

## **A talaj szén-dioxid emissziója és nedvességtartalma közötti kapcsolat vizsgálata talajművelési tartamkísérletben**

*Tóth Eszter – Koós Sándor – Farkas Csilla*  
MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet  
1022 Budapest, Herman Ottó utca 15.  
E-mail: teszter@rissac.hu

### **Összefoglalás**

A Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézetben 2003 óta folynak a talaj szén-dioxid kibocsátását meghatározó mérések. Kezdetben a helyszíni méréseket egy műtrágyázási tartamkísérletben végeztük, majd további mintaterületként egy talajművelési kísérletet is bevontunk a kutatásba. Mindamellet, hogy a terepi vizsgálatok drágák, idő- és munkaerő igényesek, számos más problémával is szembetaláltuk magunkat. Az időjárási körülmények (több héten át tartó esőzés, pangó víz a kísérleti területen) számos esetben akadályozták, illetve meghiusították a méréseket. További problémát jelentett az adatok feldolgozása során, hogy a feltalaj hőmérsékletének inkubációs idő alatt történő változását nem tudtuk nyomon követni, és figyelembe venni a számításoknál, illetve, hogy a talaj nedvességtartalmának alakulása jelentős módon befolyásolta az emissziós értékeket, így nehezebb volt a kezelések hatását kimutatni. A fent említett okok miatt 2008-ban Magyarországon eddig egyedülálló módon laboratóriumi körülmények között folytattuk az emissziós méréseket. A talajművelési kísérletből 10 cm magas és 10 cm átmérőjű bolygatatlan mintákat hoztunk be három különböző kezelésből (szántás, direktvetés, mélylazítással kombinált tárcsázás), melyeket 3 hónapon keresztül heti egyszeri alkalommal 3 órán keresztül, állandó 21°C-os hőmérsékleten inkubáltunk. Az így kapott mintákat gázkromatográfia segítségével elemeztük. Mindezek segítségével kiküszöbölhetővé vált a hőmérséklet és a nedvesség szén-dioxid emissziót befolyásoló hatása. E cikk célja elsősorban a Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet által nemzetközi szakirodalom segítségével kidolgozott laboratóriumi szén-dioxid emisszió mérés módszerének ismertetése és az első eredmények bemutatása.

### **Summary**

Soil carbon dioxide emission measurements have been carried out in RISSAC since 2003. In the beginning of the investigation, soil carbon-dioxide fluxes were measured only in situ in a long-term fertilization- and tillage experiment in order to investigate the effect of various soil management practices on soil carbon emission. Field measurements, however, are expensive and time consuming. Additionally, several problems can occur during their execution. Our works were often obstructed by the weather or surface (e.g. stagnate water) conditions as well as field works carried out. Moreover, in CO<sub>2</sub> emission calculations it was extremely difficult to account for changes in air and topsoil temperature observed during the incubation, and to separate the effect of different soil management practises from that of air temperature and soil water content.

To avoid the above-mentioned holdbacks, in 2008 carbon-dioxide measurements were started in RISSAC under laboratory conditions. The measurements were carried out on undisturbed soil samples in a climatic room with a constant air temperature of 21 °C. 10-centimeter-high undisturbed soil samples were taken. The samples were collected from three different tillage treatments: ploughing, direct drilling and disking combined with deep loosening.. Air samples were taken from above the incubated soil samples once a week after three-hour-long incubation during three months. The samples were analysed using a gas chromatograph. This paper introduces the soil carbon dioxide emission measurement method, developed in RISSAC and discusses the measurement results, obtained from different management systems.

### **Bevezetés**

Az ipari forradalom óta az üvegházhatású gázok koncentrációja jelentősen megnövekedett a légkörben (LAL, 2004). Míg 1850-ben a légköri CO<sub>2</sub> koncentráció megközelítőleg 280 ppm volt, ugyanez az érték 1996-ban már 365 ppm, mely éves szinten 0,5%-os növekedést jelent (LAL, 1999).

