

A szénkörforgalom néhány talaj-mikrobiológiai jellemzőinek összehasonlító értékelése

Mátyás Bence–Horváth Judit–Kátai János

Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,
Agrokémiai és Talajtani Intézet, Debrecen
matyasbence@agr.unideb.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

Kutatásaink során a szénforgalommal kapcsolatos talaj-mikrobiológiai paramétereket vizsgáljuk. Ebben a tanulmányban a széndioxid-emisszióban és a mikrobiális biomassza szén (MBC) értékekben bekövetkezett változásokat hasonlítjuk össze tavasszal és ősszel vett talaj-minták vizsgálati eredményei alapján. A Debrecen-Látóképi trágyázási tartamkísérlet beállítására 1983-ban került sor mészlepedékes csernozjom talajtípuson. Vizsgálataink során arra kerestük a választ, hogy a növekvő trágyaszintek hogyan befolyásolják a talaj széndioxid-termelését és a mikrobiális biomassza szén mennyiségét öntözetlen és öntözött körülmények között kukorica mono-, bi- és trikulturában. A kísérleti eredmények statisztikai értékeléséből arra a következtetésre jutottunk, hogy a mikrobiális aktivitás szempontjából a tavaszi és az őszi mintákban egyaránt a trikkultúra kezelése volt kedvezőbbek.

Kulcsszavak: talaj, műtrágyázás, talajlégzés, mikrobiális biomassza szén

SUMMARY

In our researches, we examine the soil microbial parameters related to the carbon cycle. In this study, we compare the changes of microbial biomass carbon (MBC) and the soil CO₂ production in soil samples which were taken in spring and autumn. The 30 years old long-term experiment of Debrecen-Látóképi is continued in our experiments. The long-term fertilization experiment was set in 1983, and our sample was taken in spring 2014. The examinations of soil respiration processes and factors that influence soil respiration are required in optimal management. In our study, we interested to know how the growing levels of fertilization influence the soil respiration and microbial biomass carbon under non-irrigated and irrigated conditions in maize mono, bi, and triculture.

Keywords: soil, fertilization, CO₂-production of soil, microbial biomass carbon

BEVEZETÉS

Hazánk természeti adottságainál fogva alapvetően mezőgazdasági jellegű ország, amelynek legjelentősebb kincse a termőföld. A talaj egyrészt a környezet része, másrészt a mezőgazdaság termelőeszköze. A környezet részeként, fogadja a földfelszínre érkező energia- és anyagáramlásokat, részben tárolja, részben átalakítja azokat, és termékenységevel alapot ad a növénytermesztésnek és mindazonok az agrotechnikai tényezőknél, amelyek a nagyobb termés elérését célozzák. Ezeknek a beavatkozásoknak mindegyike a talaj közreműködésével éri el hatását. Közben a talaj maga is változik, ezek a változások lehetnek időlegesek vagy tartósak, illetve kedvezőek, vagy kedvezőtlenek (Loch és Nosticius 1992).

A trágyázás célja a növények tápelem ellátása, a talajok termékenységének megőrzése, a termések szinten tartása vagy növelése, a termésminőség javítása (Loch és Nosticius 1992, Kádár et al. 2000).

Napjaink egyik legfontosabb célkitűzése a fenntartható gazdálkodás feltételeinek megteremtése (Sulyok 2007). A fenntartható gazdálkodás egyik alappillére Magyarországon, hogy a legfontosabb természeti erőforrásunkat képező talajkészleteinket ésszerűen hasznosítsuk, védjük, állapotukat megőrizzük, és sokoldalú funkcióképességüket fenntartsuk (Várallyay 2005). Hazánk természeti környezetének állapota, nemzetközi összehasonlításban kedvező és az elmúlt években – állami erőfeszítések nyomán – érezhetően tovább javult (Marselek 2006).

Az Európai Unió fenntartható, többfunkciós mezőgazdasági modelljében meghatározóvá váltak a világkereskedelemben való igazodás mellett a környezet-, és a tájvédelmi célok integrálását elősegítő támogatási rendszerek (Magyarországon a Nemzeti Agrár-környezetvédelmi Program keretében) (Juhos 2014).

