14' 48''). Az egyes kezelések fontosabb talajtani paramétereit az 1. táblázat tartalmazza. A helyszín kiválasztásában szerepet játszott, hogy a talaj nagy vízáteresztő-képességű karbonátos homoktalaj (Arenosols, Cambisols WRB (2006) osztályozás szerint), mely lehetőséget ad a bioszén hatásának tanulmányozására szélsőséges körülmények között. A kezeléseket 2015-ben egy 20 m × 83 m nagyságú területen állították be ismétlésenként véletlen blokk elrendezésben, a parcellák bruttó területe egyenként 4 m × 5 m volt, míg a szegélyhatás elkerülése miatt a nettó területe 2 m × 3 m volt. Az ismétléseket 1 m széles puffer sáv választotta el egymástól. A kísérletet 2015. április 23-án kezdtük kezelésként négy ismétlésben bioszén, komposzt és műtrágya kijuttatásával. 2015. április 24-én történt a magágykészítés és az MV277 fajtájú kukorica vetése 70 cm-es sor-, illetve 15 cm tötáv alkalmazásával.

Az örbottyáni kísérleti területen a bioszén három különböző dózisának (a 20 cm-es szántott rétegre vetítve 0,1 m/m%, 0,5 m/m% és 1 m/m%-os) kijuttatása mellett a kezelések felében 10 t/ha mennyiségben, nagyrészt szennyvíziszap és zöldhulladék alapú *BIOMASS Super ASA Organic* komposzt kijuttatása történt. A szennyvíziszap komposzt az ASA Magyarország termék minőségű anyaga. A csak bioszénrel alkalmazó kezelésekben minden szinten az ajánlott adag fele, 200 kg/ha pécisó és 80 kg/ha kálisó került kijuttatásra. Továbbá, egy kezelések nélküli kontroll parcellát is vizsgáltunk. A bioszén és komposzt dózisa a jelen tanulmányban alkalmazott rövidítésekkel együtt az 1. táblázatban láthatók. A kijuttatott anyagok bedolgozása 20 cm mélységig történt, a kontroll parcella talaján ugyanolyan fizikai bolygatás anyag kijuttatás nélkül valósult meg.

1. táblázat.

Kísérleti beállítások és talajtulajdonságok (5-10 cm mélységben) az örbottyáni bioszén hatásvizsgálatban 18 héttel (2015.09.09-én) a bioszén kijuttatását követően az egyes kezelések esetében

A kezelések rövidítése (1)	Bioszén dózis [t/ha] (2)	Komposzt dózis [t/ha] (3)	Műtrágya pétisó/kális ó [kg/ha] (4)	Térfogattö meg [g/cm ³](5)	pH (H ₂ O) (6)	Szerves szén [m/m%] (7)
K	0	0	0	1,45 ± 0,05	7,69 ± 0,25	1,483 ± 0,095
BC0,1M	3 (0,1 m/m%)	0	200/80	1,41 ± 0,06	7,36 ± 0,48	1,507 ± 0,145
BC0,5M	15 (0,5 m/m%)	0	200/80	1,37 ± 0,04	7,45 ± 0,40	1,729 ± 0,052
BC1,0M	30 (1 m/m%)	0	200/80	1,49 ± 0,03	7,50 ± 0,43	1,746 ± 0,066
BC0,1K	3 (0,1 m/m%)	10	0	n.a.	7,76 ± 0,17	1,469 ± 0,157
BC0,5K	15 (0,5 m/m%)	10	0	n.a.	7,61 ± 0,12	1,691 ± 0,097
BC1,0K	30 (1 m/m%)	10	0	n.a.	7,62 ± 0,19	1,891 ± 0,245

A kísérletben alkalmazott bioszén papírgyári iszaból és pelyvából 450–500 °C-on, 20 perces pirolízissel előállított termék volt (Sonnenerde GmbH, Ausztria). Szemcseméret eloszlása alapján 60%-a 2 mm alatti tartományba esett. A bioszén pH(H₂O)-ja 10,4 volt, szerves széntartalma pedig 60%-os értékkel bírt.

Szabadföldi mintavételezés és monitoring

A kezelésekben az 5 10 cm-es és 20 25 cm-es mélységben tíz perces gyakorisággal mértük a talaj nedvességtartalmának és hőmérsékletének változását. A mérésekhez az adott talajra kalibrált 5TM szenzorokat (Decagon Devices Inc, WA, USA) használtunk, az adatokat Decagon Em50 típusú adatgyűjtők rögzítették (Decagon Devices Inc, WA, USA).