1970 és 2004 között még erőteljesebb növekedés következett be az üvegházhatású gázok emissziójában, hiszen az emisszió mértéke globálisan 70%-kal nőtt. A szén-dioxid kibocsátás ugyanez idő alatt 80%-kal emelkedett, ebből 24% 1990 és 2004 között történt. 1970 és 1990 között a közvetlenül mezőgazdasági eredetű CO<sub>2</sub> kibocsátás 27%-kal nőtt (ICPP, 2007).

Talajaink világszerte jelentős szénforrást jelentenek, hiszen az ásványi talajok felső 1 méterében globálisan 1300-1500 Gt szén tározódik. A talajokban tárolt szén mennyisége kétszer annyi, mint amennyi a szárazföldi ökoszisztémákban található (NEILL et al., 1998).

A talaj CO<sub>2</sub> kibocsátása a globális szén ciklus második legfontosabb eleme, így fontos szerepet játszik a klímaváltozásban (REICH & SCHLESINGER, 1992). A talaj és az atmoszféra között a gáz kicserélődése számos komplex és nem-lineáris kapcsolattól függ, ilyenek a különböző fizikai, biokémiai, kémiai, ökológiai és meteorológiai feltételek. A talaj CO<sub>2</sub> kibocsátásának mértéke ökoszisztémák szerint változik és a teljes ökoszisztéma légzésének fő komponense (RETH et al., 2005).

A talajok CO<sub>2</sub> emisszióját befolyásoló tényezők közül a talajok fizikai tulajdonságainak, azon belül is elsősorban a talajok hőmérsékletének és nedvességtartalmának van meghatározó szerepe (SMITH et al., 2003). A talajok CO<sub>2</sub> kibocsátása és a talajhőmérséklet között pozitív korreláció van, továbbá a talaj nedvességtartalma szintén befolyásolja a CO<sub>2</sub> fluxust. Egyéb tényezők is befolyásolják a CO<sub>2</sub> emissziót, melyek a talaj pH értéke, a tápanyagok mennyisége illetve a vegetáció aktivitása, azaz a gyökérlégzés és a heterotrofikus élőlények légzése.

Az időszakos hatások, mint az őszi lombhullás, a lebontó folyamatok dinamikája, illetve a csapadék mennyisége és időbeni eloszlása szintén hatást gyakorolnak a talajlégzési folyamatokra (RETH et al., 2005).

A talaj mikrobiális életközössége alapvető szabályozó funkciót tölt be a talaj szén, nitrogén és foszfor transzformációs folyamataiban, s ezzel nagymértékben hozzájárul a növények tápanyaggal való ellátásához (SZILI-KOVÁCS & SZEGI, 1992).

Bár a talajok CO<sub>2</sub> kibocsátása a talajban lejátszódó mikrobiális folyamatok eredménye, mégis az emisszió mértéke erősen függ a talaj fizikai tulajdonságaitól. Számos kísérlet bizonyította, hogy a talaj CO<sub>2</sub> kibocsátását a hőmérséklet, a talaj szerves anyag tartalma, valamint a talaj nedvességtartalma alapvetően meghatározza (SZILI-KOVÁCS et al., 1993). A talaj hőmérséklete és nedvességtartalma közvetlenül befolyásolja a CO<sub>2</sub> termelődését a mikroorganizmusokra és a gyökéraktivitásra gyakorolt hatásuk révén (SMITH et al., 2003).

A fent említett okok miatt végeztük el egy olyan kísérlet beállítását, melyben a talaj szén-dioxid emisszióját laboratóriumi, kontrollált körülmények között, állandó hőmérsékleten és beállított talajnedvesség tartalom mellett vizsgáljuk.

## **Anyag és módszer**

### *Kísérleti terület bemutatása*

A Szent István Egyetem kezelésében lévő talajművelési kísérletet 2002-ben állították be a Hatvan melletti Józsefmajorban. A kísérletben az alábbi hat különböző talajművelést végzik, sávos elrendezésben, négy ismétlésben:

- direktvetés;
- kultivátor (12-16cm);
- kultivátor (16-20cm);
- szántás (26-30);
- tárcsázás (16-20);
- mélylazítással kombinált tárcsázás (40-45cm) (FARKAS, 2004).

