

SZENNYVÍZISZAP-KOMPOSZTTAL TÖRTÉNŐ KEZELÉS HATÁSA A TALAJ CO₂-RESPIRÁCIÓJÁRA, TÁPANYAG- ÉS NEHÉZFÉM-TARTALMÁRA CSERNOZJOM TALAJJOKON

BARTA Károly, BABCSÁNYI Izabella, FARSANG Andrea, TÓTH Máté, FEKETE István, LADÁNYI Zsuzsanna, CSÁNYI Katalin Tímea

Szegedi Tudományegyetem, Geoinformatikai, Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék
6720 Szeged, Egyetem u. 2., e-mail: barta@geo.u-szeged.hu

Kulcsszavak: mezőgazdasági kihelyezés, talajlégzés, toxikus elemek, tápanyagpótlás, trágyázás, talajminőség

Összefoglalás: A szennyvíziszap olyan szerves anyagokat, mikro- és makrotápanyagokat tartalmaz, amelyek mezőgazdasági felhasználás esetén javítják a talaj termékenységét. Ráadásul a szerves anyagok és a mikrobiológiai aktivitás növekedésével a talaj CO₂-respirációja javulhat, és többlet CO₂ kötődhet meg a talajban, ami hosszú távon csökkenti a légköri széndioxid-koncentrációt. Ugyanakkor a kihelyezésnek lehetnek káros következményei is, ha a szennyvíziszap túl sok szerves anyagot, nitrogént vagy nehézfémeket tartalmaz. Kutatásunkban csernozjomtalajokon vizsgáltuk a növények által felvehető tápanyagoknak és nehézfémeknek, valamint a szerves anyagnak a változását alacsony dóziszú települési szennyvíziszap-komposzt kihelyezése esetén (2,5-35 m³/ha/év). A talaj CO₂-forgalmának becslésére terepi respirációs méréseket végeztünk. A terepi mintavételezések és mérések 2018-ban és 2019-ben zajlottak Újkígyós és Kardos települések közelében (Békés megye), melyek során a kísérleti parcellákról átlagtalajmintákat (0-30 cm és 30-60 cm mélységből) és talajvízmintákat gyűjtöttünk be a tápanyag- és nehézfém-koncentrációk változásának nyomon követésére (Újkígyóson), illetve öt alkalommal mértük a talaj CO₂-respirációját mind Újkígyóson, mind Kardoson. A talajmintákon talajtani alapvizsgálatokat (pH, szervesanyag-tartalom, fizikai féleség, karbonát- és sótartalom) végeztünk, illetve standard extrakciós eljárásokkal meghatároztuk a tápanyagok (K₂O, P₂O₅, N-formák, szerves anyagok) és egyes nehézfémek koncentrációit. A laboratóriumi vizsgálatok eredményei azt mutatták, hogy a szennyvíziszap-komposzttal kezelt területeken szignifikánsan megnövekedett a talaj K₂O, P₂O₅ és NO₂⁻ + NO₃⁻ tartalma, ugyanakkor sem a szervesanyag-, sem a nehézfém-tartalomban nem következett be jelentős változás a kontrollhoz képest. Hasonlóképpen nem tudtuk igazolni a szennyvíziszap-kezelések utáni intenzívebb CO₂-respirációt az egyik vizsgálati területen sem. Összességében eredményeink meggyőzően bizonyították, hogy a csak kommunális eredetű, iparból származóval nem terhelt alacsony dóziszú települési szennyvíziszap-komposzttal kezelt területeken ez fenntartható trágyázási gyakorlat lehet, mely magas N-, P- és K-tartalmával olyan formában szolgálja a növénytermesztést, hogy közben nem szennyezi a talajvizet. A talaj CO₂-forgalmának markáns módosításához vélhetően alacsonyak voltak a kihelyezett dózisek.

Bevezetés

A globális klímaváltozás egyik kulcskérdése a légköri szén-dioxid-koncentráció változása. Ennek az utóbbi 100 évben történő drasztikus növekedése egyértelműen a fosszilis energiahordozók robbanásszerű felhasználására vezethető vissza, ugyanakkor nem szabad figyelmen kívül hagyni az intenzív szántóföldi növénytermesztés hatását sem. Ez az erdőgazdálkodással együtt a teljes CO₂-kibocsátás 30%-áért felelős (Anda 2016). Ennek a kibocsátott szén-dioxidnak egy része tartósan eltávozik a talajból, ez az

intenzív művelés hatására csökkenő humusztartalomból származik, és hosszútávon gyarapítja a légköri CO₂-készletet. Másik része dinamikus egyensúlyban áll a környezetével, és napi, illetve éves ciklust mutat a biológiai aktivitás függvényében. Ennek bevételi oldalán a fotoszintézissel megkötött szénből felépülő szerves anyagok és az erre épülő talajlakó tápláléklánc található.

A talaj egyre csökkenő humuszkészletének problematikája szerencsés módon találkozhat az emberi társadalom egyéb tevékenységei során keletkező melléktermékek, hulladékok elhelyezésének problémájával. Elegendő például az állattartó telepekről kikerülő hígtrágyára, vagy a bioetanol előállítása során keletkező fermentlére, vagy a kommunális szennyvíztisztítás egyik melléktermékére, a szennyvíziszapra gondolni. Ezen anyagok mezőgazdasági célú felhasználása nemcsak a hulladékok elhelyezését oldja meg, hanem növeli a talajok humusz- és tápanyagtartalmát is. Vajon a növénytermesztés és a talajélet szempontjából egyértelműen pozitív szervesanyag-többlet hogyan hat a globális szénforgalomra? Tartósan képes-e ez a széntöbblet megkötődni a talajban? Hogyan növeli meg a talajrespirációt a fokozott biológiai aktivitás? Kimutatható-e a CO₂-kibocsátás megnövekedése szennyvíziszapokkal kezelt szántóföldeken?