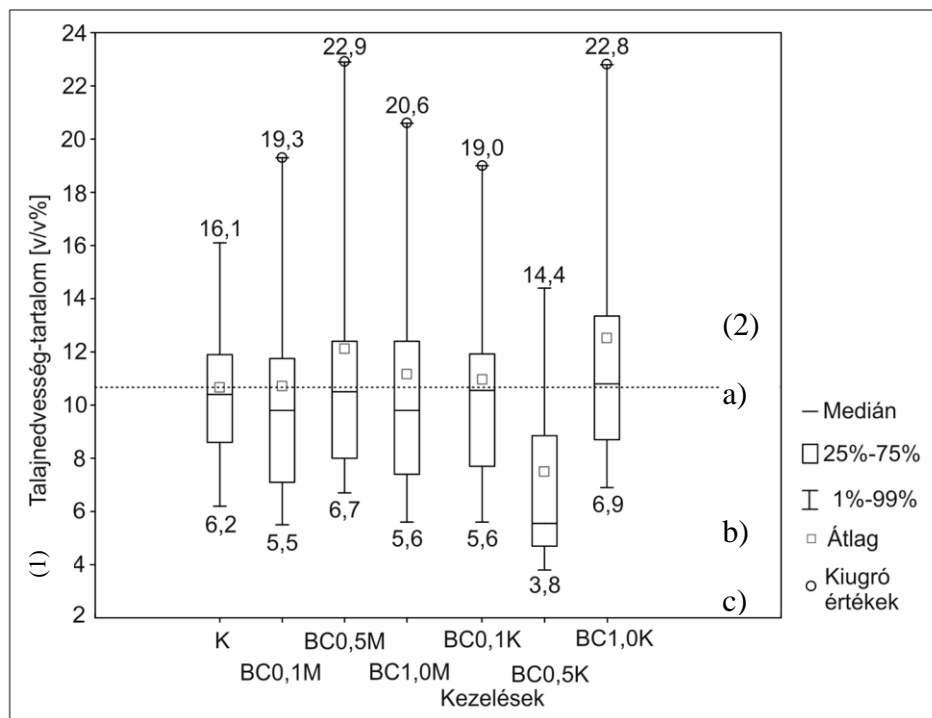
A talajlégzés (CO₂ kibocsátás) mérése 2015. augusztus 25-ig, a talajnedvesség és hőmérséklet monitoring pedig 2015. szeptember 8-ig tartott. A talaj CO₂ kibocsátását statikus kamrás mintavételi módszerrel, kétheti gyakorisággal vizsgáltuk, kezelésként öt ismétlésben a kukorica vetésétől a betakarításig. A 20 cm magas és 10 cm átmérőjű szeptummal ellátott zárt henger alakú PVC kamrákat a kukorica sorközökbe telepítettük. A talajlevegő mintavétele 10 ml-es Hamilton fecskendővel történt. A helyszínen vett

levegőmintákat később laboratóriumban, lángionizációs detektorral felszerelt gázkromatográfal (GC 8000, FISIONS plc, UK) mértük.

Statisztikai vizsgálatok

Az adatok elemzéséhez egytényezős variancia-analízist (one-factor ANOVA) használtunk, ahol a modell függő változója a talajnedvesség, illetve CO₂ fluxus, tényezője pedig a kezelés volt. A csoportok páronkénti összehasonlítását a Tukey-féle post hoc-teszttel végeztük. A varianciaelemzés alkalmazhatósági feltételeinek részletes vizsgálatát grafikus módszerekkel, a modell diagnosztikus ábráival állapítottuk meg: QQ-ábra az adatok normalitásának vizsgálatára; szórás-becsült érték ábra a homogenitás, illetve szórások vizsgálatára; és standardizált reziduum-határerő ábra a torzítópontok vizsgálatára.

Az adatok összehasonlító statisztikai analízisét R-programmal végeztük (R CORE TEAM, 2012). A jelen tanulmányban a statisztikailag szignifikáns különbségeket a $p < 0,05$ alatti értékek szerint fogadtuk el.



1. ábra.

A vizsgált időszakban, 5-10 cm mélységben mért talajnedvesség-tartalom jellemző statisztikai értékei a különböző kezelésekben. Jelmagyarázat: K: abszolút kontroll; BC a bioszénnel kezelt; míg M és K jelölések a műtrágyát vagy komposztot tartalmazó kezelések. Az ábrán feltüntettük a kezelésekben mért minimum és maximum talajnedvesség értékeket

Vizsgálati eredmények és az eredmények értékelése

Talajnedvesség-tartalom

A kísérleti időszak során a vizsgált terület homoktalaján bioszén kezelés (BC) hatására az 5-10 cm-es rétegben szélesebb intervallumban (1-99% percentilisek távolsága) változott a talajnedvesség az abszolút kontroll környezethez (K) viszonyítva (1. ábra). Tekintettel arra, hogy a talajlégzésre a talaj felsőbb rétegének nedvességtartalma hat döntően (REICHSTEIN et al., 2003), ezért csak a felső 5-10 cm mélységből származó méréseinkre helyeztük a hangsúlyt az eredmények értelmezésében.

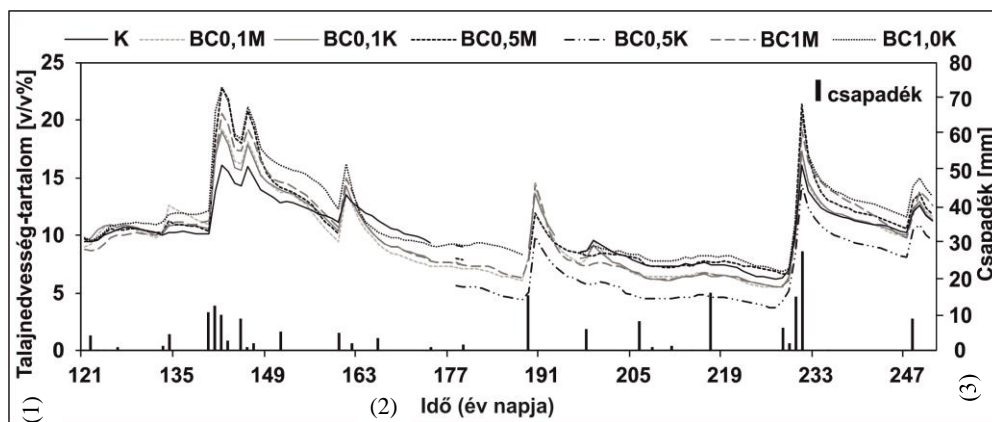
A talajnedvesség-tartalom a teljes időszakra átlagolva a legnagyobb dóziszú 1% bioszén tartalmazó komposzttal kombinált kezelés (BC1,0K) esetében kis mértékben magasabb volt a bioszénrel és műtrágyával kezelt (BC0,1M; BC0,5M; BC1,0M), vagy a kontroll parcellához képest (K) (1. ábra). A műtrágyával, illetve komposzttal kevert bioszénkezelések között szignifikáns különbséget találtunk ($p=0,032$). A kezeléseket tápanyag típusokon belül összehasonlítva szignifikánsan komposzt-bioszén esetén a BC1,0K, míg műtrágya- bioszén esetén csak a BC0,1M különbözött a többi kezeléstől ($p=0,019$). A BC0,5K kezelés esetén az adatsorban jelentős adathiány keletkezett, az időszak elején a nedvességmérő meghibásodása miatt, így az ebben a kezelésben mért adatokat fenntartásokkal kell kezelni.

