

A talaj CO₂-emissziójának mérésére szolgáló eszközök mérőhelyspecifikus fejlesztése

Kovács Györgyi¹ – Szöllösi Nikolett²

¹Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma,
Karcagi Kutató Intézet, Karcag

²Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma,
Mezőgazdaságtudományi Kar,

Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék, Debrecen
kovacsgy@dateki.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A talaj az üvegházhatású gázok (pl. CO₂, CH₄) fő forrása, és egyúttal potenciális megkötője is. A Debreceni Egyetem ATC Karcagi Kutató Intézetének kísérleti területein (talajművelési kísérletek, illetve egy extenzív gyepterület) végeztünk méréseket a talaj CO₂-emissziójának meghatározása céljából. A talaj CO₂-koncentráció mérésére ANAGAS CD 98 típusú gázanalizátort használtunk. A szabadföldi mérések során műanyag (PVC) hengereket használtunk a mérési terület lehatárolására, de mivel ezek nem voltak alkalmasak a gyepterület felszínén való mérésekre, új eszközt kellett kifejlesztenünk. A nagyobb talajfelszínen történő, a talaj szerkezetét nem bolygató mérésekhez egy speciális fémkeretet készítettünk, amely egy hozzá illeszkedő mérőedénnyel együtt alkotja a mérőszettet. A CO₂-emissziós mérések egyik problematikus pontja a mérési terület lehatárolása, mivel a vizsgálandó talajfelszín egyenetlen lehet, és a megfelelő izoláció feltétel nélkül szükséges. Véleményünk szerint az általunk kifejlesztett keretes (fémkeret+mérőedény) módszerek alkalmasak a legelő (gyeppel borított talajfelszín), illetve más, mezőgazdasági művelés alatt álló talajok CO₂-emissziójának mérésére.

Kulcsszavak: CO₂-emisszió, mérési metodika

SUMMARY

Soil is the main source and at the same time the potential sink of greenhouse gases (e.g. CO₂, CH₄). Measurements were carried out in the experimental sites (soil tillage experiments and an extensive pasture) of the Karcag Research Institute of University of Debrecen, Centre for Agricultural Sciences to determine the CO₂-emission of the soil. The in situ CO₂-emission of soil was measured by means of an ANAGAS 98 infrared gas analyser in plastic (PVC) chambers, but this previously applied method (cylinders) was not suitable for the soil surface covered with grass, hence a new instrument was needed to be invented. In order to measure CO₂-emission on a larger area without deep disturbance of the soil, a special metal frame was created with a matching bowl. The most problematic part was the spatial delimitation of the measurement area as the surface of the soil can be very various and proper isolation is a must. We consider the frame+bowl method we developed suitable for measuring CO₂-emission of pastures as well as other crop-fields.

Keywords: CO₂-emission, measurement methodology

BEVEZETÉS

A szén körforgalmának megértésében a legfőbb gondot az okozza, hogy míg a légkör széndioxid

forrásairól már számos információval rendelkezünk, addig a légköri széndioxid talajba kerülésének, illetve a talajból a légkörbe jutásának folyamata nem tisztázott teljes mértékben. Ezen folyamatok térben és időben igen változékonyak, ezért megismerésük összetett feladat. Mindazonáltal minden ilyen jellegű mért adat kvantitatív és kvalitatív információt szolgáltat az egyes termőhelyekről származó környezeti terhelés és az aktuális talajállapothoz tartozó mikrobiológiai aktivitás tekintetében. A termőhely ismerete minden mezőgazdasági beavatkozás elvégzése előtt elengedhetetlen, hiszen a globális problémákat is csak a lokálisak megértésével együtt tudjuk értékelni (Tamás, 2001).