A környezetkímélő technológiákat alkalmazva próbáljuk megőrizni a talajok tápanyag készletét, a talajok termékenységét a fenntartható gazdálkodás során (Várallyay és Németh 1996, Várallyay 2005). A gazdaságosság szempontjait is figyelembe véve, megállapítható, hogy a mai növénytermesztés a tápanyag-utánpótlásra használt műtrágyák alkalmazása nélkülözhetetlen. Ezzel együtt, nagy hangsúlyt kell fektetni az alkalmazott műtrágya dózisainak okszerű megválasztására (Németh 2006, Biró 2007, Csathó et al. 2007, Kátai et al. 2007, Balláné et al. 2008, Jakab et al. 2012.).

A trágyázási tartamkísérletek világviszonylatban bizonyítják közvetlen és közvetett, valamint pozitív és negatív hatásait a talaj tulajdonságaira, a talaj mikroorganizmusok aktivitására és a természetű növények fejlődésére (Kádár et al. 2000, Kautz et al. 2004, Li Xin et al. 2005, Kátai 2006, Truu et al. 2008, Janusauskaite et al. 2013).

A kukoricának Magyarországon is kiemelkedően fontos szerepet tulajdonítanak a növénytermesztésben. A humán táplálkozásban nélkülözhetetlen, kitűnő takarmány, gazdaságosan előállítható energiaforrás és ipari alapanyag (Nagy 2007).

A talaj mikrobiális aktivitásának mérésével már számos kutató foglalkozott. Ezzel összefüggésben elsősorban a talajok széndioxid termelését (Gupta és Singh 1981, Varga et al. 2005, Zsuposné 2005) mérték. A kísérleti eredmények azt bizonyították, hogy talaj biológiai aktivitása és a talajlégzés között összefüggés van. A mikroorganizmusok mennyiségének csökkenésével magyarázta Higashida és Nishimune (1988) a korlátozott széndioxid termelést a talajok mélyebb rétegében. Gupta és Singh (1981) vizsgálatai szerint a baktériumok és a mikroszkopikus gombák nagy szerepet játszanak a széndioxid felszabadításában, mely elsősorban a szerves anyagok lebontása során keletkezik.

Napjainkban jelentős tudományos érdeklődés kíséri a talaj szénkészletének változásait a klímaváltozással kapcsolatosan, valamint a talaj CO₂ kibocsátását és annak körülményeit. Az optimális kezelések alkalmazásához nélkülözhetetlen a talajlégzés folyamatainak megismerése, és a talajlégzést befolyásoló tényezők vizsgálata (Tóth et al. 2014). A műtrágyahasználat hatással van az ökoszisztémák anyagforgalmára, a nagyobb biomassza, nagyobb növényi maradvány képződésére, amely befolyásolja humifikációt és a minerali-

zációt, valamint a talaj C-megkötésének arányát és mértékét (Rochette és Gregorich 1998).

A talaj respiráció és a mikrobiális biomassza szén (MBC) vizsgálata fontos közvetett vizsgálatok közé tartoznak a talaj szénforgalmának vizsgálata során (Masto et al. 2006).

Munkánkban a 2014 tavaszán és őszén végzett vizsgálatok eredményeiről kívánunk beszámolni.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Kísérleteinkben a talaj szénforgalmának befolyásoló két fontos talaj mikrobiológiai jellemzőt, a széndioxid termelést és a mikrobiális biomassza szén értékeit mutatjuk be. Látóképi tartamkísérletben, kukorica mono-, bi- és trikulturára öntözött és öntözetlen (mészlepedékes csernozjom talajtípus) kezeléseit tanulmányoztuk. A trágyaszintek az alábbiak voltak: kontroll, kis (N₆₀ P₄₅ K₄₅), kis-közepes (N₁₂₀ P₉₀ K₉₀), közepes-nagy (N₁₈₀ P₁₃₅ K₁₃₅) és nagy (N₂₄₀ P₁₈₀ K₁₈₀) dózisok (1. táblázat). A bikultúrában a búza és a kukorica váltja egymást. A trikulturában az alábbi növényi sorrendet alkalmazták: borsó, búza, kukorica.