Az abszolút kontrollhoz viszonyítva az 1% bioszénrel és műtrágyával történő kezelésben (BC1,0M) a talajnedvesség-tartalom értékei a fent ismertetett módon alacsonyabb mediánnal, alacsonyabb 1%-os és magasabb 99%-os percentilisekkel jellemezhetők, míg az 1% bioszénrel és komposzttal kombinált kezelés (BC1,0K) rendre magasabb mérőszámokkal rendelkezik. Az abszolút kontrollhoz képest a bioszén és műtrágya kezeléseket magasabb átlagos talajnedvesség-tartalmat mértünk, azonban a különbség nem számottevő. Hasonló eredményt kaptunk a bioszén és komposzt kezeléseket esetén, ahol a 0,5% dóziszú bioszén és komposzt kezelésben (BC0,5K) a talajnedvesség-tartalom átlagosan alacsonyabb volt az összes többi kezeléshez képest, azonban a fent említett adathiány befolyásolhatja ezt az eredményt. LIU et al. (2012) cikkében közölt eredmények szerint a kombinált kezeléseket (BC 5-20 Mg ha⁻¹ és 32,5 Mg ha⁻¹ komposzt) alkalmazásával nőtt jobban a talaj nedvességtartalma a csak bioszénrel kezeléseket egybevetve a kontrollhoz képest. Jelen kutatás eredményei nem támasztják ezt alá, de a legnagyobb dóziszú bioszénrel komposzt kezelés (BC1,0K) esetében kismértékben hasonló eredményt figyeltünk meg; szignifikáns különbséget azonban nem találtunk a kontrollhoz képest ($p>0,05$).

Idő és csapadékesemények függvényében vizsgálva a különböző kezeléseket, csapadékesemény alkalmával a talajnedvesség az abszolút kontrollhoz képest nagyobb mértékben emelkedett meg minden bioszénrel és műtrágya, valamint bioszénrel és komposzt kezelésben. A talajnedvesség az 1% bioszénrel és komposzt (BC1,0K) kezelésben nőtt meg a legjobban az abszolút kontroll környezethez képest (2. ábra). Hasonló mértékű nedvesség növekedés volt a 0,5% bioszénrel és műtrágyát tartalmazó (BC0,5M) kezelésben is. A legnagyobb dóziszú 1%-os bioszénrel és műtrágya kezelésben (BC1,0M) az előző kettőhöz képest némileg kisebb volt a talajnedvesség növekedése, az alacsonyabb dóziszú bioszénrel

kezeléseknél pedig egyformán alakult a talajnedvesség a bioszén és műtrágya (BC0,1M), valamint bioszén és komposzt esetekben egyaránt (BC0,1K). A kezelés közvetlenül a csapadékesemény alatt és után okoz csak nagyobb talajnedvességet, utána a kiszáradás is gyorsabb, különösen az időszak elején (2. ábra).

Szárazabb időszakokat vizsgálva egyedül az 1% bioszén és komposzt (BC1,0K) kezelés talajnedvessége bizonyult tartósan magasabbnak a kontrollhoz képest, a 0,5% bioszén és műtrágya parcella (BC0,5M) talajnedvessége pedig hasonlóan alakult a kontrollhoz. Az alacsonyabb bioszén dóziszú komposztos, illetve műtrágyás kezelések talajnedvessége a legtöbb esetben jóval alatta maradt az abszolút kontrollénak (2. ábra).



2. ábra.

A talajnedvesség tartalom alakulása a különböző kezelésekben a kísérlet időtartama alatt

Az egyes bioszén és műtrágya, valamint bioszén és komposzt kezelések hatására javuló tendenciát mutató vízháztartás a talaj fizikai tulajdonságainak megváltozásából fakadhatnak. Bioszén alkalmazásával pozitívan lehet befolyásolni a talajok fizikai paramétereit, így a hidrológiai jellemzők és a vízvisszatartó képesség is kedvezően alakulhat (MUKHERJEE & LAL, 2013; YU et al., 2013; BASSO et al., 2013), ezért nagyobb talajnedvesség értékekre lehet számítani.

A szakirodalmi adatok alapján (TRYON, 1948; GLASER et al., 2002; DUGAN et al., 2010; NOVAK et al., 2012) homoktalajon jól mérhetően emelkedett a talaj nedvességtartalma bioszén, valamint bioszén és komposzt együttes alkalmazásának hatására. Jelen tanulmányban a legnagyobb dóziszú 1% bioszén és komposztos (BC1,0K) kezelésben volt kisebb mértékű, pozitív eltérés az abszolút kontroll környezethez képest, a bioszén és műtrágya kezelések közül pedig a 0,5%-os (BC0,5M) parcella talajnedvessége mutatta a legnagyobb pozitív eltérést.