Szén-dioxid emissziós kísérletünkhöz a fent említett kezelések közül hármat választottunk ki. A direktvetést, ahol nincs talajbolygatás, a szántást, mely a hagyományos talajművelési mód, illetve a mélylazítással kombinált tárcsázást, melynél a legnagyobb méretű a talaj szerkezetének bolygatása.

A kísérleti terület meszes csernozjom talajon található. A kísérlet talaja enyhén savanyú kémhatású, a humusztartalom 2,84 % a felső 40 cm-es rétegben illetve 3,17 % a felső 20 cm-es rétegben. Ennek a talajrétegnek az összes nitrogén tartalma 0,13 és 0,15 %, az Al-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tartalom 240 é 320 mg/kg, az Al-K<sub>2</sub>O tartalom 80 és 140 mg/kg között alakul (BIRKÁS & GYURICZA, 2004).

### *Szén-dioxid emisszió mérése klímaszobában*

A klímaszobás emissziós mérésekhez a mintaterületről kezelésenként 28 mintát hoztunk be. A mintákat a lehető legkisebb bolygatással szedtük meg oly

módon, hogy 20 cm magas, illetve 10 cm belső átmérőjű PVC csöveket vertünk le 10 cm mélyen a három kiválasztott kezelésben véletlen elrendezésben, majd a PVC csöveket a bennük lévő talajjal együtt kiemeltük. A PVC csöveket még a terepen alulról lezártuk és azonnal a laboratóriumba szállítottuk.

A laboratóriumban kezelésként 7-7 mintához 0, 50, 100 illetve 150 ml desztillált vizet adtunk, mely mennyiségileg 0, 6,38, 12,76 illetve 19,14 mm csapadéknak felel meg. Ezáltal lehetőség nyílt arra, hogy négy különböző talajnedvesség tartalom mellett vizsgáljuk a talaj szén-dioxid emisszióját hét ismétlésben.

Az emissziós mérésekhez a PVC csövek tetejét is légmentesen lezártuk, olyan kupakkokkal, melyeken egy szeptummal lezárt lyuk található: a mintavétel ezen keresztül történt. Gázmintát hetente egyszer vettünk a talajoszlopok laboratóriumba kerülését követő három hónapon keresztül. A mérés kezdetén, illetve három óra inkubálás után a szeptumon keresztül egy speciális, gázmintavételre szolgáló tüvel vettünk levegőmintát a talajoszlopok feletti levegőből. A mintákat vákuumozott, szeptummal lezárt fiolákba tettük és a lehető leghamarabb gázkromatográffal lemértük a szén-dioxid tartalmukat.

Minden méréskor lemértük a minták tömegét, ezáltal nedvességtartalmuk pontosan nyomon követhető.

A mérés kezdete után két hónappal ismét 0, 50, 100 illetve 150 ml vizet adtunk a talajmintákhoz.

A klímaszobában állandó páratartalom és 21°C-os hőmérséklet van, illetve a talajminták nedvességtartalmának alakulása is pontosan nyomon követhető. Így nemcsak kiküszöbölhető az ezek változásából eredő hibák lehetősége, hanem a nedvességtartalom emissziót befolyásoló hatása is pontosan kimutatható.

## Eredmények

A klímaszobában folytatott emissziós mérések 2008. áprilisában kezdődtek, és jelenleg is tartanak. Bár az adatok feldolgozása folyamatos, jelen cikkünkben csak az elsődleges eredményeket tudjuk bemutatni. Továbbiakban az első mérési időpontunk eredményeit ismertetjük.

A szén-dioxid emissziót az alábbi képlet alapján számoltuk:

$$F = (1/A) * (p*V) / (R*(273.15+T)) * (\Delta C/\Delta t)$$

amelyben:

- F = szén-dioxid kibocsátás (fluxus, g m<sup>-2</sup> min<sup>-1</sup>);
- A = 0,0300465 m<sup>2</sup> - a mérőkamra alapterülete (m<sup>2</sup>);
- V = 0,0038541 m<sup>3</sup> - a mérőkamra térfogata (m<sup>3</sup>);
- p = 10132,500 N m<sup>-2</sup> - gáznyomás;
- R = 8,314 J/mol K - gázállandó;