1. táblázat

Műtrágyadózisok jelölése a különböző kultúrákban

	Dózis(1)	Megnevezés(2)	Monokultúra(3)	Bikultúra(4)	Trikultúra(5)
Öntözetlen(7)	Kontroll(8)	-	1	11	21
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	kis(9)	2	12	22
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	kis-közepes(10)	3	13	23
	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	közepes-nagy(11)	4	14	24
	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	nagy(12)	5	15	25
Öntözött(6)	Kontroll(8)	-	6	16	26
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	kis(9)	7	17	27
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	kis-közepes(10)	8	18	28
	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	közepes-nagy(11)	9	19	29
	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	nagy(12)	10	20	30

Table 1: Labels of fertilizer doses in different cultures

Dose(1), Name(2), Monoculture(3), Biculture(4), Triculture(5), Irrigated(6), Non irrigated (7), Control(8), Small(9), Small-medium(10), Medium-high(11), Large(12)

A vizsgált talajok mikrobiológiai aktivitásának meghatározására mértük a talajok széndioxid-emisszióját Witkamp (1966) módszere szerint, a talaj mikrobiális biomassza-C tartalmát kloroform fumigációs-extrakciós eljárással (Vance et al. 1987) (2. táblázat).

Statisztikai elemzést készítettünk az eredmények értékelése során. Összehasonlítottuk a kontrollhoz képest az egyes kezelések hatását, illetve megvizsgáltuk az egyes kezelések hatása közötti különbségeket, melyeknek hatása szignifikánsnak bizonyult 95%-os valószínűségi szinten. Az eredmények statisztikai értékeléséhez SPSS 13.0 for Windows és Microsoft Office Excel 2007 programokat használtunk.

EREDMÉNYEK

A különböző műtrágyakezelések, a vetésváltás, és az öntözés a talajlégzésre és a mikrobiális biomassza szénmennyiségére gyakorolt hatásait ismertetjük a következőkben.

2. táblázat

A talaj néhány fizikai és kémiai tulajdonsága

Paraméter(1)	Érték(2)
Leiszapolható rész (%) (3)	36,4
Higroszkóposság (hy) (4)	2,24
Arany-féle kötöttség (K _A) (5)	38
Nedvességtartalom (%) (2014) (6)	19–24
pH (H ₂ O)	6,71
pH (KCl)	5,63
Hidrolitos aciditás(7)	5,94
Szerves-C (%) (8)	1,4
Nitrát-N (mg/kg) (9)	7,4
AL-oldható P (P ₂ O ₅ mg/kg) (10)	48,6
AL-oldható K (K ₂ O mg/kg) (11)	222

Forrás: Kátai (2006)

Table 2: Some physical and chemical properties of the soil

Parameter(1), Value(2), Silt and clay fraction (%) (3), Hygroscopicity (hy) (4), Arany-type of plasticity limit (K_A) (5), Moisture content (%) (2014) (6), Hydrolytic acidity (7), Organic-C (8), Nitrate-N (9), AL-soluble P (P₂O₅ mg kg⁻¹) (10), AL-soluble K (K₂O mg kg⁻¹) (11), Source: Kátai (2006)

Eredményeinkben beszámolunk tavaszi és őszi talajminták vizsgálati eredményei alapján a(z):

- különböző trágyadózisok és a talaj széndioxid-emisszió összefüggéséről,
- öntözés hatásáról a talaj széndioxid-produkcióra,
- különböző trágyadózisok és a mikrobiális biomassza szén mennyiségének összefüggéséről,
- öntözés hatásáról a talaj mikrobiális biomassza szén mennyiségére,
- talajlégzés és mikrobiális biomassza szén összefüggéséről.

A talajlégzés eredményeinek értékelése

A talaj mikrobiológiai aktivitásának mérésének egyik eszköze a talajlégzés vizsgálata, amely a talajban lévő szerves anyagok lebontásának intenzitását jelzi. A talaj mikrobiológiai aktivitását a talajban élő mikroorganizmusok élettevékenysége határozza meg. Minél intenzívebb az élő szervezetek működése, annál nagyobb a talaj biológiai aktivitása.