Szerves szén mennyiségének alakulása

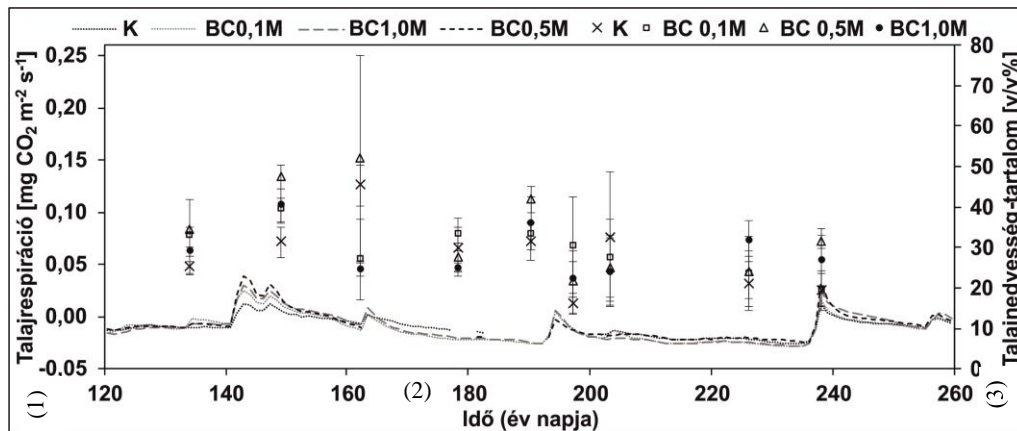
A talaj szerves széntartalmának alakulását az egyes kezelések esetén az 1. táblázat szemlélteti. A bioszén kezelés hatására a talaj szerves szén tartalma a kontroll kezelésben

megfigyelt $1,483 \pm 0,095$ m/m%-hoz képest növekedett, a legnagyobb, 1%-os bioszénnel kevert komposzt kezelés esetében (BC1,0K) $1,891 \pm 0,245$ m/m% értéket ért el. A talajba bioszén formájában kijuttatott szerves szén a bomlási folyamatoknak ellenálló, így közvetlenül nem járulhat hozzá a talajlégzéshez. Azonban, ha az 1,483% szerves széntartalmat és a megadott térfogattömeget használjuk, a 30/15/3 tonna bioszénnek megfelelően a szerves széntartalom értékek 1,767/1,625/1,511%-ra módosulnak a talajba keverés során, a komposzt nélkül. A táblázatban bemutatott mért 1,746/1,729/1,507% szervesszén értékek alátámasztják, hogy a bioszén nem bomlott le, a vizsgált időtartam folyamán, így nem keletkezett belőle CO₂.

Talajlégzés (CO₂ kibocsátás)

A bioszén széles körű alkalmazási lehetőségének és az alkalmazás környezeti hatásainak felmérésében fontos megvizsgálni a talajlégzést.

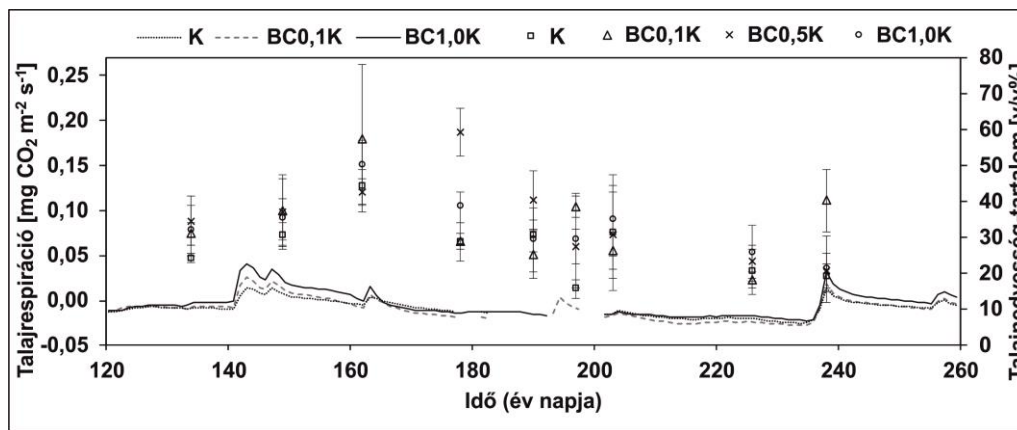
A talaj mikrobiális eredetű CO₂ kibocsátását a talaj szerves széntartalma, valamint az egyik elsődleges környezeti változó, a talaj nedvességtartalma erősen befolyásolja (DAVIDSON et al., 2000; TANG et al., 2006). A talaj nedvességtartalmát az előző fejezetben tárgyaltuk. A talaj nedvességforgalmára gyakorolt hatáson, a növények növekedésére gyakorolt hatásán keresztül a gyökérlégzést módosíthatja indirekt módon, valamint a mikrobiális biomasza nagyságát és aktivitását is befolyásolhatja, melyek változása a talajlégzésre is hatással van (KOC SIS & BIRÓ, 2015). A 3. ábra az abszolút kontroll, valamint a különböző dózisú bioszén és műtrágya kezelésekben mért CO₂ kibocsátás értékeket mutatja. Csak egyes kezeléseknél volt jól megfigyelhető különbség az abszolút kontroll és a bioszénkezelések között a talajlégzésben (3. ábra). A különböző bioszéndózisok hatását vizsgálva szignifikáns eltérést a talajlégzésben a kezelések között nem találtunk ($p > 0,05$; ANOVA). A vegetációs időszakban összesen kilenc mintavételi időpontban történt vizsgálat. A legmagasabb 1%-os bioszén és műtrágya kezelés (BC1,0M), valamint az abszolút kontroll között a 133.; 148.; 161. és 237. napokon, a 0,5% bioszénnel kezelt parcella (BC0,5M) és az abszolút kontroll között pedig a 133., a 148., a 189. és a 237. napokon volt nagymértékű eltérés a talajlégzésben. Az egész időszorra vetítve, a statisztikai elemzések alapján a kezelések (komposzt illetve műtrágyával kombinált bioszén kezelések) közötti különbség talajlégzés terén szignifikáns volt ($p = 0,0012$; ANOVA). Összességében elmondható, hogy a mérési időpontok 44%-ában a 0,5% bioszénnel kezelt parcellában (BC0,5M) mért talajlégzés tért el legjobban az abszolút kontroll parcellától, valamint a mérési napokat vizsgálva az esetek 56%-ában ennél a kezelésnél volt a legnagyobb a talajlégzés a többi bioszén és műtrágya kezeléshez (BC0,1M és BC1,0M) képest. A bioszén és műtrágya kezelés talajnedvesség-tartalom keresztül kifejtett indirekt hatását alátámaszthatja, hogy ennél a kezelésnél kaptuk a legnagyobb korrelációs együtthatót a talajlégzés és a talajnedvesség között ($R^2 = 0,44$), valamint az itt mérhető talajnedvesség tér el legjobban az abszolút kontrollhoz képest. Ez az eredmény arra utal, hogy a kísérlet során a talajnedvesség-tartalom erősen limitálta a talajlégzést.