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Barótfi (1991) szerint a gázemisszió meghatározására alapvetően két megoldás kínálkozik. Szántóföldi körülmények között a leginkább elterjedt gázemisszió meghatározási eredmény a hagyományos kamrás módszerrel történt mérésből származik (Ambrus et al., 1993). A kamrás módszer előnye, hogy biztosítja a folyamatos mérés lehetőségét, így akár a napi dinamika meghatározását is. Mindazonáltal a mintavételi és analitikai korlátok miatt sokkal jellemzőbbek a heti vagy havi intervallumokra meghatározott emissziós értékek (Mosier, 1989). Ezeket egy egyszerű mérőhenger (1. ábra) lehelyezése, és a mérés kezdete előtti lefedése (inkubáció) után, a meghatározott mérési intervallum szerinti in situ mérésekkel nyerhetjük. Jelenleg a szabadföldi gázemissziós mérések technikai csúcsát az automatizált, kvázi folyamatos mérést biztosító, korszerű analitikai egységgel felszerelt, nagyméretű kamrákkal ellátott berendezések jelentik. Egy ilyen berendezésről számol be Ambrus és Robertson (1998). A műszer fotoakusztikus infravörös spektrométeres analitikai egysége CO₂- és N₂O-koncentráció, 2,5 percenkénti gyakorisággal történő mérésére alkalmas (2. ábra).

Loffield et al. (1992) szintén keretes módszert alkalmaztak (3. ábra), ők a Hutchinson és Mosier (1981) által kifejlesztett eszközt fejlesztették tovább úgy, hogy erdei körülmények között is alkalmas legyen a mérésekre (sekélyebb inertáció, kisebb gyökérroncsolás, kettős kerettel létrehozott pufferezóna a jobb szigetelés biztosítása érdekében).

1. ábra: Egyszerű mérőhenger a mérési terület lehatárolására



Figure 1: Simple plastic chamber for the delimitation of the measurement area

2. ábra: Automatizált szabadföldi kamrás gázanalizátor



Figure 2: Automated field chamber for measurement of gas fluxes from soil

3. ábra: Duplafalú kerettel ellátott kamra

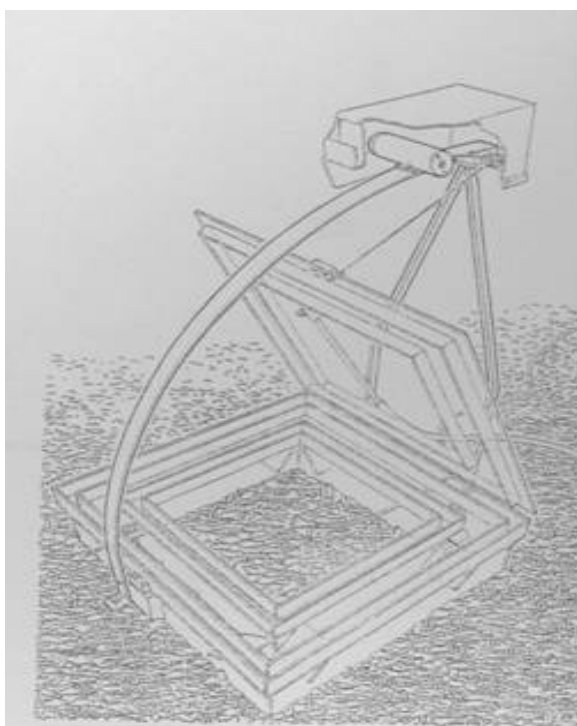


Figure 3: Double-wall chamber

ANYAG ÉS MÓDSZER

A CO₂-koncentráció mérésére alkalmazott módszer

A talaj CO₂-koncentráció mérésére ANAGAS CD 98 típusú gázanalizátort használtunk (4. ábra). Ez az angol gyártmányú készülék az infravörös elven működő gázanalizátorok csoportjába tartozik. Az infravörös elven működő eljárás azt a jelenséget használja ki, hogy a különböző atomokból álló (heteroatomos) gázok az infravörös sugárzást is minden egyes gáz esetében jellegzetes sávokban elnyelik. A gázok a fénysugarakat legnagyobb részt áteresztik. Az infravörös sugarak elnyelése függ az infravörös sugarak hullámhosszától, a gázok fajtájától, valamint a gázréteg vastagságától. A maximális értékek minden gáz esetén más helyen vannak, és azonos vastagságú gázrétegre más és más értékűek. Nincs két, egymástól különböző összetételű gáz, amelynek áteresztési görbéi azonosak lennének. A 4. ábrán az elektromágneses sugárzási tartomány a CH₄, CO és CO₂ elnyelési sávjaival az infravörös tartományban sematikus vázlatát mutatjuk be.