A felsorolt pozitív hatások mellett a kihelyezés számos környezeti kockázati tényezőt is rejt magában, amelyek a szennyvíziszapok magas tápanyagtartalmából és toxikus elemtartalmából adódnak. A szennyvíziszap-komposzttal kezelt talajok nehézfém-tartalma megnövekedhet, ami végső soron ronthatja a talaj termékenységét (Pinamonti et al. 1997). A szennyvíziszap-komposztok mezőgazdasági felhasználásának egyik legfőbb korlátja az iszapok magas nehézfém-tartalma, hiszen elsődleges cél, hogy elkerüljük a toxikus fémek felhalmozódását a szántott talajrétegben. Korábbi tanulmányok kimutatták, hogy a talaj típusa, a kultúrnövények fajtája, a komposzt minősége és az alkalmazott dózisok nagyban befolyásolják a kezelt talajok nehézfém-tartalmát (Pinamonti et al. 1997, Abubakari et al. 2017, Qi et al. 2020). Egy tanulmányban arra is rávilágítottak a szerzők, hogy az általuk vizsgált, szennyvíziszappal kezelt talajokban megnövekedett a Zn és Cd koncentrációja és azok könnyen oldható elemhányada, amely még az iszap-kihelyezések megszűnése után is évekig fennállt (McGrath et al. 2000). Ezért a szennyvíziszap-komposztok szántóföldi alkalmazását érdemes megfelelően előkészíteni és talajtani hatásait nyomon követni. A komposzttal kezelt talajokban időnként ellenőrizni kell a potenciálisan mérgező nehézfém-tartalmakat, valamint azok könnyen oldható hányadait is.

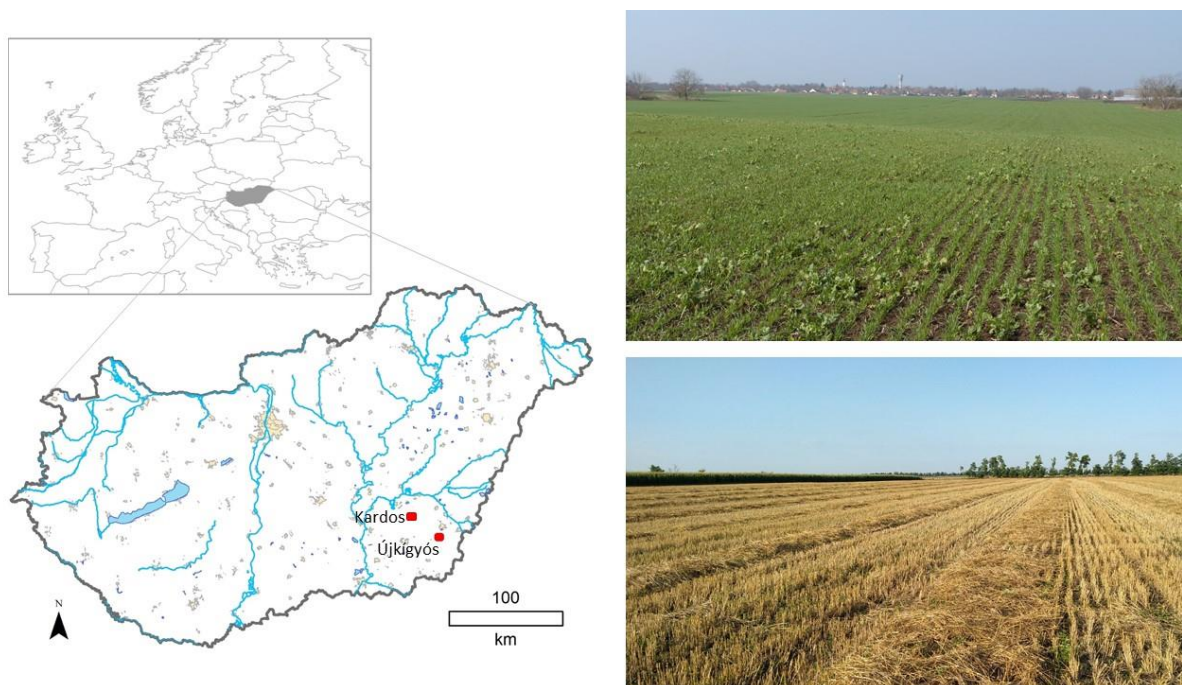
Kutatásunk keretében Magyarország délkeleti részén, jó minőségű csernozjom talajokon vizsgáltuk a CO₂-fluxusban, tápanyagokban és toxikus fémtartalomban mutatkozó különbségeket alacsony dózisu kommunális eredetű szennyvíziszap-komposzttal kezelt, illetve nem kezelt területek között. A fenti kérdések mellett arra is kerestük a választ, hogy milyen nagyságrendű változást okoz a respirációban az iszap-kihelyezés: kimutatható-e egyáltalán, illetve jelentősen meghaladja-e az egyéb talajlégzést befolyásoló tényezők (pl. talajnedvesség, talajhőmérséklet) hatását.

Anyag és módszer

Magyarország legjobb minőségű termőterületeinek egy része az ország délkeleti részén, Békés megyében található. A területre jellemzők a löszön kialakult csernozjomok, melyek vályog vagy homokos vályog fizikai féleségűek, 100-120 cm vastagságúak, és humusztartalmuk a több évtizedes intenzív szántóföldi művelés ellenére is még 2% körül van. Ilyen jó minőségű talajtakarón választottunk ki két mintaterületet Újkígyós és Kardos települések határában (1. ábra). A 25,6 és 15,7 ha-os szántóföldeken a vizsgálat két évében őszi búza volt található, melyekre kommunális eredetű szennyvíziszap-komposzt kerül ki 2013 óta minden év őszen. Ennek mennyisége 2,5 m³/ha/év Újkígyóson és kb. 35 m³/ha/év Kardoson. Mindkét területen a kihelyezés vetésforgóban történik, azaz egy adott évben a teljes területnek csak egy keskeny parcellája kap kezelést. Újkígyóson olyan mintaparcellákat jelöltünk ki, melyek 2013-ban és 2017-ben kaptak komposzt-kezelést, a kardosi parcellák pedig 2018-ban.

A kizárólag lakossági eredetű szennyvíziszap a kihelyezés előtt három szakaszból álló kezelésen megy keresztül: mechanikus tisztítás és szűrés, biológiai kezelés és levegőztetés. Ezek után a szennyvíziszap (1. táblázat) legalább 6 hónapig szalmával keverve aerob komposztáláson megy keresztül.