3. ábra.

A talajrespiráció azaz talajlégzés, valamint az 5-10 cm mélységben mért talajnedvesség alakulása műtrágyás kezelés esetén

A kezelések esetében látható, hogy csapadékesemények után (148.; 162.; 196.; 237. napon) a BC0,1K bioszén és komposztos kezelésben, hosszabban tartó szárazabb időszak után pedig a 0,5% bioszén és komposzt (BC0,5K) (133.; 177.; 189. napon), illetve az 1% bioszén és komposzt kezelésekben (BC1,0K) (202.; 225. napon) volt a legnagyobb a talajlégzés (4. ábra).



4. ábra.

A talajrespiráció, azaz talajlégzés valamint az 5-10 cm mélységben mért talajnedvesség alakulása komposztos kezelések esetén

Adataink alapján nem találtunk egyértelmű összefüggést a talajlégzés és különböző bioszén dózisok között, eredményeink alapján elmondható, hogy a bioszén kijuttatása nem növelte a talaj CO₂ kibocsátását. Habár a bioszén és műtrágya, valamint bioszén és komposzt kezeléseket összevetve összességében a vizsgált időszak 78%-ában a komposztos kezelések esetében nagyobb volt a talajlégzés, ezek az eltérések a teljes

időszakra számítva nem voltak szignifikánsak ($p > 0,05$). Az egyes mintavételi időpontokat külön vizsgálva a talajlégzést a komposzttal kezelt kezelések többsége esetén szignifikánsan különbözött a kontroll kezeléstől.

A bioszén potenciálisan befolyásolhatja a talaj szervesanyag tartalmának lebomlását (NGUYEN et al. 2014). LAIRD et al. (2010) eredményei alapján a bioszén alkalmazva a szerves széntartalom akár 69%-kal is megnőhet, ezzel is alátámasztva, hogy a bioszén a mezőgazdaságban igen jól hasznosítható talajjavító anyag. Kísérletünkben a legnagyobb dózisu 1% bioszén és komposzt kezelés (BC1,0K) esetében ennél némileg alacsonyabb, 27%-os emelkedés volt megfigyelhető (1. táblázat). Ez a különbség azonban a kísérlet rövid időtartama miatt nem a talaj szerves széntartalmának lebomlási folyamatainak változását mutatja, sokkal inkább a bioszén hozzáadott széntartalmának tulajdonítható.

A bemutatott eredmények egy rövidtávú monitoringból származnak, a bioszén hosszútávú hatásáról jelenleg nemzetközi szinten is csak kevés tanulmány áll rendelkezésre. Kiegészítő növényvizsgálatok és talajbiológiai vizsgálatok, izotópos vizsgálatok a talajlégzés autotróf és heterotróf összetevőinek elkülönítésére, és a szántóföldi vízkapacitás változásának mérése szükségesek ahhoz, hogy a bioszén kezelések hatásáról megalapozottabb véleményt tudjunk mondani.

Összefoglalás

A talajok tulajdonságainak javítása céljából végzett bioszénnel történő kezelések hatása a különböző fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságú talajok esetében még nem teljesen ismert. Kísérleteinket homoktalajon végeztük az MTA ATK TAKI Örbottyánban lévő kísérleti telepén, ahol kukoricát vetettek. Hét kezelést vizsgáltunk, négy ismétlésben. Három esetben a talaj különböző dózisban bioszén és konstans dózisu műtrágyát tartalmazott (0,1 m/m%; 0,5 m/m%; 1 m/m%; jelölésük BC0,1M; BC0,5M; BC1,0M), három esetben pedig a fent említett bioszén dózisokat egységesen 10 t/ha komposzttal egészítettük ki (BC0,1K; BC0,5K; BC1,0K). Ezek mellett pedig kialakítottunk egy bioszén és komposzt mentes abszolút kontroll (K) kezelést is. Kutatásunk során talajszondákkal monitoroztuk a talajnedvesség-tartalmának alakulását, valamint statikus kamrás mintavételi eljárással a talajlégzést is mértük a kezelésekben.

A talajnedvesség éves átlagát nézve 1% bioszénnel és komposzttal kezelt parcella esetében a talaj nedvességtartalma nem szignifikáns mértékben növekedett a bioszén és komposzt mentes abszolút kontroll környezethez képest. Csapadékesemények alkalmával az 1% bioszén és komposztot tartalmazó parcellában nőtt meg legjobban a talajnedvesség, illetve hasonlóan alakult a nedvességtartalom a 0,5% bioszénnel kezelt műtrágyás parcellában is. Csapadékesemények után az összes bioszén és műtrágyát, illetve bioszén és komposztot tartalmazó parcellában gyorsabban száradt ki a talaj a kontrollhoz képest. A csapadékban szegényebb, szárazabb időszak alkalmával egyedül az 1% bioszén és komposztot tartalmazó kezelés talajnedvessége volt magasabb a kontrollhoz képest, a 0,5% bioszénnel és műtrágyával kezelt, komposzt mentes esetben a nedvesség hasonlóan alakult a kontrollhoz viszonyítva, az összes többi esetben jóval az alatt maradtak az értékek.