A tavaszi minták esetében a kezelések hatására növekszik a talajlégzés intenzitása, azonban statisztikailag ez nem támasztható alá (1. ábra).

1. ábra: A különböző műtrágyadózisok hatása a talaj széndioxid-emissziójára ($\text{mg CO}_2 \times 100 \text{ g}^{-1} \times 10 \text{ nap}^{-1}$)

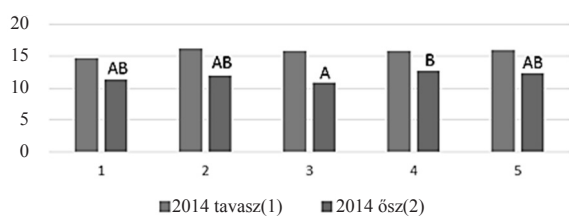


Figure 1: Effect of different fertilizer doses on soil carbon-dioxide emission ($\text{mg CO}_2 \times 100 \text{ g}^{-1} \times 10 \text{ day}^{-1}$)
Spring(1), Autumn(2)

Az őszi minták vizsgálati eredményei változó képet mutatnak. Egyedül a közepes-nagy dózisonál figyelhető meg szignifikáns növekedés a talaj CO_2 kibocsátásban a kis-közepes dózishoz képest. A kis-közepes, a közepes nagy és a nagy dózisoknál intenzívebb széndioxid-emisszió figyelhető meg a kontrollhoz képest, szignifikáns különbség azonban nem mutatható ki. A kis-közepes dózis pedig csökkentette a talaj széndioxid-termelését, viszont itt sem figyelhető meg statisztikailag igazolható különbség.

A tavaszi és az őszi minták kísérleti eredményei tendenciájukban hasonlóak, habár a széndioxid-termelésnél (2. ábra) az őszi minták esetében magasabb értékek figyelhetőek meg. Ez a nedvességtartalommal magyarázható, hiszen amíg a tavaszi mintáknál 19–21% nedvességtartalmat, addig az őszi mintáknál 21–24% nedvességtartalmat határoztunk meg. Mindkét évszakban vett talajminták nedvességtartalma optimálisnak tekinthető. Az öntözés nem befolyásolta szignifikánsan a talajlégzést.

A mikrobiális biomassza szén (MBC) eredményeinek értékelése

A tavaszi minták vizsgálati eredményeinek értékelése alapján megállapítható, hogy talaj mikrobiális biomassza szén tartalmát a trágyakezelések szignifikánsan befolyásolták. A kis-közepes, és a közepes-nagy dózisú kezelésekben mért MBC értéke szignifikánsan növekedett a kontrollhoz képest. A közepes-nagy dózis szignifikáns eltérést mutat a kis-közepes kezeléstől (3. ábra). Az őszi minták vizsgálati eredményeinek értékelése alapján megállapítható, hogy a kontrollhoz képest szignifikánsan növekedtek a kis-közepes, a közepes-nagy és nagy dózisú kezelések hatására az MBC értékei.

2. ábra: A különböző trágyakezelések, a vetésváltás és az öntözés hatása a talaj-respirációra ($\text{mg CO}_2 \times 100 \text{ g}^{-1} \times 10 \text{ nap}^{-1}$)