A komposzt a felső 30 cm-es talajrétegbe került beszántásra. A magágy előkészítése a teljes vizsgálati területen azonos volt. A szennyvíziszap-komposzt kijuttatásának éveiben az érintett területen egyéb tápanyag-utánpótlás nem történt.



1. ábra. A mintaterületek elhelyezkedése és látképük tavasszal, illetve nyáron
 Figure 1. Location of the study areas and their views in spring and summertime

1. táblázat. A 2013-ban és 2017-ben kihelyezett kommunális eredetű szennyvíziszap-komposzt minősége. A határértékek az 50/2001. (IV. 3.) Kormányrendeletben szereplő, szennyvíziszap-komposztokra vonatkozó határértékek

Table 1. The quality of the applied municipal sewage sludge compost in 2013 and in 2017. The displayed Hungarian threshold for sewage sludge compost applied in agricultural land is specified in the Government Decree No.50/2001. (IV. 3.)

Paraméter	Komposzt 2013	Komposzt 2017	Határérték
pH (deszt.vizes)	7,64	8,48	-
Száranyag-tartalom (mg/kg)	181.000	24.600	-
Szervesanyag-tartalom (m/m%)	13,2	5,7	-
Teljes N (mg/kg szárazanyag)	59.100	128.700	-
Teljes P (P ₂ O ₅ mg/kg szárazanyag)	19.500	16.500	-
Teljes K (K ₂ O mg/kg szárazanyag)	2.560	5.860	-
TPH (mg/kg)	<25	2.588	1.000
As (mg/kg)	67,6	15,5	25
Cd (mg/kg)	0,53	<1	5
Co (mg/kg)	<1	2,31	50
Cr (mg/kg)	14,2	17,6	350
Cu (mg/kg)	81,1	103	750
Hg (mg/kg)	0,64	0,46	5
Mo (mg/kg)	6,74	6,35	10
Ni (mg/kg)	12,4	15,1	100
Pb (mg/kg)	18,7	16,3	400
Se (mg/kg)	<1	<1	50
Zn (mg/kg)	444	542	2.000

A komposzt talajrespirációra gyakorolt hatásának kimutatásához mindkét mintaterületen kijelöltünk 3-3 db olyan 50×50 m-es mintaparcellát, melyek középpontjaiban mértük a CO₂-fluxust. Újkígyóson a CO₂-mérések mellett ezekről a parcellákról történtek a talajmintavételek is. Kontroll parcellának mindkét mintaterületen 3-3 olyan helyszínt jelöltünk ki, melyek korábban soha nem voltak szennyvíziszap-komposzttal kezelve.

A két területen 2019. március 6. és 2019. augusztus 28. között öt alkalommal végeztünk a talaj CO₂ kibocsátására vonatkozó méréseket: kétszer tavasszal (2019. 03. 06.; 2019. 03. 28.), kétszer nyáron (2019. 06. 19.; 2019. 07. 16.) és egyszer nyár végén (2019. 08. 28.). A tervezett további méréseknek a rendkívül száraz talaj erősen lecsökkent biológiai aktivitása miatt nem láttuk értelmét (Tóth et al. 2020).

A CO₂-respirációt EGM-5 mérőműszerrel végeztük. Ez a rendszer egy SRC-2 típusú zárt dinamikus kamrával gyűjti a talajból kiáramló levegőt (2. ábra). A zárt kamra a mérés során nincs kapcsolatban a külső levegővel, ugyanakkor dinamikus, mert a vizsgálandó levegőt egy ventilátor segítségével áramoltatja a mérőműszeren keresztül.

Maga a mérés a műszer főegységében történik, alapelve az infravörös sugárzás CO₂ általi abszorpciójának mérése. Ezt egy nem-diszperzív infravörös (NDIR) érzékelő végzi, 4,26 µm hullámhosszúságú sugárzásra optimalizálva. Ezen a hullámhosszon a CO₂ teljes mértékben elnyeli az infravörös sugárzást, ugyanakkor a CO₂ ezen a hullámhosszon más légköri gázokkal való átfedése minimális, tehát a módszer jó szelektivitással és érzékenységgel rendelkezik. A mérés során a beépített infravörös sugárforrás középhullámhosszú infravörös sugárzást (MIR) bocsát ki, melyet az optikai szűrő korrigál a megfelelő hullámhosszra (4,26 µm). A CO₂ abszorpciója csökkenti a forrás által kibocsátott infravörös sugárzás intenzitását, amit a detektor rögzít. Így a beeső fény intenzitása és az áteresztett fény intenzitásának hányadosából kiszámítható a CO₂ koncentrációja. A számítás alapjául a Lambert-Beer törvény szolgál. A CO₂-mérőegység mellett a műszer tartalmaz egy HydraProbe II típusú szenzort is, amely párhuzamosan méri – akár másodperces sűrűséggel – a talaj felső 5 centiméterének a nedvességtartalmát 0-100% tartományban és a talajhőmérsékletet -10°C és 55°C között (PP Systems 2018). A kijelölt 12 db mintaparcella közepén minden alkalommal 10 ismétlésben mértük a CO₂-respirációt, azaz egy adott parcellához egy időpontban rendelt mérési eredmény 10 adat átlagaként állt elő.



2. ábra. Az EGM-5 mérés közben őszi búzában Kardos közelében
 Figure 2. Application of the EGM-5 under winter wheat near village Kardos

A szennyvíziszap-komposzttal történő kezelés talajtani hatásainak vizsgálatára átlagmintákat gyűjtöttünk 2018 márciusában az újkígyósi hat, egyenként 2500 m²-es (50×50 m) mintatér feltalajából (0-30 cm) és altalajából (30-60 cm). Mindegyik mintatérből 20-25 db egyenletesen elosztott pontban vettünk mintát kézi talajfúróval, és összekevertük az azonos mélységből vett pontmintákat egy átlagminta előállításához. Ezenkívül a talajvízig mélyített fúrásokból (2,5-3 m) vettünk talajvízmintákat a vizsgálati terület három pontjában (egyiket komposzttal kezelt mintatérben, kettőt kontroll területről) az oldott tápanyag és a nehézfém-koncentrációk vizsgálata céljából.