Összességében megállapítható, hogy a komposztot tartalmazó talajok érzékenyebben reagáltak a csapadékra, a legjobb vízgazdálkodást az 1% bioszén és komposzt kezelés esetében értük el. Önmagában a bioszén nagy mennyiségű (1,0 m/m%) adagolása nem volt egyértelműen talajnedvesség-növelő hatású.

A bioszén szén-dioxid forgalomra történő hatását a talajlégzés mérésével vizsgáltuk. A bioszénrel, valamint műtrágyával kezelt és a kontroll kezelések között csak néhány esetben volt különbség. A komposzttal kevert bioszén kezelések alkalmával hasonló eredményre jutottunk, mint a műtrágyával kevert bioszén esetében. Eredményeink alapján arra következtethetünk, hogy a talajlégzés nem függött a bioszén dózistól. A bioszén talajlégzésre gyakorolt hatása közvetett módon, a talajnedvesség befolyásolásán keresztül valósul meg, mivel bioszén alkalmazva bizonyos esetekben a talajnedvesség emelkedett a kontrollhoz képest, ekkor a talajlégzés ugyancsak magasabb lett, amely jelenség a komposzttal kezelt esetekben jól megfigyelhető volt.

Munkánkat a Norvég Finanszírozási Mechanizmus 2009-2014, HU09-0029-A1-2013, az OTKA K-101065 és a K-104816 projekt, valamint az OTKA PD116084 és PD116157 kutatási projektek támogatták.

Kulcsszavak: bioszén, talajszerkezet, talajnedvesség, talajjavítás, CO₂

Ábrajegyzék

1. táblázat: Kísérleti beállítások és talajtulajdonságok (5-10 cm mélységben) az űrbotytáni bioszén hatásvizsgálatban 18 héttel (2015.09.09-én) a bioszén kijuttatását követően az egyes kezelések esetében

1. ábra: A vizsgált időszakban, 5-10 cm mélységben mért talajnedvesség-tartalom jellemző statisztikai értékei a különböző kezelésekben. Jelmagyarázat: K: abszolút kontroll; BC a bioszénrel kezelt; míg M és K jelölések a műtrágyát vagy komposztot tartalmazó kezelések. Az ábrán feltüntettük a kezelésekben mért minimum és maximum talajnedvesség értékeket

2. ábra: A talajnedvesség tartalom alakulása a különböző kezelésekben a kísérlet időtartama alatt

3. ábra: A talajrespiráció, azaz talajlégzés valamint az 5-10 cm mélységben mért talajnedvesség alakulása műtrágyás kezelés esetén

4. ábra: A talajrespiráció, azaz talajlégzés valamint az 5-10 cm mélységben mért talajnedvesség alakulása komposztos kezelések esetén

Irodalom

- AGEGNEHU, G., BASS, A. M., NELSON, P. N., BIRD, M. I. 2016. Benefits of Biochar, Compost and Biochar–compost for Soil Quality, Maize Yield and Greenhouse Gas Emissions in a Tropical Agricultural Soil. *Science of The Total Environment* **543**. 295–306.
- BASSO, A. S., MIGUEZ, F. E., LAIRD, D., HORTON, A. R., WESTGATE, M. 2013. Assessing Potential of Biochar for Increasing Water-Holding Capacity of Sandy Soils. *GCB Bioenergy* **5**. (2) 132–143.
- CHAN, K. Y., VAN ZWIETEN, L., MESZAROS, I., DOWNIE, A., JOSEPH, S. 2007. Agronomic Values of Greenwaste Biochar as a Soil Amendment. *Australian Journal of Soil Research* **45**. (8) 629–634.
- DAVIDSON, E., VERCHOT, L., CATTANIO, J., ACKERMAN, I., CARVALHO, J. 2000. Effects of Soil Water Content on Soil Respiration in Forests and Cattle Pastures of Eastern Amazonia. *Biogeochemistry* **48**. 53–69.
- DOWNIE, A., CROSKY, A., MUNROE, P. 2009. Physical Properties of Biochar. J. LEHMANN and STEPHEN J. [szerk.] *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. 13-29 Earthscan kiadó, London. – 448 oldal.
- DUGAN, E., A. VERHOEF, S. ROBINSON, SOHI, S. 2010. Bio-Char from Sawdust, Maize Stover and Charcoal: Impact on Water Holding Capacities of Three Soils from Ghana. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Change World, August 9–12.
- GLASER, B., J. LEHMANN, W. ZECH, 2002. Ameliorating Physical and Chemical Properties of Highly Weathered Soils in the Tropics with Charcoal - A Review. *Biology and Fertility of Soils* **35**. (4) 219–230.
- HARDIE, M., CLOTHIER, B., BOUND, S., OLIVER, G., CLOSE, D. 2014. Does Biochar Influence Soil Physical Properties and Soil Water Availability? *Plant Soil* **376**, 347–361.
- HERATH, H. M. S. K., M. CAMPS-ARBESTAIN, M. HEDLEY. 2013. Effect of Biochar on Soil Physical Properties in Two Contrasting Soils: An Alfisol and an Andisol. *Geoderma* **209-210**. 188-197.
- IPCC. 2013., CIAIS, P., SABINE, C., BALA, G., BOPP, L., BROVKIN, V., CANADELL, J., CHHABRA, A., DEFRIES, R., GALLOWAY, J., HEIMANN, M., JONES, C., LE QUÉRE, C., MYNENI, R. B., PIAO, S., THORNTON, P. 2013. Carbon and Other Biogeochemical Cycles. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M. [szerk]]. 6.5.2.1. fejezet 547. https://www.ipcc.ch/pdf/assessmentreport/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter06_FINAL.pdf
- JONES, D. L., MURPHY, D. V., KHALID, M., AHMAD, W., EDWARDS-JONES, G., DELUCA, T. H. 2011. Short-term Biochar-induced Increase in Soil CO₂ Release is Both Biotically and Abiotically Mediated. *Soil Biology and Biochemistry* **43**. (8). 1723–1731.
- KÁSA I., MOLNÁR S., HOREL Á. 2016. A Hőmérséklet és a Bioszén Típusának, valamint Mennyiségének Hatása a Talaj Nettó Nitrifikációjára. *Agrokémia és Talajtan* **65**. 297–311.