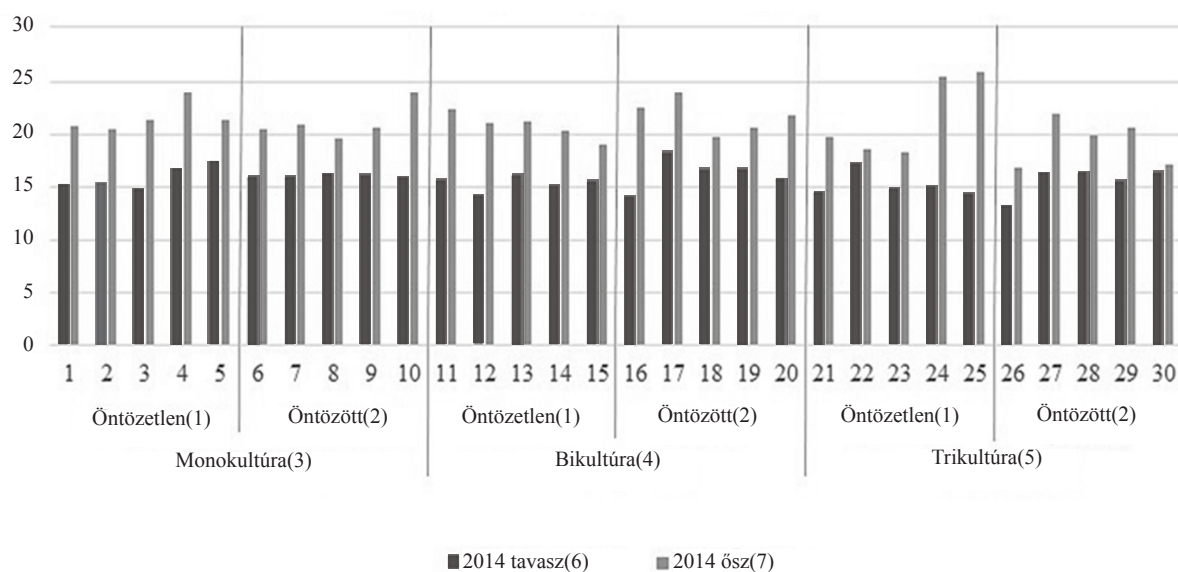


Figure 2: Effect of different fertilizer doses, crop rotation and irrigation on soil-respiration ($\text{mg CO}_2 \times 100 \text{ g}^{-1} \times 10 \text{ day}^{-1}$)
Non-irrigated(1), Irrigated(2), Monoculture(3), Biculture(4), Triculture(5), Spring(6), Autumn(7)

3. ábra: A különböző trágyakezelések hatása a talaj mikrobiális biomassza szén tartalmára ($C_{mic} \mu g \times g^{-1}$)

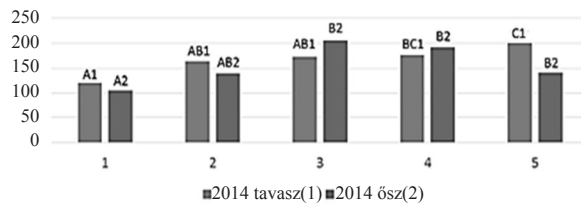


Figure 3: Effect of different fertilizer doses on soil microbial biomass carbon ($C_{mic} \mu g \times g^{-1}$)
Spring(1), Autumn(2)

A vetésváltás az őszi minták esetében a kis dózisu műtrágya mutatott szignifikáns eltérést a kontrollhoz képest. A tavaszi minták vizsgálati eredményeiben nem mutatható ki a vetésváltás szignifikáns hatása (4. ábra).

A tavaszi és őszi minták mikrobiális biomassza szénre vonatkozó vizsgálati eredményei hasonló tendenciát mutatnak. A kontrollhoz képest minden kezelés növelte a talaj mikrobiális biomassza szén mennyiségét. A tavaszi minták vizsgálati eredményei azonban több szignifikáns eltérést mutatnak.

Az őszi minták többségében magasabb MBC értéket mértünk, ami a nagyobb nedvességtartalomra vezethető vissza. Az optimális életfeltételek kedveznek a mikrobiológiai aktivitásnak. Az őszi minták vizsgálati eredményei alapján megállapítható, hogy az öntözés szignifikáns hatással volt a mikrobiális biomassza-C tartalmára (5. ábra).

Statisztikai vizsgálatok eredményeként megállapítható, hogy van szignifikáns különbség az öntözetlen és öntözött kezelések között az őszi és a tavaszi minták vizsgálati eredményeiben egyaránt. A széndioxid-emissziótól eltérően, a MBC értékei az öntözött parcellákban csökkentek.