A talaj pH-ját és szervesanyag-tartalmát a vonatkozó magyar szabványok alapján mértük meg. A pH-t WTW inoLab 720p pH-mérővel határoztuk meg 1:2,5 arányú talaj – desztillált víz arányban elkészített talajszuszpenzióban (MSZ-08-0206-2:1978). A szervesanyag-tartalmat spektrofotométerrel (UNICAM Helios Gamma UV-VIS, Thermo Scientific) mértük a szervesanyag-tartalom kénsavas közegben 0,33 M

$K_2Cr_2O_7$ -tal végzett oxidációját követően (MSZ 21470–52:1983). A könnyen oldható P_2O_5 és a K_2O makrotápanyagokat ammónium-laktát alkalmazásával, míg a nitrogénformákat ($NO_2^- + NO_3^-$ -N) KCl-oldattal tártuk fel a talajmintákban. Ezután a tápanyagtartalmat FIA spektrométerrel (FIA STAR 5000, Foss) határoztuk meg. A teljes toxikus fémtartalom (Cu, Zn, Co, Ni, Cr és Pb) mérése előtt a talajmintákat laboratóriumban 24 órán át $105^\circ C$ -on kiszárítottuk, majd golyós malomban porítottuk őket. A porított talajminták (0,5 g) teljes fémtartalmát 7 ml királyvízben (sósav:salétromsav = 3:1) tártuk fel zárt teflon edényekben mikrohullámú roncsolót alkalmazva (Multiwave 3000, Anton Paar). A felszín alatti vízmintákat $0,45 \mu m$ -es cellulóz-acetát szűrőmembránokon szűrtük át. A feltárt talaj- és szűrt vízminták fémkoncentrációit itrium belső standard hozzáadásával mértük, induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométerrel (Optima 7000 DV, Perkin Elmer).

A talajadatok statisztikai elemzéséhez a nem paraméteres Mann-Whitney U tesztet alkalmaztuk, hogy összehasonlítsuk a kapott adatok megoszlását a komposzttal kezelt ($n = 10$) és a kontroll talajok ($n = 6$) ($p < 0,05$) között az SPSS szoftver segítségével. (IBM SPSS Statistics, 24. verzió).

Eredmények és megvitatásuk

A CO_2 mérési eredményeket – a fals adatok kiszűrése után – mintaterületenként és kezelt, illetve kezeletlen bontásban is a 2. táblázatban foglaltuk össze.

2. táblázat. A 2019-ben mért CO_2 -respirációk átlagértékei

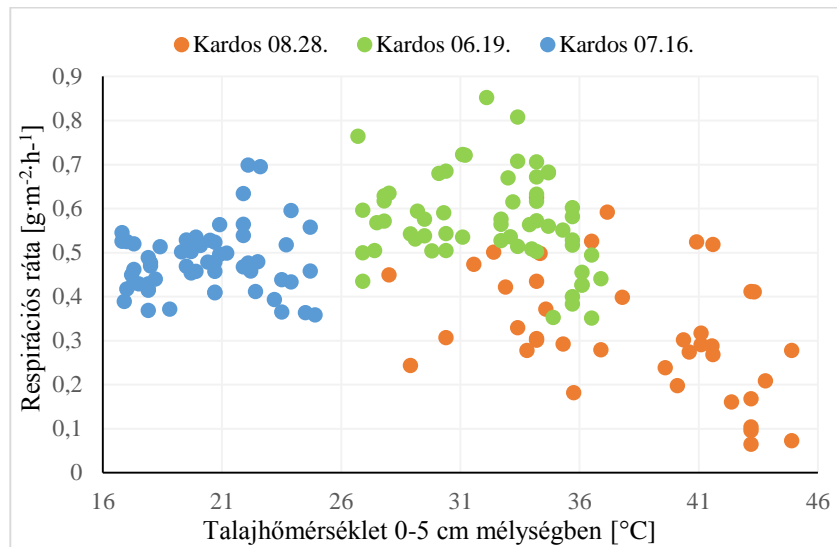
Table 2 Averages of measured CO_2 respiration in 2019

Parcella	Átlagos CO_2 -respiráció ($g \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$)	Mérések száma	Min/Max	Szórás
Újkígyós – kezelt	0,930	47	0,566/1,586	0,244
Újkígyós – kontroll	0,803	38	0,467/1,489	0,229
Kardos – kezelt	0,529	59	0,369/0,853	0,095
Kardos –kontroll	0,532	59	0,351/0,808	0,107

Az adatok nagy szórása mögött az áll, hogy a mérések változatos körülmények között történtek: a talajnedvesség és a talajhőmérséklet széles skáláján, illetve különböző vegetációs állapotban – néhány cm-es búza alatt, aratás előtt és után, valamint gyomos tarlón. Bár törekedtünk arra, hogy ugyanazon mintaterületen egy napon végezzük a méréseket mind a kezelt, mind a kezeletlen parcellákon, a mért adatok egyértelműen rávilágítanak arra, hogy a talajhőmérséklet és a talajnedvesség napi ritmusa nagyobb hatással van a CO_2 respirációra, mint a szennyvíziszapos kezelés. A talajnedvesség és a talajhőmérséklet rendkívül jelentős szerepére számos szakirodalom is felhívja a figyelmet (pl. Oh et al. 2005; Doetterl 2016; Tóth et al. 2008; Kovács 2014).