- KOCSIS T., BIRÓ B. 2015. Bioszén hatása a talaj-növény-mikróba rendszerre: előnyök és aggályok — Szemle. *Agrokémia és Talajtan* **64**. 257-272.
- LAIRD, D. A., FLEMING, P., DAVIS, D. D., HORTON, R., WANG, B., KARLEN, D. L. 2010. Impact of Biochar Amendments on the Quality of a Typical Midwestern Agricultural Soil. *Geoderma* **158**. (3-4). 443–449.
- LEHMANN, J., GAUNT, J., RONDON, M. 2006. Bio-Char Sequestration in Terrestrial Ecosystems - A Review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* **11**. (2) 403–427.
- LEHMANN, J., CZIMCZIK, C., LAIRD, D., SOHI, S. 2009. Biochar for Environmental Management: Science and Technology Lehmann, J., Joseph, S. [szerk]. 11. fejezet: Stability of Biochar in Soil. 183. oldal.
- LIANG, B., LEHMANN, J., SOLOMON, D., KINYANGI, J., GROSSMAN, J., O'NEILL, B., SKJEMSTAD, J. O., THIES, J., LUIZAO, F. J., PETERSEN, J., NEVES., E. G. 2006. Black Carbon Increases Cation Exchange Capacity in Soils. *Soil Science Society of America Journal* **70**. (5) 1719-1730.
- LIU, J., SCHULZ, H., BRANDL, S., MIEHTKE, H., HUWE, B., GLASER, B. 2012. Short-term Effect of Biochar and Compost on Soil Fertility and Water Status of a Dystric Cambisol in NE Germany under Field Conditions. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* **175**. (5) 698–707.
- MARCHETTI, C. 1977. On geo-engineering and CO₂ problem. *Climatic Change*. **1**. 59-68.
- MOHAN, D., PITTMAN, C. U., JR., STEELE, P. H. 2006. Pyrolysis of Wood/Biomass for Bio-oil: A Critical Review. *Energy Fuels* **20**. 848-889.
- MUKHERJEE, A., LAL., R. 2013. Biochar Impacts on Soil Physical Properties and Greenhouse Gas Emissions. *Agronomy* **3**. (2) 313–339.
- NGUYEN, B. T., KOIDE, R. T., DELL, C., SKINNER, H., ADLER, P. R., NORD, A. 2014. Turn-over of Soil Carbon following Addition of Switchgrass-derived Biochar to Four Soils. *Soil Science Society of America Journal* **78**. (2) 531-537.
- NOVAK, J.M., BUSSCHER, W.J., WATTS, D.W., AMONETTE, J.E., IPPOLITO, J. A., LIMA, I. M., GASKIN, J., DAS, K. C., STEINER, C., AHMEDNA, M., REHRAH, D., SCHOMBERG, H. 2012. Biochars Impact on Soil-Moisture Storage in an Ultisol and Two Aridisols. *Soil Science*. **177**. (5)310-320.
- POST, W. M., KWON, K. C. 2000. Soil Carbon Sequestration and Land-Use Change: Processes and Potential. *Global Change Biology* **6**. (3) 317–327.
- RASMUSSEN, P. E., GOULDING, K. W. T., BROWN, J. R., GRACE, P. R., JANZEN, H. H., KO, M. 1998. Long-Term Agroecosystem Experiments: Assessing Agricultural Sustainability and Global Change. *Science*. **282**. 893–896.
- R CORE TEAM 2012. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0.
- SCHIMMELPFENNIG, S., MÜLLER, C., GRÜNHAGE, L., KOCH, C., KAMMANN, C. 2014. Biochar, Hydrochar and Uncarbonized Feedstock Application to Permanent grassland — Effects on Greenhouse Gas Emissions and Plant Growth. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **191**. 39–52.
- SCHLESINGER, W. H., LICHTER, J. 2001. Limited Carbon Storage in Soil and Litter of Experimental Forest Plots under Increased Atmospheric CO₂. *Nature* **411**. (6836) 466–469.

- SCHULZ, H., GLASER, B. 2012. Effects of Biochar Compared to Organic and Inorganic Fertilizers on Soil Quality and Plant Growth in a Greenhouse Experiment. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* **175**. 410-422.
- SOLAIMAN, M. Z., BLACKWELL, P. ABBOTT, L. K., STORER, P. 2010. Direct and Residual Effect of Biochar Application on Mycorrhizal Root Colonisation, Growth and Nutrition of Wheat. *Australian Journal of Soil Research* **48**. 546–554.
- SUI, Y., GAO, J., LIU, C., ZHANG, W., LAN, Y., LI, S., MENG, J., XU, Z., TANG, L. 2016. Interactive Effects of Straw-derived Biochar and N Fertilization on Soil C Storage and Rice Productivity in Rice Paddies of Northeast China. *Science of The Total Environment* **544**. 203–210.
- TANG, X. L., ZHOU, G. Y., LIU, S. G., ZHANG, D. Q., LIU, S. Z. , LI, J., ZHOU, C. Y. 2006. Dependence of Soil Respiration on Soil Temperature and Soil Moisture in Successional Forests in Southern China. *Journal of Integrative Plant Biology* **48**. (6) 654–663.
- TRYON, A. E. H. 1948. Effect of Charcoal on Certain Physical, Chemical, and Biological Properties of Forest Soils. *Ecological Society of America, Division of Forestry* **18**. (1) 81–115.
- WOOLF, D., AMONETTE, J., E., STREET-PERROTT, A., LEHMANN, J., JOSEPH, S. 2010. Sustainable Biochar to Mitigate Global Climate Change. *Nature Communications* **1**. (5) 1-9.
- YU, O-Y., RAICHLE, B., SINK, S. 2013. Impact of Biochar on the Water Holding Capacity of Loamy Sand Soil. *International Journal of Energy and Environmental Engineering* **4**. (1) 44.
- ZHANG, A., LIU, Y., PAN, G., HUSSAIN, Q., LI, L., ZHENG, J., ZHANG, X. 2012. Effect of Biochar Amendment on Maize Yield and Greenhouse Gas Emissions from a Soil Organic Carbon Poor Calcareous Loamy Soil from Central China Plain. *Plant and Soil* **351**. (1-2) 263–275.