4. ábra: A különböző trágyakezelések, a vetésváltás és az öntözés hatása a talaj mikrobiális biomassza szén tartalmára ($C_{mic} \mu g \times g^{-1}$)

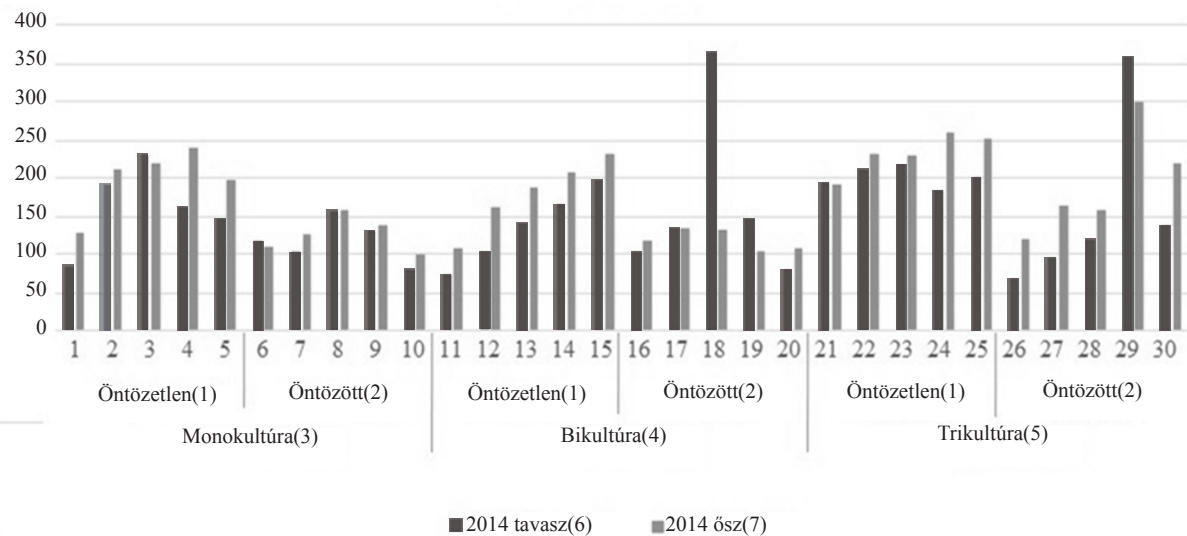


Figure 4: Effect of different fertilizer doses, crop rotation and irrigation on soil microbial biomass carbon ($C_{mic} \mu g \times g^{-1}$)
Non-irrigated(1), Irrigated(2), Monoculture(3), Biculture(4), Triculture(5), Spring(6), Autumn(7)

5. ábra: Az öntözés hatása a mikrobiális biomassza szén mennyiségére ($C_{mic} \mu g \times g^{-1}$)

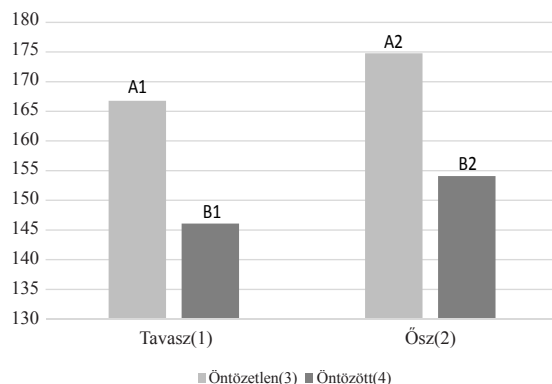


Figure 5: The effect of irrigation on microbial biomass carbon ($C_{mic} \mu g \times g^{-1}$)
Spring(1), Autumn(2), Non-irrigated(3), Irrigated(4)

A széndioxid emisszió és a mikrobiális biomassza szén együttes értékelése

Statisztikai értékelést készítettünk Pearson-féle korreláció analízissel. Vizsgáltunk a MBC és a CO_2 produkció közötti összefüggéseket átlageredmények, vetésváltás, öntözés, és évszak bontásban. Nem találtunk statisztikailag igazolható összefüggést, a MBC és CO_2 produkció értékei között.