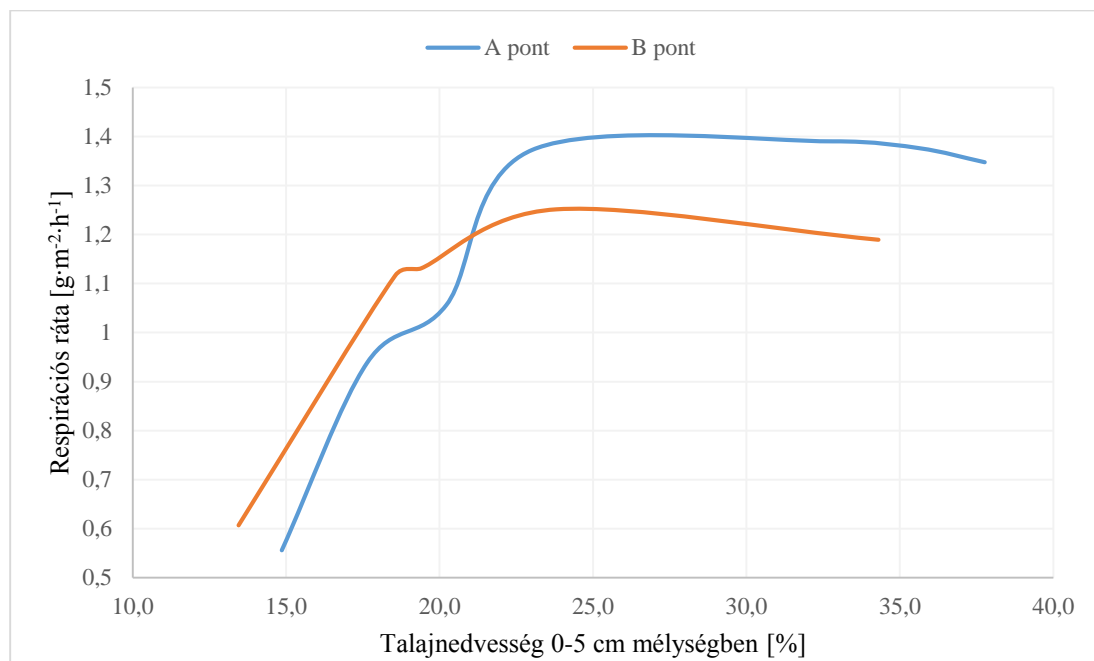
Az összesített adatok mellett a kardosi mintaterület utolsó három mérési kampányának adataival jól szemléltethetjük a talajhőmérséklet szerepét a respirációban (3.

ábra). A talaj biológiai aktivitása kb. 30 °C-on a legnagyobb, és további melegedés hatására már csökkenni fog.



3. ábra. Három különböző napon mért respirációs ráta a talajhőmérséklet függvényében Kardoson
Figure 3. Respiration rates in function of soil temperatures on three different days, near Kardos

A talajnedvesség szerepét egy beöntözési kísérlettel sikerült megerősíteni. A különböző nedvességi állapotokban két egymás melletti parcellán párhuzamosan mért CO₂ respiráció értékét a 4. ábra mutatja. A szántóföldi vízkapacitásig növekvő talajnedvesség egyértelműen a CO₂ fluxus növekedését eredményezi. A szántóföldi vízkapacitás (25-30 v/v%) felett már a pórusokból kiszoruló levegő jelenti a legfőbb limitet, és az eredmények azt is jól mutatják, hogy a maximális vízkapacitás felé haladva a káros víztöbblet már gátolni fogja a biológiai aktivitást, csökken a respiráció (Tóth 2019).

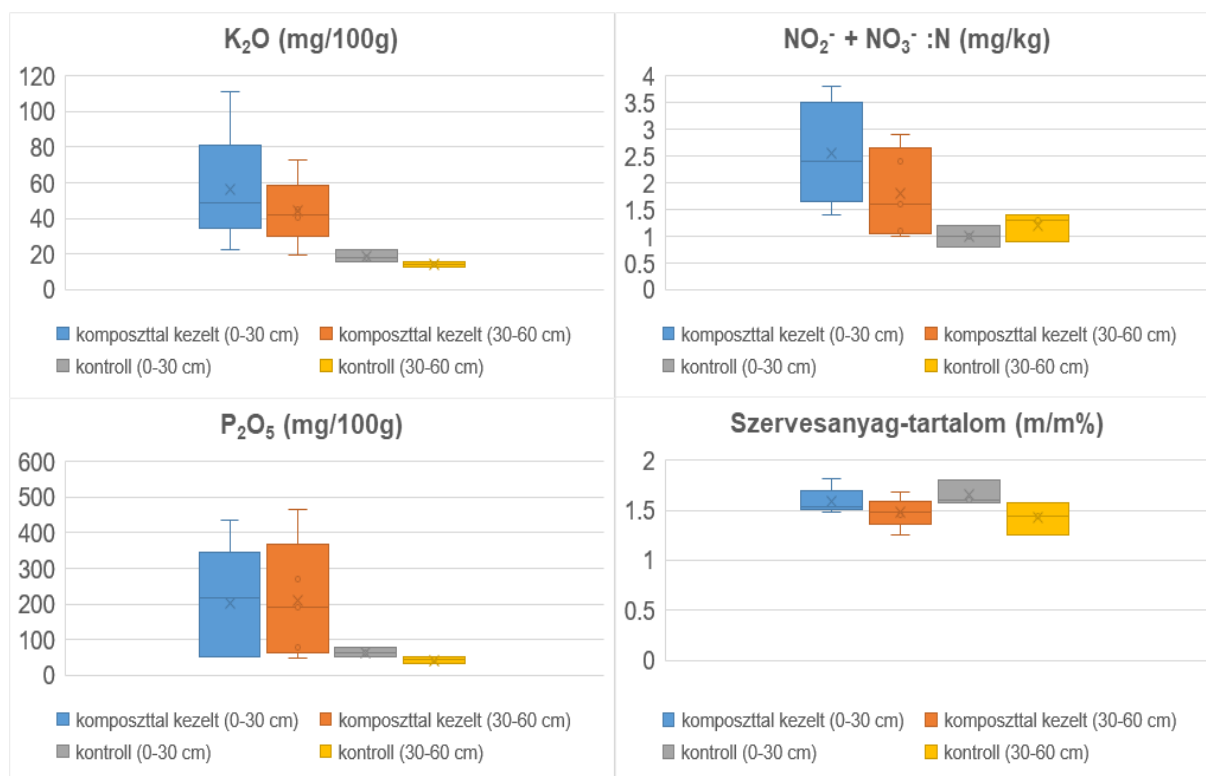


4. ábra. A respirációs ráta változása a talajnedvesség függvényében a beöntözési kísérlet alatt
Figure 4. Respiration rates as a function of soil moisture during the irrigating experiment

Összegzésként elmondható, hogy a szennyvíziszap-kihelyezés CO₂-kibocsátásra gyakorolt hatását nem sikerült igazolni egyik mintaterületen sem. Ennek hátterében vélhetően az alacsony kihelyezési dózisok állnak, illetve az, hogy a talajnedvesség és a talajhőmérséklet hatásánál legalább egy nagyságrenddel kisebb a komposzt által okozott változás. Ugyanakkor a mérési eredményekkel nemcsak sikerült alátámasztani a talaj CO₂-kibocsátása, valamint a talajnedvesség és talajhőmérséklet közötti szoros korrelációt, hanem annak optimumait is sikerült meghatározni: talajnedvesség esetén a szántóföldi vízkapacitás, talajhőmérsékletnél pedig körülbelül 30 °C.