- $T$  = a levegő hőmérséklete ( $^{\circ}\text{C}$ );
- $273.15 + T$  = a levegő hőmérséklete (K);
- $\Delta C/\Delta t$  = az egységnyi idő alatt végbemenő szén-dioxid koncentráció változás;
- $\Delta C$  = a szén-dioxid koncentráció változása a mérés teljes ideje alatt ( $\text{CO}_2$  mérés vége -  $\text{CO}_2$  mérés kezdete), a inkubációs mérőedény teljes térfogatára vetítve, (g/mol);
- $\Delta t$  = a mérés időtartama ( $t_{\text{mérés vége}} - t_{\text{mérés kezdete}}$ ) (perc);

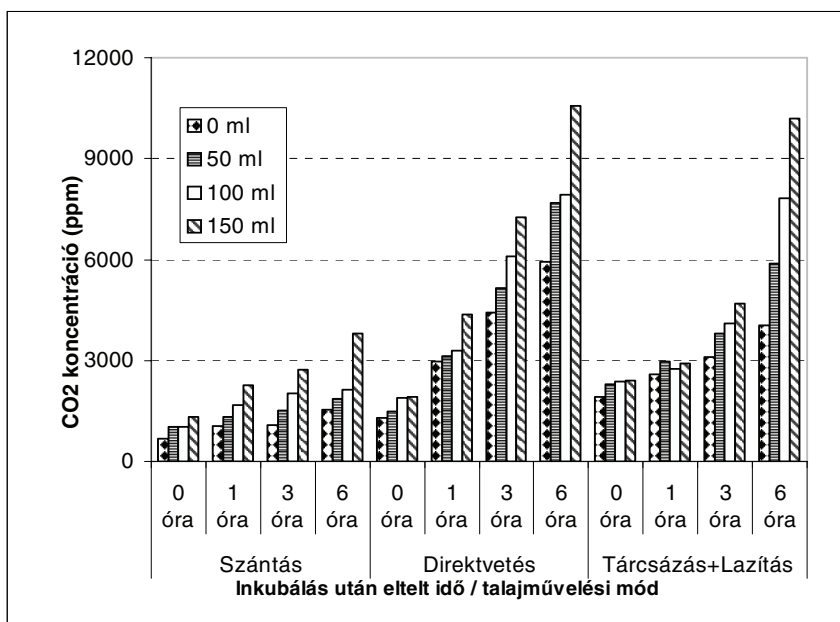
#### *Kezelések hatása*

Az 1. ábrán jól látszik a különböző talajművelési parcellákból szedett talajminták szén-dioxid emissziója közötti különbség. Az ábrán a három művelési módnál a kezdeti időpontban (0 óra), illetve az inkubációt követően 1, 3 és 6 óra múlva mért  $\text{CO}_2$  koncentráció értékek alakulását követhetjük nyomon mind a 4 nedvességtartalomnál (a 0, 50, 100 és 150 ml vízzel történő belocsolást követően).

A kezelések hatása egyértelműen kirajzolódik az ábrán. Legalacsonyabb szén-dioxid koncentráció értékeket minden esetben a szántásból szedett talajminták esetében mértünk. A mélylazítással kombinált tárcsázás és a direktvetés kezelések esetében szignifikánsan nagyobb értékeket mértünk, mint a szántásnál. Direktvetést és szántást összehasonlító in situ  $\text{CO}_2$  mérések alapján hasonló eredményekre jutott ZSEMBELI és munkatársai (2005) is.

A kezdeti időpontban a direktvetésnél alacsonyabbak a  $\text{CO}_2$  koncentráció értékek, mint a mélylazítással kombinált tárcsázásnál, de az 1, 3 és 6 órás méréseknél már a direktvetésnél mértünk magasabb értékeket. Az 50 ml vízzel belocsolt minták esetében ez például azt jelenti, hogy míg a mérés kezdetén a tárcsázásnál 2290, a direktvetésnél 1472 ppm koncentrációt, addig a 3 órás mérésnél a tárcsázásnál 3806, a direktvetésnél 5138 ppm koncentrációt mértünk. Ugyanebben a mérési időpontban az 50 ml vízzel belocsolt mintákon a szántásból származó mintáknál 1504 ppm volt a  $\text{CO}_2$  koncentráció.