KÖVETKEZTETÉSEK

Mindkét vizsgált évszakban (tavasszal, ősszel) egyaránt intenzív mikrobiológiai aktivitás figyelhető meg, ami a mikroorganizmusok számára kedvező életfeltételeknek tulajdonítható. Kísérleti eredményeinkből és azok statisztikai értékeléséből megállapítható, hogy a talaj CO_2 -emissziója mindhárom vetésváltásban nőtt a trágyakezelések hatására.

A talaj-respirációra leginkább a kis, és kis-közepes dózisok voltak kedvezőbb hatással az őszi és a tavaszi minták eredményei alapján egyaránt. Az őszi minták vizsgálati eredményei alapján csak a közepes-nagy dózisonál lehet szignifikáns növekedést kimutatni a talaj-légzésben. Az öntözés nem befolyásolta szignifikánsan a széndioxid emissziót.

A mikrobiális biomassza-C tartalom hasonló tendenciát mutatott a talajlégzés intenzitásával, a különböző vetésváltásban. Alacsonyabb mikrobiális biomassza-C értékeket a monokultúrában mértünk, a bi- és trikulturák blok-

kokban a növekvő trágyadózisok alkalmazásával tapasztaltunk mikrobiális biomassza-C növekedést.

A vizsgált néhány talajtulajdonság eredményei alapján kijelenthetjük, hogy a mikrobiális biomassza szén mennyisége szempontjából a trikulturás természetű volt kedvezőbb, hiszen nagyobb értékeket határoztunk meg ezekben a blokkokban a monokultúrához képest.

Az öntözés statisztikailag igazolhatóan pozitív hatással volt a szén-dioxid emisszióra, viszont szignifikánsan csökkentette a mikrobiális biomassza szén értékeit.