A kezelések miatti hatás kimutatása csak akkor lehetséges, ha nemcsak a mérési módszert standardizáljuk, hanem a mérés körülményeit is, azaz ugyanazon napszakban, azonos hőmérsékleti és nedvességviszonyok között – lehetőleg két műszerrel, párhuzamosan – végezzük a méréseket.

Az újkígyósi talajokra semleges vagy enyhén lúgos kémhatás (pH_{av}: 7,0-8,1), kis és közepes szervesanyag-tartalom (1,53-2,55%), alacsony karbonát-tartalom (0,14-3,56%) és homokos vályog textúra jellemző. A P₂O₅, K₂O és NO₂+NO₃-N tápanyagok megnövekedett szintje figyelhető meg a komposzttal kezelt talajban a kontroll területhez képest (5. ábra). A kezelt talajokban észlelt szignifikánsan magasabb N-, P- és K-tápanyagmennyiség azzal magyarázható, hogy a mikroorganizmusok lassú bomlási folyamatok által szervesetlen formává alakítják át a komposzt tápanyag-tartalmát, amely ezáltal biológiailag hozzáférhető makrotápanyagokat szolgáltat a kultúrnövények számára (Diacono és Montemurro 2011). A talajvízben mind a kezelt, mind a kontroll területek alatt megemelkedett nitrát- és ammónium-koncentrációt észleltünk, amelyek meghaladták a környezetminőségi határértékeket (6/2009. (IV. 14.) együttes rendelet, 3. táblázat). Azonban kiemelendő, hogy a szennyvíziszap-komposzt kihelyezés által érintett mintatér alatt alacsonyabb oldott nitrát-koncentráció figyelhető meg a műtrágyázott kontroll területekhez képest. A talaj szervesanyag-tartalmának növekedése nem mutatható ki a komposzttal kezelt területen (5. ábra). Az alkalmazott alacsony komposzt dózis (max. 35 m³/ha/év) és a rövid kezelési időszak magyarázhatja a szervesanyag-tartalom hasonlóságát a komposzttal kezelt és a kontroll talajok között.



5. ábra. A felvehető tápanyagok (K₂O, NO₂⁻+ NO₃⁻-N, P₂O₅) és a szervesanyag-tartalom a komposztal kezelt és a kontroll terület talajaiban

Figure 5. The extractable nutrient (K₂O, NO₂⁻+ NO₃⁻-N, P₂O₅) and organic matter contents in the compost-amended and the control soils

3. táblázat. Az oldott tápanyag- és toxikus elemtartalom a talajvízben a szennyvíziszap-komposztal kezelt, illetve a kontroll terület alatt. A megadott határértékek a 6/2009. (IV. 14) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet szerint a felszín alatti vizekre vonatkozó szennyezettségi határértékek

Table 3. The dissolved nutrient concentrations and heavy metals in groundwater samples (GW) from compost-treated and control areas. The Hungarian standards for groundwater quality (Joint Decree No. 6/2009. [IV. 14.] KvVM-EüM-FVM) are also displayed

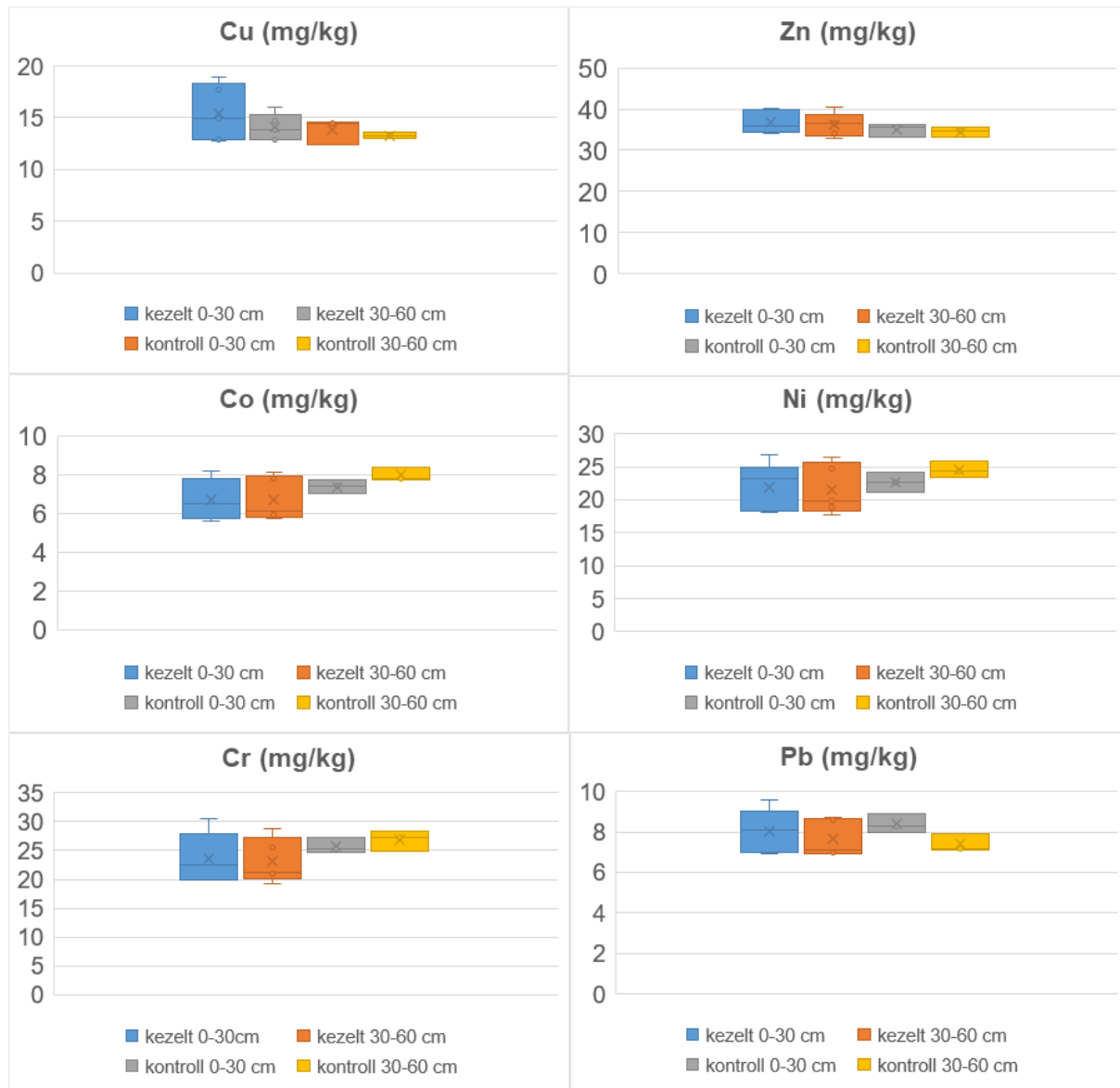
	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	PO ₄ ³⁻ (mg/l)	Zn (µg/l)	Pb (µg/l)	Co (µg/l)	Ni (µg/l)	Cr (µg/l)	Cu (µg/l)
1FAV – kezelt	92	0,4	2,2	<0,18	20,9	<5,0	<10	24,4	<10	11,4
2FAV – kontroll	312	<0,16	0,8	0,22	1	<5,0	<10	5,5	<10	1,9
3FAV – kontroll	112	<0,16	<0,25	<0,18	3,6	<5,0	<10	4,3	<10	<1,0
Határérték	50	0,5	0,5	0,5	200	10	20	20	50	200