A direktvetés kezelés a kisebb bolygatás következtében szén-akkumulációt eredményez, és a talajélet illetve a mikrobiológiai aktivitás is intenzívebb ezen a parcellán. Minden bizonnyal ezzel magyarázható a magasabb szén-dioxid koncentráció az ebből a kezelésből származó mintáknál.



**1. ábra.** A különböző talajművelési módoknál mért szén-dioxid koncentráció értékek alakulása az idő, illetve a beállított nedvességtartalmak függvényében

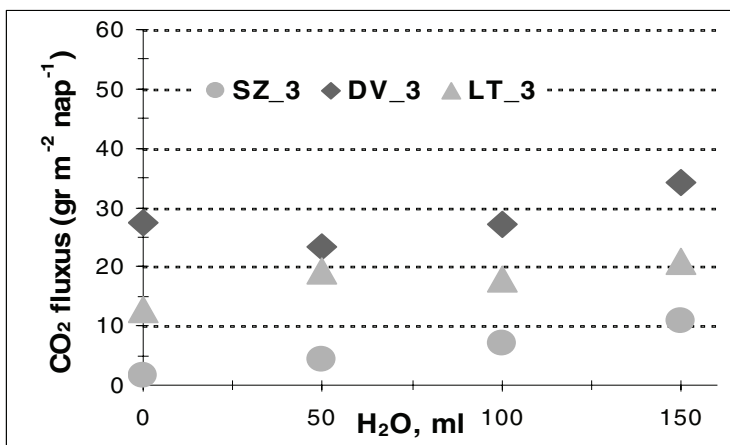
#### *Szén-dioxid emisszió a nedvességtartalom függvényében*

A terepről behozott mintákat kezelésenként 7-7 ismétlésben 0, 50, 100 és 150 ml vízzel locsoltuk be. A hengerek tömegét a laborba szállítás után lemértük. Bolygatatlan talajmintákat szedtünk a térfogattömeg meghatározására, illetve talajmintát a mintaszedés időpontjában lévő nedvességtartalom meghatározására. Ezen adatok segítségével a belocsolás eredményeként létrejött talajnedvesség tartalom értékek kiszámíthatóak lesznek. Mivel a kísérlet még tart, egyelőre a belocsolás függvényében tudjuk értékelni a kapott adatokat.

A szén-dioxid koncentrációban mutatkozó különbségek a talajnedvesség növekedésével egyre markánsabban jelentkeztek. Míg a be nem locsolt mintákon a kezdeti időpontban a hengerekben mért koncentráció 670, 1288 illetve 1910 ppm volt a szántás, direktvetés és a mélylazítással kombinált kezelések esetében, addig azoknál a mintáknál melyekhez 150 ml desztillált vizet adtunk, a CO<sub>2</sub> koncentráció a 3 órás inkubációt követően elérte a 2733, a 7240 és a 4682 ppm értékeket. Elmondható, hogy az első mérési időpontban a mélylazítással kombinált tárcsázásnál mind a 4 nedvességtartalom esetében nagyobb koncentráció értéket mértünk, mint a direktvetésnél. Az inkubációt követő 1, 3 és 6 óra elteltével azonban mindig a direktvetésből származó mintáknál mértünk magasabb szén-dioxid koncentráció értékeket. A

különbségek a belocsolás mértékétől függően egyre élesebben jelentkeztek. Az 1 órás mérés adatai alapján a be nem locsolt mintáknál: a tárcsázásnál 2578, a direktvetésnél 2979, a 150 ml-rel belocsolt mintáknál: a tárcsázásnál 2909, a direktvetésnél pedig 4376 ppm koncentráció adódott.

A 2. ábra azt szemlélteti, hogy a belocsolás függvényében az inkubációt követő első 3 órában mekkora volt a szén-dioxid emisszió a különböző kezeléseknél.