Changes in the moisture content and respiration of a calcareous sandy soil after combined treatment with biochar and compost or mineral fertiliser

¹M. DENCŐ, ¹E. TÓTH*, ¹G. GELYBÓ, ¹I. KÁSA, Á. ¹HOREL, ²M. RÉKÁSI, ³T. TAKÁCS,
^{1,4}C. FARKAS, ¹I. POTYÓ and N. ²UZINGER

¹Department of Soil Physics and Water Management, ²Department of Soil Chemistry and Turnover, ³Department of Soil Biology, Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry, Centre for Agricultural Research, Hungarian Academy of Sciences,
⁴NIBIO, Norway

Summary

The main purpose of this work was to examine the use of biochar amended with organic or inorganic nutrients to improve soil quality and to reduce the emission of greenhouse gases (GHG), especially CO₂, from agricultural land.

There are still gaps in our knowledge of how soils with different physical, chemical and biological properties are affected by the biochar added to improve soil properties. Experiments were performed on a sandy soil at the experimental station of the Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry (MTA ATK) at Órbottyán, where maize was sown with seven treatments in four replications. In three of the treatments the soil was treated with various doses of biochar (0.1, 0.5 and 1.0 m/m%) and a constant rate of mineral fertiliser (designated as BC0.1M, BC0.5M and BC1.0M, respectively), while in three others the above doses of biochar were supplemented with a uniform 10 t/ha rate of compost (designated as BC0.1K, BC0.5K and BC1.0K). The 7th treatment was the absolute control, given no biochar fertiliser or compost (designated as K). Soil sensors were used to monitor trends in soil moisture content, while the CO₂ emission of the soil was recorded in each treatment using samples taken from a static chamber.

No significant increase in the mean annual soil moisture content was recorded in the plot treated with 1% biochar + compost compared with the absolute control. In response to rainfall events, the soil moisture content rose to the greatest extent in the plot given 1% biochar + compost, though similar values were recorded in the plot treated with 0.5% biochar + mineral fertiliser.

The soil in all the treated plots dried out more quickly after rainfall events than that of the absolute control. During drier periods with little rainfall, the soil moisture content was only greater than in the control in the BC1.0K treatment, while that in the BC0.5M treatment was similar to the control value. In all the other treatments the moisture contents were considerably lower.

All in all, soils containing compost responded more sensitively to rainfall, with the best water management in the BC1.0K treatment. When applied alone, the highest rate of biochar (1.0 m/m%) had no clear soil moisture-increasing effect.

The effect of biochar on carbon dioxide turnover was investigated by measuring soil respiration. Differences between the biochar + mineral fertiliser or compost treatments and

the control were only recorded in a few cases, so it can be concluded that CO₂ emission did not depend on the biochar dose. The effect of biochar on soil respiration is exerted indirectly through its influence on soil moisture content; in cases where the addition of biochar led to a rise in soil moisture content compared to the control, higher values of CO₂ emission were also recorded. This was especially pronounced when biochar was applied with compost.

Key words: biochar, soil structure, soil moisture, soil amelioration, CO₂

Table 1. Experimental treatments and soil properties (at a depth of 5–10 cm) in the various treatments, 18 weeks after the application of biochar (Órbottyán, 9 September 2015). (1) Treatment code. (2) Biochar dose, t/ha. (3) Compost dose, t/ha. (4) Mineral fertiliser (calcium ammonium nitrate/potassium chloride), kg/ha. (5) Bulk density, g/cm³. (6) pH(H₂O). (7) Organic carbon, m/m%.

Figure 1. Descriptive statistics of the soil moisture content at a depth of 5–10 cm in the individual treatments during the experimental period. (1) Soil moisture content, v/v%. (2) Treatments. a) Median; b) Mean; c) Outstanding values. Treatment codes: K: Absolute control; BC0.1M, BC0.5M, BC1.0M: 0.1, 0.5, 1.0% biochar + mineral fertiliser; BC0.1K, BC0.5K, BC1.0K: 0.1, 0.5, 1.0% biochar + compost. *Note:* The minimum and maximum soil moisture values recorded in the treatments are shown in the figure.

Figure 2. Changes in soil moisture content in the individual treatments during the experimental period. (1) Soil moisture content, v/v%. (2) Time (day of the year). (3) Rainfall, mm. For treatment codes, see Figure 1.

Figure 3. Changes in soil respiration and the soil moisture content at a depth of 5–10 cm in the mineral fertiliser treatments. (1) Soil respiration, mg CO₂ m⁻² s⁻¹. (2) Time (day of the year). (3) Soil moisture content, v/v%. For treatment codes, see Figure 1. *Note:* Lines indicate soil moisture content; symbols indicate soil CO₂ emission.

Figure 4. Changes in soil respiration and the soil moisture content at a depth of 5–10 cm in the compost treatments. (1)–(3) and *Note:* see Figure 3. For treatment codes, see Figure 1.