A kezelt és kontroll talajok összes Cu, Zn, Co, Ni, Cr és Pb tartalmát a 6. ábra mutatja. Megfigyeléseink szerint úgy tűnik, hogy rövidtávon (két egymást követő komposzt-kihelyezés hatására) nem figyelhető meg statisztikailag szignifikáns fémdúsulás a komposztal kezelt talajban egyik vizsgált fém esetében sem. A kezelt talaj Cu- és Zn- tartalmának kismértékű (de nem jelentős) növekedése észlelhető a

felső 30 cm-ben. A szennyvíziszap-komposztban 5-15-ször nagyobb koncentrációban van jelen a Cu és a Zn, mint a talajban (1. táblázat, 6. ábra). Hosszabb távon ezért jelentős Cu- és Zn-felhalmozódás várható a hasonlóan magas Cu és Zn koncentrációt mutató szennyvíziszap-komposztok ismételt alkalmazásával érintett talajban. A kissé megemelkedett Cu- és Zn-tartalmak könnyen oldható hányadát érdemes lenne megvizsgálni a jövőben, ugyanis korábbi kutatások kimutatták, hogy a szennyvíziszapokkal kezelt talajokban a hozzáadott fémek nagyobb mobilitást és növényi hozzáférhetőséget mutathatnak (Pinamonti et al. 1997).

A komposztból származó fémek feltételezhetően nagyobb oldhatóságát a komposzttal kezelt terület felszín alatti vízmintájában megfigyelt megnövekedett Zn, Cu és Ni koncentrációk igazolják (3. táblázat). Ezért a szennyvíziszap-komposztok rendszeres mezőgazdasági alkalmazását gondosan meg kell tervezni, elkerülve a potenciálisan toxikus fémek felhalmozódását és talajvízbe mosódását. A szennyvíziszap-komposzt alkalmazásával biológiailag hozzáférhető tápanyagok, de könnyen oldható fémszennyezők is bekerülhetnek a talajokba, amelyek a talaj mikrobiológiai életére is hatással lehetnek (Farsang et al. 2020).

Az olyan szerves trágyák, mint a települési szennyvíziszap-komposztok, befolyásolják a talaj összetételét, ezáltal pedig hatással lehetnek azok biológiai, kémiai és fizikai tulajdonságaira. Jelen tanulmányban megmutattuk, hogy a települési szennyvíziszap-komposztok alacsony dózisú alkalmazása javította a talaj tápanyag-ellátottságát a makrotápanyagokban (N, K, P) gazdag lassan lebomló szerves anyag talajba juttatásával anélkül, hogy túlzott nitrát-kimosódás jelentkezett volna a talajvízbe. A települési szennyvíziszap-komposzt alacsony dózisú alkalmazása környezetvédelmi szempontból megfelelő mezőgazdasági gyakorlatnak tűnik, amely makrotápanyagokkal látja el a talajt, míg a nehézfém-szennyezés odafigyeléssel alacsonyan tartható.



6. ábra. Az összes toxikus elemtartalom a komposzttal kezelt és a kontroll terület talajaiban
 Figure 6. The total heavy metal contents in the compost-amended and the control soils

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet szeretnénk mondani Farkas Mihálynak és Domokos Zoltánnak, hogy a kihelyező területek rendelkezésre bocsátásával lehetőséget biztosítottak vizsgálataink elvégzéséhez.

A kutatást a „Fenntartható Nyersanyag-gazdálkodás Tematikus Hálózat – RING2017” projekt finanszírozta (programkód: EFOP-3.6.2-16-201700010).