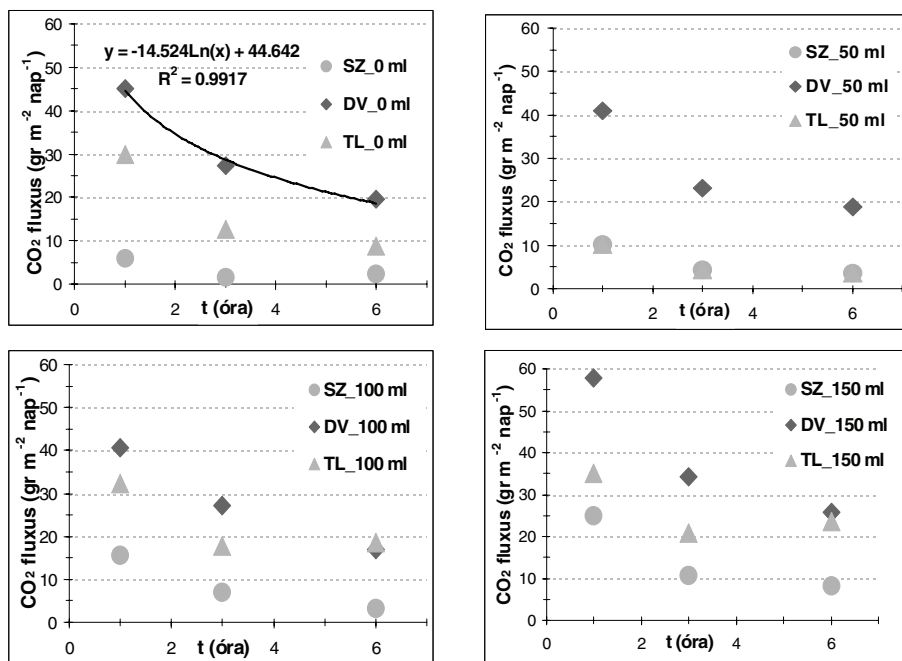


**2. ábra.** A belocsolás (0, 50, 100, 150 ml) függvényében mért emisszió értékek alakulása 3 órával az inkubációt követően

Az ábrán jól látszik a tendencia, miszerint a növekvő talajnedvesség tartalom egyre nagyobb szén-dioxid emissziót eredményez. Jól elkülöníthető ezen az ábrán is a kezelések hatása, legalacsonyabban a szántás, legmagasabban a direktvetés emisszió értékei futnak. Az 1 és 6 órás méréseknél hasonló lefutású ábrákat kaptunk. Megfigyelhető, hogy néhány esetben a kiindulási emisszió értékekhez képest a plusz 50 ml-rel belocsolt minták emisszió értéke alacsonyabb, de 100 ml-rel történő belocsolás már mindenképpen emisszió-növekedést eredményez. Magyarázható ez azzal, hogy az 50 ml hozzáadott víz, mely 6,38 mm csapadéknak felel meg, nem eredményez még olyan szintű növekedést a talajnedvesség tartományban, melynek emissziót növelő hatása biztonsággal kimutatható lenne. Smith és munkatársai (2003) szintén azt tapasztalták, hogy széles az a talajnedvesség tartomány, melyen belül a talajnedvesség tartományban bekövetkező növekedés alacsony emisszió növekedést eredményez.

Szén-dioxid emisszió az idő függvényében

A 3. ábrán a négy különböző mértékű belocsolással kapott mintákon mért szén-dioxid emisszió értékeket ábrázoltuk az idő függvényében. Összevetve az 1. ábrával, jól látható, hogy bár a hengerekben az összkoncentráció nő, a fluxus értékek egyre alacsonyabbak lesznek.