4. ábra: A gázemisszió infravörös elven történő mérésének vázlatja

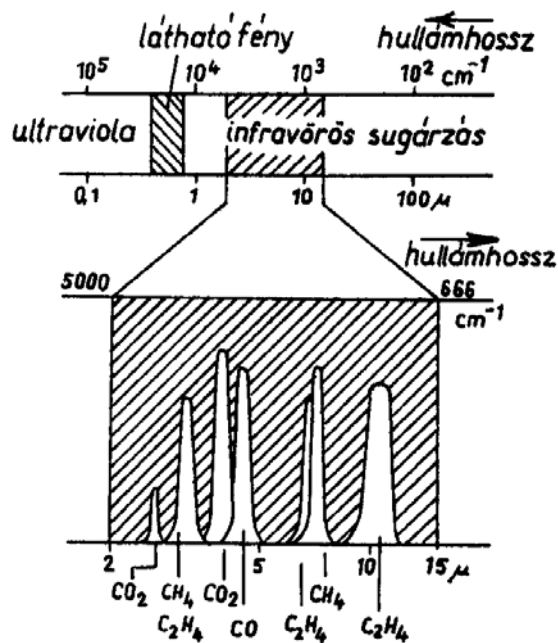


Figure 4: The schematic figure of infrared gas emissionity

A mérések helyszíne

A méréseket a Debreceni Egyetem ATC Karcagi Kutatóintézetének (DE ATC KKI) kísérleti területein végeztük.

a. Komplex talajművelési kísérlet

A kísérlet 1997 őszén került beállításra az intézet H-1 jelű tábláján 15,8 ha területen, 2×7 parcella, amelyből a direktvetéses parcellák mérete 1,5 ha, a

hagyományosan (forgatással) művelt parcellák 0,5 ha nagyságúak. A 7 parcellán 5 növényfaj vetésváltásban kerül termesztésre. A növényfajok (őszi búza 2 parcella, kukorica 2 parcella, borsó, napraforgó, aprómagvúak: fénymag vagy köles 1-1 parcella) reprezentálják a Nagykunságban kialakult szántóföldi növénytermesztés szerkezetét. Talajművelési rendszer: hagyományos forgatásos, illetve talajvédő (csökkentett művelés, direkt- és marvavetés). A H-1-es mérési helyszín talajának típusa mély humusz réteggű, mélyben szolonyeces réti csernozjom. A kísérlet parcellái megfelelőnek bizonyultak a talaj CO₂ emissziójának mérésére (Zsembeli és Kovács, 2007).

b. Rainer gyepterület

A mérések másik helyszíne a kutatóintézet juhtelege mellett található extenzív kezelési gyepterület, az ún. „Rainer”. A terület talajtípusa középmeleg réti szolonyec, a gyepterület: ecsetpázsitos szikes füves puszta. Az itt található főbb növények: sovány csenkesz (*Festuca pseudovina*), barázdált csenkesz (*Festuca rupicola*), réti ecsetpázsit (*Alopecurus pratensis*), fehér here (*Trifolium repens*), magyar rozsnok (*Bromus inermis*). Ezen a területen azért végeztünk méréseket, mert a különböző gyepterületi készhengerek (hengerek különböző méretű és elrendezésű készekkel) hatását vizsgáltuk a talaj állapotára, a növénytársulásra és összetételére. CO₂-emisszió méréseket végeztünk, hogy információt kapjunk a készhengerek ezen paraméterekre kifejtett hatásairól.

c. Az OMTK kísérlet

Az 1967 óta folyó Országos Műtrágyázási Tartamkísérlet karcagi állomásán két parcellát

jelöltünk ki a vizsgálatokhoz. Az egyik parcella a kísérletek kezdete óta semmilyen tápanyag utánpótlásban nem részesült (abszolút kontroll), míg a másik évente 200 kg/ha nitrogén műtrágyát kap. Talajművelési rendszer: hagyományos forgatásos.