Irodalom

- 50/2001. (IV. 3.) Kormányrendelet a szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályairól.
- 6/2009. (IV. 14) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet a földtani közeg és a felszín alatti víz szennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről.
- Abubakari, M., Moomin, A., Nyarko, G., Dawuda, M.M. 2017: Heavy metals concentrations and risk assessment of roselle and jute mallow cultivated with three compost types. *Annals of Agricultural Sciences* 62(2): 145–150. DOI: [10.1016/j.aogas.2017.11.001](https://doi.org/10.1016/j.aogas.2017.11.001)
- Anda A. 2016: Mezőgazdaság: fő tényező a globális felmelegedésben? *Agrárium* 6–7: 79–81.
- Diacono, M., Montemurro, F. 2011: Long-Term Effects of Organic Amendments on Soil Fertility. In: Lichtfouse E., Hamelin M., Navarrete M., Debaeke P. (eds): *Sustainable Agriculture Volume 2*. Springer, Dordrecht. DOI: [10.1007/978-94-007-0394-0_34](https://doi.org/10.1007/978-94-007-0394-0_34)
- Doetterl, S., Berhe, A. A., Nadeu, E., Wang, Z., Sommer, M., Fiener, P. 2016: Erosion, deposition and soil carbon: A review of process-level controls, experimental tools and models to address C cycling in dynamic landscapes. *Earth-Science Reviews* 154: 102–122. DOI: [10.1016/j.earscirev.2015.12.005](https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2015.12.005)
- Kovács Gy. 2014: Mezőgazdasági hasznosítású talajok szén-dioxid-emissziójának vizsgálata Karcag térségében. Doktori disszertáció, Debrecen. p. 144.
- McGrath, S.P., Zhao, F.J., Dunham, S.J., Crosland, A.R., Coleman, K. 2000: Long-Term Changes in the Extractability and Bioavailability of Zinc and Cadmium after Sludge Application. *Journal of Environmental Quality* 29(3): 875–883. DOI: [10.2134/jeq2000.00472425002900030025x](https://doi.org/10.2134/jeq2000.00472425002900030025x)
- MSZ-08-0206-2 1978: A talaj egyes kémiai tulajdonságainak vizsgálata. Laboratóriumi vizsgálatok (pH-érték, szódában kifejezett fenolftalein lúgosság, vízben oldható összes só, hidrolitos (γ_1 -érték) és kicserélődési aciditás (γ_2 -érték)). Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Minisztérium, Budapest. p. 12.
- MSZ 21470-52 1983: Környezetvédelmi talajvizsgálatok. Talajok szervesanyag-tartalmának meghatározása. Magyar Szabványügyi Hivatal, Budapest. p. 12.
- Oh, N.H., Kim, H.S., Richter, D.D 2005: What Regulates Soil CO₂ Concentrations? A Modeling Approach to CO₂ Diffusion in Deep Soil Profiles. *Environmental Engineering Science* 22(1): 38–45. DOI: [10.1089/ees.2005.22.38](https://doi.org/10.1089/ees.2005.22.38)
- Pinamonti, F., Stringari, G., Gasperi, F., Zorzi, G. 1997: The use of compost: its effects on heavy metal levels in soil and plants. *Resources, Conservation and Recycling* 21(2): 129–143. DOI: [10.1016/S0921-3449\(97\)00032-3](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(97)00032-3)
- PP SysteMS 2018: EGM-5 Portable CO₂ Gas Analyzer Operation Manual. PP Systems, Amesbury. p. 129.
- Qi, G., Jia, Y., Liu, W., Wei, Y., Du, B., Fang, W., Guo, Y., Guo, F., Wu, Y., Zou, Q., Liu, J. 2020: Leaching behavior and potential ecological risk of heavy metals in Southwestern China soils applied with sewage sludge compost under acid precipitation based on lysimeter trials. *Chemosphere* 249: 126212. DOI: [10.1016/j.chemosphere.2020.126212](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126212)
- Tóth E., Koós S., Farkas Cs. 2008: A talaj szén-dioxid emissziója és nedvességtartalma közötti kapcsolat vizsgálata talajművelési tartamkísérletben. In: Simon L. (szerk.): *Talajvédelem különszám*. Talaj-tani Vándorgyűlés, Nyíregyháza. 175–184.
- Tóth, M., Fekete, I., Barta, K., Farsang, A. 2020: Measurement of soil CO₂ respiration on arable land treated by sewage sludge compost. *Geosciences and Engineering* 8(12): 305–311. URL: https://ring2017.uni-miskolc.hu/files/12661/Ring_Special_Issue_of_Geosciences_and_Engineering.pdf

EFFECTS OF SEWAGE SLUDGE COMPOST APPLICATIONS ON THE SOIL CO₂-RESPIRATION, THE NUTRIENT AND HEAVY METAL CONTENT OF CHERNOZEM SOILS

K. BARTA, I. BABCSÁNYI, A. FARSANG, M. TÓTH, I. FEKETE, Zs. LADÁNYI,
K. T. CSÁNYI

University of Szeged, Department of Geoinformatics, Physical and Environmental Geography
H-6720 Szeged, Egyetem u. 2. e-mail: barta@geo.u-szeged.hu

Keywords: agricultural treatment, soil respiration, toxic elements, fertilizing, soil quality

Sewage sludge contains organic matter, micro and macronutrients which are potentially useful for agricultural usage. Additionally, soil CO₂-respiration can improve and CO₂ can build into the soil which decreases the atmospheric carbon dioxide. However, it can be harmful when containing undesirable amounts of organic pollutants and heavy metals. Our study focused on examining the soil CO₂-respiration, the changes in the extractable nutrient, organic matter and heavy metal contents of a chernozem soil as a consequence of low-dose municipal sewage sludge compost applications (2,5-35 m³/ha/year). Sampling and measurement campaigns were done in 2018 and 2019 near Újkígyós and Kardos (SE-Hungary) during which composite soil samples (0-30 cm and 30-60 cm) and groundwater samples were collected for assessing changes in the nutrient and heavy metal concentrations (in Újkígyós) as a result of compost amendments' use and CO₂-respiration were measured 5 times both in Újkígyós and Kardos. Soil samples were analyzed for the basic pedological parameters (pH, organic matter, carbonates and texture), nutrients (K₂O, P₂O₅, N-forms and organic matter) and heavy metal concentrations following standard extraction procedures. The results of the nutrient analyses show significantly increased soil-bound K₂O, P₂O₅ and NO₂+NO₃⁻ contents linked to the sewage sludge treatments. However, neither the organic matter nor the heavy metal content varied significantly in the sludge-amended soil compared to a control site. Similarly, there was no obvious evidence to verify the increasing CO₂ respiration after sewage sludge treatments on any study plots. Overall, these results convincingly demonstrated that amending soils with low doses of municipal sewage sludge composts (lacking any industrial sources) can be a sustainable fertilizing practice taking advantage of their high N, P and K contents that are slowly converted to their bioavailable forms thus preventing their excessive leaching in the groundwater. The applied doses were presumably too low for significant changes in soil CO₂ respiration.