3. ábra. Különböző nedvességtartalomnál mért fluxus értékek az eltelt idő függvényében

A kezelések hatása ezeken az ábrákon is jól kimutatható. A grafikonok lefutása mind a négy nedvességtartalomnál azonos. A fluxus – emisszió összefüggésekre logaritmikus függvényt illesztettünk, az ezekhez tartozó R<sup>2</sup> értékeket az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat. A fluxus-idő összefüggésre illesztett logaritmikus függvények R<sup>2</sup> értékei a különböző kezeléseknél a belocsolás mértékében

Kezelés	0ml	50ml	100ml	150ml
SZ	0,75	0,92	0,99	0,94
DV	0,99	0,96	1,00	0,98
T+L	0,95	0,83	0,82	0,80



## **Következtetések**

Mérés eredményeink alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a továbbiakban a jelenleginél nedvesebb talajállapot mellett is érdemes megmérni a szén-dioxid emisszió értékeit. Célunk, hogy megtaláljuk azt a nedvesség értéket, ahol a szén-dioxid emisszió csökkenni kezd, a talajpórusok vízzel való telítődése következtében. Kísérletünkkel olyan összefüggéseket keresünk a talajnedvesség tartalom és a szén-dioxid emisszió között, mely segítségével a terepen folyamatosan monitorozott talajnedvesség és talajhőmérséklet adatokból becsülhető a szén-dioxid emisszió, és ezáltal a kevés időpontban kivitelezhető terepi fluxus mérések eredményei időben kiterjeszthetőek lesznek. Ezáltal lehetővé válik az, hogy a talaj szén-dioxid emisszióját éves szinten tudjuk számítani a mészlepedékes csernozjom talaj eltérő talajművelési rendszereire.

## **Irodalomjegyzék**

- BIRKÁS M. & GYURICZA Cs. (2004): A talajhasználat és a klimatikus hatások kapcsolata. In: Talajhasználat, műveléshatás, talajnedvesség. (Szerk.: BIRKÁS M. & GYURICZA Cs.). 10-46. Quality Press & Publisher Ltd. Gödöllő.
- FARKAS Cs. (2004) A művelés és a talajállapot hatása a talaj nedvességforgalmára. In: Talajhasználat, műveléshatás, talajnedvesség. (Szerk.: BIRKÁS M. & GYURICZA Cs.). 61-81. Quality Press & Publisher Ltd. Gödöllő.
- IPCC (2007): Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007. Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (Eds.: B. METZ, O.R. DAVIDSON, P.R. BOSCH, R. DAVE, L.A. MEYER). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. pp:3-8
- LAL R., KIMBLE J., FOLLET R.F., COLE C.V. (1999): The potential of U.S. cropland to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect. CRC Press LLC, USA.
- LAL R. (2004): Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma* **123**. 1-22.
- NEILL C., CERRI C.C., MELILLO J.M., FEIGL B.J., STEUDLER P.A., MORAES J.F.L., PICCOLO M.C. (1998): Stocks and dynamics of soil carbon following deforestation for pasture Rondonia. In: Soil processes and the carbon cycle. (Eds.: LAL R., KIMBLE J., FOLLET R.F., STEWART B.). 9-28. CRC Press New York.
- REICH J.W., & SCHLESINGER W.H. (1992): The global carbon-dioxide flux in soil respiration and its relationship to climate. *Tellus* **44 B**. 81-99.
- RETH S., REICHSTEIN M., FALGE E. (2005): The effect of soil water content, soil temperature, soil pH-value and the root mass on soil CO<sub>2</sub> efflux – A modified model. *Plant and Soil* **268**. 21-33.
- SMITH K.A., BALL T., CONEN F., BOBBIE K.E., MASSHEDER J., REY A. (2003): Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: interactions of soil physical factors and biological processes. *European Journal of Soil Science* **54**. 779.

- SZILI-KOVÁCS T., & SZEGI J. (1992): Néhány magyarországi talaj mikrobiális biomassza-C tartalmának meghatározása kloroform fumigációs és szubsztrát indukált respirációs módszerrel. *Agrokémia és Talajtan* **41**. 227-240.
- SZILI-KOVÁCS T., RADIMSZKY L., ANDÓ J., BICZÓK GY. (1993): CO<sub>2</sub> evolution from soils formed on various parent materials in the East-Cserhát mountains (Hungary) during laboratory incubation. *Agrokémia és Talajtan* **42**. 140-146.
- ZSEMBELI, J., TUBA, G., JUHÁSZ, CS., NAGY, I. (2005): CO<sub>2</sub>-measurements in a soil tillage experiment. *Cereal Research Communications* **33**. 2. 137-140.