d. Üzemi terület (I-2)

A DE ATC Karcagi Kutató Intézetének I-2 jelű tábláján egy újonnan beállított talajművelési kísérlet keretében direktvetéses és a mulcsolásos redukált művelést hasonlítottuk a hagyományos, forgatásra alapozott műveléshez. A helyszín talajának típusa mély humusz réteggű, mélyben szolonyeces réti csernozjom. A területen előzetesen őszi árpa volt, annak betakarítása után a tarlót az alkalmazott művelési eljárásoknak megfelelően kezeltük. A hagyományos művelés esetében a szármaradványok bebálázva a parcelláról elkerültek, majd a magágykészítés után került sor a köles másodvetésére. A direktvetéses kezeléseket három különböző módszert alkalmaztunk, a növényi maradványok területen való hagyását (mulcs), eltávolítását, illetve a mulchiller-es kezelést tekintve.

EREDMÉNYEK

Többféle módszer és eszköz létezik a mérési felület lehatárolására, ezek egymáshoz nagyon hasonlítanak, de néhány gyakorlati különbség található közöttük. A következőkben az általunk használt eszközök leírását közöljük, illetve azt a folyamatot, amely során az eszközöket továbbfejlesztve az egyes mérőhelyek sajátosságainak leginkább megfelelő konstrukció létrehozása volt a célunk. Alapvetően a következő sajátosságok jellemzik az általunk vizsgált mérőhelyeket (*1. táblázat*).

1. táblázat

A mérőhelyek sajátosságai

	Növényállomány(1)	Gyep(2)	Tarló(3)
Felület(4)	csupasz talaj(8)	növényborítás(11)	részleges fedettség(14)
Rendelkezésre álló tér(5)	korlátozott(9)	korlátlan(12)	korlátlan(12)
Talajállapot(6)	művelt, egyenetlen(10)	kemény, egyenetlen(13)	kemény, egyenetlen(15)
Gyökérlégzés(7)	+	+	-

Table 1: Characteristics of the measurement area

crop field(1), pasture(2), stubble(3), surface(4), space for the measurement(5), soil state(6), root respiration(7), bare soil(8), limited(9), cultivated, uneven(10), plant cover(11), unlimited(12), hard, even(13), partial cover(14), hard, uneven(15)

Az egyes mérőhelyeken a sajátosságok miatt a mérési terület lehatárolására különböző eszközök használata indokolt. A megfelelő eszközök kifejlesztésében elsősorban a mérési tapasztalataink segítettek bennünket. Az alábbiakban az egyes mérőhelyeken használt eszközök leírását közöljük a használatuk és fejlesztésük szerinti kronológiában.

a. A hengeres módszer

Ezt a módszert a H-1 jelű táblán, a komplex talajművelési kísérletben, illetve az OMTK kísérlet területén használtuk. Mindkét esetben művelt talaj adta a mérési felületet.

A vizsgálati terület lehatárolására a karcagi intézetben talajfizikai vizsgálatokhoz használatos és már jól bevált, a kereskedelmi forgalomban is kapható Ø110 mm-es PVC csövek 20 cm-es hosszúságú darabjait használtuk. A hengereket 10 cm mélységig helyeztük a talajba, így a mintavételi tér 10 cm magas és 95 cm² felületű volt. Az inkubációhoz egyedi megoldásként a szintén vízszelvényben használatos záródugóból és karmantyúból kialakított, könnyen feltehető és levehető, szigetelt kupakokat használtunk. Tíz ilyen eszközt alakítottunk ki, így egy-egy alkalommal 2 mérőhelyen 5 ismétlésben tudtuk mérni a CO₂-koncentráció értékeket (5. ábra).