IRODALOM

- Balláné K. A.–Kremper R.–Vágó I.–Filep T. (2008): Az NH_4NO_3 és a *Phylazonit MC* baktériumtrágya hatása a talaj könnyen oldható nitrogén-, foszfor-, és káliumtartalmára. Talajvédelem különszám. 361–368.
- Biró B. (2007): Fitotechnológiák a fenntartható földhasználat és az élelmiszerbiztonság szolgálatában. Arbuszkuláris mikorrhiza termékek és alkalmazásuk a mezőgazdaságban. *Agrokémia és Talajtan*. 56. 1: 191–192.
- Csathó P.–Arendás T.–Fodor N.–Németh T. (2007): A legelterjedtebb hazai trágyázási szaktanácsadási rendszerek tesztelése szabadföldi kísérletekben. *Agrokémia és Talajtan*. 56. 1: 173–190.
- Gupta, S. R.–Singh, J. S. (1981): Soil respiration in a tropical grassland. *Soil Biol. and Biochemistry*. Oxford. 13. 4: 423–429.
- Higashida, S.–Hishimune, A. (1988): Factors affecting CO_2 evolution from the lower plow layer of grassland soil. *Soil Science and Plant Nutrition*. Tokyo. 34. 2: 203–213.
- Jakab, A.–Szabó, A.–Tállai, M.–Balla, K. A.–Kátai, J. (2012): On the effects of bacterial fertilization on the microbiological parameters of chernozem soil based on a pot experiment. *Analele Universității Oradea Fascicula Protecția Mediului*. Oradea. 18: 19–24.
- Janusauskaite, D.–Arlauskiene, A.–Maikieniene, S. (2013): Soil mineral nitrogen and microbial parameters as influenced by catch crops and straw management. *Zemdirbyste Agriculture*. 100. 1: 9–18.
- Juhos K. (2014): A mezőgazdasági földminősítés és földhasználati tervezés nemzetközi és hazai módszerei. *Földrajzi Közlemények*. 138. 2: 122–133.
- Kádár, I.–Koncz, J.–Gulyás, F. (2000): Effect of microelement loads on the composition of maize and the readily available soil nutrient content on a calcareous chernozem (In Hungarian). *Agrokémia és Talajtan*. 49: 205–220.
- Kátai, J. (2006): Changes in soil characteristics in a mono- and triculture long-term field experiment. *Agrokémia és Talajtan*. 55: 183–192.
- Kátai, J.–Tállai, M.–Lazányi, J.–Lukácsné, V. E.–Sándor, Zs. (2007): The effect of bentonite on specific soil parameters and microbial characteristics of the carbon cycle. Joint International Conference on Long-term Experiments. *Agricultural Research and Natural Resources*. Debrecen-Nyírlugos. 247–254.
- Kautz, T.–Wirth, S.–Ellemer, F. (2004): Microbial activity in a sandy arable soil is governed by the fertilization regime. *European Journal of Soil Biology*. 40: 87–94.
- Li Xin, Y.–Yu Wan, T.–Li Xiu, Z. (2005): Effect of different fertilization systems on soil microbe and its relation to soil fertility. *Scientia Agricultura Sinica*. 38: 1591–1599.
- Loch J.–Nosticzius Á. (1992): *Agrokémia és növényvédelmi kémia*. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Marselek S. (2006): Környezeti állapot, mezőgazdaság, fenntartható fejlődés. *Scientific Journal on Agricultural Economics*. Spec. Issue. 50: 15.
- Masto, R. E.–Chhonkar P. K.–Singh, D.–Patra, A. K. (2006): Changes in soil biological and biochemical characteristics in a long-term field trial on sub-tropical inceptisol. *Soil Biology and Biochemistry*. 38. 7: 1577–2582.
- Nagy J. (2007): *Kukoricatermesztés*. Akadémiai Kiadó. Budapest. 20–23.
- Németh, T. (2006): Nitrogen in the soil-plant system, nitrogen balances. *Cereal Res. Commun. Proceedings of the V. Alps-Adria Workshop*. Opatija. 34. 1: 61–65.
- Rochette, P.–Gregorich, E. G. (1998): Dynamics of soil microbial biomass C, soluble organic C and CO_2 evolution after three years of manure application. *Canadian Journal of Soil Science*. 78. 2: 283–290.
- Sulyok D. (2007): Leíró és döntéstámogató informatikai rendszerek (szoftverek) alkalmazásának előnyei és kihívásai a mezőgazdaságban *Agrárágazat*. 8. 4: 32–34.
- Tóth E.–Gelybó Gy.–Kása I.–Farkas Cs. (2014): A művelés hatása a talaj szén-dioxid kibocsátására II. A talaj vízpotenciál értéke és CO_2 emissziója közötti összefüggések vizsgálata laboratóriumi módszertani tesztelés során. *Agrokémia és Talajtan*. 299–310.
- Truu, M.–Truu, J.–Ivask, M. (2008): Soil microbiological and biochemical properties for assessing the effect of agricultural management practices in Estonian cultivated soil. *European Journal of Soil Biology*. 44. 2: 231–237.
- Várallyay Gy. (2005): A talaj és a víz. [In: Stefanovits P.–Michéli E. (szerk.) *A talajok jelentősége a 21. században*.] MTA Társadalomkutató Központ. Budapest. 61–64.
- Várallyay Gy.–Németh T. (1996): *A fenntartható mezőgazdaság talajtani-agrokémiai alapjai*. MTA Agrártudományok Osztálya Tájékoztatója. Akadémiai Kiadó. Budapest. 80–92.
- Varga, Cs.–Helmeci, B.–Buban, T. (2005): Effect of black polyethylene mulching on cellulose decomposition of sand soil. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Rzeszowskiego Seria Rolnicza Rrodukcja Roslinna 2. Zeszyt*. 27: 21–25.
- Vance, E. D.–Brookes, P. C.–Jenkinson, D. S. (1987): An extraction method for measuring soil microbial biomass-C. *Soil Biol. Biochem*. 19: 703–707.
- Witkamp, M. (1966): Decomposition of leaf litter in relation to environment microflora and microbial respiration. *Ecology*. 47: 194–201.
- Zsuposné Oláh, Á. (2005): The effect of cultivation methods on the decomposition of cellulose on meadow chernozem soil. *Cereal Res. Commun*. 33. 1: 341–343.