5. ábra: A hengeres módszer alkalmazása az OMTK kísérletben



Figure 5: Application of the cylinder method in the fertilisation experiment

Általában a talaj CO₂-tartalma két különböző forrásból származhat, ezek a növény-gyökér légzés és a talaj szerves anyagainak mikrobiológiai bomlása. Azért, hogy ezt a kétféle folyamatot külön-külön kiértékelhessük, két sorban ötösével helyeztük el a hengereket. Az első sorozatot a talajfelszín alá 10 cm-es mélységbe tettük le (A-hengerek), itt a CO₂-kibocsátás mértékéhez a gyökérlégzés is hozzájárul. A másik sorozatot is 10 cm-es mélységre helyeztük, a hengerek alját hálóval fedtük le (6. ábra), hogy az a talajt visszatartsa. Méréskor a kiemelt henger aljára húzott műanyag tasakkal azt légmentesen lezártuk (B-hengerek), így a gyökérlégzés kizárásával, pusztán a mikrobiológiai bontásból származó CO₂ mennyiségét is meg tudtuk határozni.

b. A nagykeretes módszer

A komplex talajművelési kísérletben és a műtrágyázási kísérletben használt 950 cm³-es PVC csövek a gyepel borított talajfelszínre nem voltak alkalmasak, azon egyszerű oknál fogva, miszerint a műanyag csöveknek a szikes legelő kemény talajába való inzertálása gyakorlatilag lehetetlen. Ennek megfelelően egy új eszközt kellett kifejlesztünk, a

gyepen történő mérések igényéhez igazítva azt. Az eszköz egy fémkeretből és egy műanyag edényből áll (7. ábra).

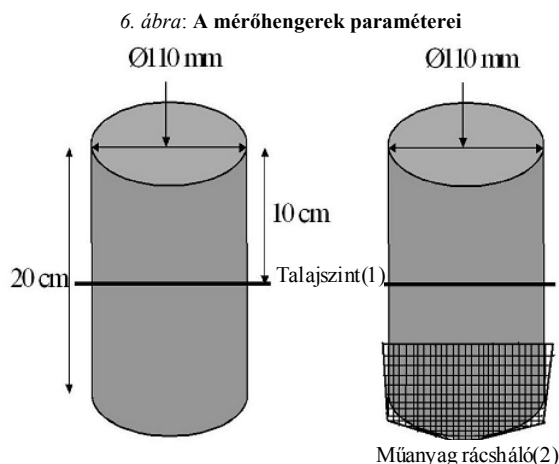


Figure 6: Parameters of the plastic cylinders soil surface(1), plastic grid(2)

7. ábra: A nagykeretes eszköz



Figure 7: The big frame+bowl set

Az élezett szegélyű fémkeret talajba inzertálása és a fémkereten kiképzett vályús perem vízzel való feltöltése biztosítja a légmentes izolációt. Az edény térfogata 18.000 cm³. A fémkeret átmérője 44 cm, 8 cm magas, melyből 5,5 cm van a talajban, és 2 cm a felszín feletti pereme. Mindegyik esetben 3 ismétlést alkalmaztunk a méréseknél. Magyarországon Tóth és Koós (2006) is kifejlesztett egy saját mérési technikát, mely többé-kevésbé megegyezik a miénkkel, a fő különbség a gáz mintavétel módszerében és vizsgálatában van.

A mérések kivitelezése, illetve a kapott adatok feldolgozása után úgy véljük, az általunk kifejlesztett nagykeretes (fémkeret+mérőedény) módszer alkalmas a legelő (gyepel borított talajfelszín) CO₂-emissziójának mérésére (Zsembeli et al., 2006). Eredményeink hozzájárultak olyan gyepekkel készült hengerek kifejlesztéséhez (8. ábra), melyek a talaj szerkezetének, víz- és levegőháztartásának javításán keresztül fokozzák a legelő minőségét, növelik a hozamát.

8. ábra: A nagykeretes módszer alkalmazása gyepkísérletben



Figure 8: Application of the frame+bowl method in a grassland experiment

c. A kiskeretes módszer

A speciálisan gyepfelszínre kialakított nagykeretes módszert kipróbáltuk szántóföldi körülmények között is. Növényállományban való mérésekre nyilvánvalóan nem praktikus az eszköz, elsősorban méretei miatt (sortáv), mindazonáltal úgy véltük, hogy egy ugyanilyen, de kisebb méretű szett megfelelő lenne a növényállományokban, illetve a tarlókon való emissziós mérések kivitelezéséhez. Ezért a nagykeretes eszközt továbbfejlesztettük, kisebb edényt és keretet készítettünk (Kovács és Zsembeli, 2007), így egy könnyen szállítható és kezelhető szettet kaptunk, amely véleményünk szerint kiválthatja a korábban alkalmazott cilinderes módszert (Zsembeli et al., 2005). Az így kialakított műanyag edény térfogata 2800 cm³, a fémkeret átmérője 20 cm, és ugyanúgy 8 cm magas (9. ábra). Hat ilyen eszközt alakítottunk ki, így egy-egy alkalommal több helyen tudunk mérni CO₂-koncentráció értékeket.

A mérések helyszíne a kutatóintézet I-2 jelű táblája, ahol egy újonnan beállított talajművelési kísérlet keretében direktvetéses és a mulcsolásos redukált művelést hasonlítottuk a hagyományos, forgatásra alapozott műveléshez.

9. ábra: Az eredeti méretű (balra) és a kisebb térfogatú (jobbra) mérőeszköz



Figure 9: The larger (left) and the smaller (right) sets

A talajművelési kezelésekből származó különbségek mindvégig megmaradtak, azaz a kezeléshatás kimutatható volt. A szakirodalmi leírásokkal összecsengően a talaj bolygatása fokozott emissziós értékeket indukált, legmagasabb CO₂-kibocsátása a hagyományosan, forgatásra alapozott műveléssel kialakított parcella talajának volt. Ez a legmagasabb érték konzekvensen megmaradt a vizsgált időszakban, ami ellentmond annak az általános megállapításnak, mely szerint az alternatív művelési rendszerek magasabb CO₂-emissziót eredményeznek a konvencionális rendszerekhez képest. Természetesen a vizsgált periódus rövidsége, illetve a viszonylag jelentős mértékű nedvesség utánpótlás

miatt nem vonhatunk le általános következtetést e tekintetben, de feltétlenül figyelemreméltó eredményt kaptunk a talajállapot és a CO₂-emisszió összefüggéseivel kapcsolatban.

A direktvetéses kezeléseket összehasonlítva azt az előzetesen is várt eredményt kaptuk, miszerint a legalacsonyabb emissziós értékeket a takarás/mulcsolás nélküli, a tarlót csak a direktvetéssel minimálisan megbolygatott felszínű parcella produkálta. Érdekes eredményt kaptunk a két mulcsolással kialakított felszínű parcella összehasonlításakor. A mulchiller-rel való művelés hatására a felszínen hagyott növényi maradványok jelentős hányada a talaj felső rétegébe (0-10 cm) lett

bekeverve, így annak felszintakaró hatása kevésbé érvényesülhetett, mindazonáltal a levegőzött, szervesanyagban dúsított és kedvező szerkezetűvé tett talajállapottól, az eddigi tapasztalataink alapján, magasabb CO₂-emissziós értékeket prognosztizáltunk. Nyilvánvalóan érdemes az általunk beállított kezelésekkel tovább folytatni a kísérletet, így más időjárási, illetve hidrológiai helyzetekben is megfigyeléseket végezhetünk a különböző művelési eljárásokkal kialakított talajfelszíneknek a talaj CO₂-emisszióra gyakorolt hatását illetően. Az eredményeket a 10. ábra szemlélteti.

10. ábra: A CO₂-emisszió alakulása a talajművelési kísérletben

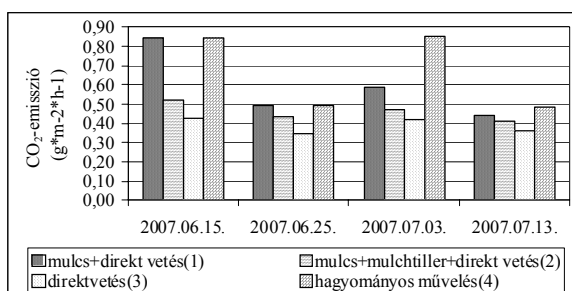


Figure 10: CO₂ emission in different soil cultivation experiment

mulch+direct seeding(1), mulch+mulch tiller+direct seeding(2), direct seeding(3), conventional till(4)

d. Kiegészítő mérések

A CO₂-koncentráció kezdeti értékének mérésével egyidejűleg végezzük el a levegő hőmérsékletének mérését. Ezt követően pedig mérjük a talaj hőmérsékletét 5 cm, illetve 10 cm mélységben. Továbbá mérjük a talaj nedvességtartalmát is a felső 40 cm-es talajrétegben, 10 cm-ként kapunk adatokat egy TTN-M típusú szonda segítségével. A fenti adatokra szükség van a számítások elvégzése végett, továbbá a talaj CO₂ termelése, a talaj és levegő hőmérséklete, valamint a talaj nedvességtartalma közötti összefüggések elemzéséhez is.

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A CO₂-emissziós mérések egyik problematikus pontja a mérési terület lehatárolása, mivel a vizsgálódó talajfelszín egyenetlen lehet, és a megfelelő izoláció feltétlenül szükséges. Csak a mérési terület minél precízebb és annak jellegzetességeihez minél jobban alkalmazkodó térbeli lehatárolása biztosítja a talaj CO₂-emissziójának meghatározásához szükséges mérések szabatos kivitelezését. Véleményünk szerint az általunk kifejlesztett keretes (fémkeret+mérőedény) módszerek alkalmasak a legelő (gyepvel borított talajfelszín), illetve más, mezőgazdasági művelés alatt álló talajok CO₂-emissziójának mérésére.

IRODALOM

- Ambrus, P.-Clayton, H.-Arah, J. R. M.-Smith, K. A.-Christensen, S. (1993): Similar N₂O flux from soil measured with different chamber techniques. *Atmos. Environ.* 27A: 121-123.
- Ambrus, P.-Robertson, G. P. (1998): Automated near-continuous measurement of carbon dioxide and nitrous oxide fluxes from soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62: 394-400.
- Barótfi I. (1991): Környezettechnika kézikönyv. Környezettechnikai Szolgáltató Kft., Budapest.
- Hutchinson, G. L.-Mosier, A. R. (1981): Improved soil cover method for field measurement of nitrous oxide fluxes. *Soil Sci., Soc. Am.* 45: 311-316.
- Kovács Gy.-Zsembeli J. (2007): A talaj CO₂-emissziójának dinamikája hagyományos és redukált talajművelési rendszerekben. *TSF Tudományos Közlemények.* 7. 1: 103-108.
- Lofthfield, N. S.-Brumme, R.-Beese, F. (1992): Automated monitoring of Nitrous oxide and carbon dioxide flux from forest soils *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 1147-1150.
- Mosier, A. R. (1989): Chamber and isotope techniques. In: Andreae, M. O.-Schimel, D. S. (ed.) *Exchange of trace gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere.* John Wiley & Sons, New York. 175-187.
- Tamás J. (2001): *Precíziós Mezőgazdaság.* Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest.
- Tóth, E.-Koós, S. (2006): Carbon dioxide emission measurements in a tillage experiment on chernozem soil. *Cereal Research Communications.* 34. 1: 331-334.
- Zsembeli, J.-Tuba, G.-Juhász, Cs.-Nagy, I. (2005): CO₂-measurements in a soil tillage experiment. *Cereal Research Communications.* 33. 1: 137-140.
- Zsembeli, J.-Tuba, G.-Kovács, Gy. (2006): Development and extension of CO₂-emission measurements for different soil surfaces. *Cereal Research Communications.* 34. 1: 359-362.
- Zsembeli, J.-Kovács, Gy. (2007): Dynamics of CO₂-emission of the Soil in Conventional and Reduced Tillage Systems. *Cereal Research Communications.* 35. 2: 1337-1340.