

## Néhány magyarországi talaj mikrobiális biomassza-C tartalmának meghatározása kloroform fumigációs és szubsztrát indukált respirációs módszerrel

SZILI KOVÁCS TIBOR és SZEGI JÓZSEF

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

A talaj mikrobiális életközössége alapvető szabályozó funkciót tölt be a talaj C, N és P transzformációs folyamataiban, és így hozzájárul a növények tápanyag-ellátásához is. Ezt indirekt módon, a talajból izolált mikroorganizmusok aktivitásának tanulmányozása során már régen igazolták. A transzformációs folyamatok leírására számos modell született amelyekben a mikrobiális biomassza szerepe kihangsúlyozott (VAN VEEN et al., 1984; SMITH et al., 1986). Ezenkívül a talaj mikrobiális biomasszájának meghatározása alkalmas lehet a talajt ért szennyezések (elsősorban nehézfém) indikációjára is (CHANDER & BROOKES, 1991). Az 1970-es évek közepén és végén fejlesztették ki azokat a korszerű technikákat, amelyekkel lehetővé vált a mikrobiális biomassza C, N és P gyors és pontos meghatározása. JENKINSON és POWLSON (1976) a kloroform fumigációs-inkubációs (CFI) módszert, ANDERSON és DOMSCH (1978b) a szubsztrát indukált respirációs (SIR) módszert dolgozták ki. Az azóta eltelt időben több száz publikáció jelent meg, melyek részben a módszerek továbbfejlesztését, és a hibalehetőségek feltárását, részben pedig a módszer gyakorlati alkalmazását mutatták be.

Ebben a tanulmányban néhány, évekig száraz állapotban tárolt talaj mikrobiális biomassza-C-tartalmát határoztuk meg CFI és SIR módszerrel, Magyarországon elsőként.

### Kísérleti anyag és módszer

#### *Talajminták*

A talajminták, 3 kivétellel (Halásztelek, Medgyesbodzás, Kapuvár) az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete Talajbankjából származtak, amelyek fizikai és kémiai sajátságait, talajbiológiai és enzimológiai vizsgálati eredményeit SZEGI et al. (1984), ANTAL és ANTON (1986) közleményei tartalmazzák.

A vizsgált talajok származási helyei és típusai a következők:

1. Kenyeri - agyagbemosódásos barna erdőtalaj;
2. Keszthely - barna erdőtalaj;
3. Nagykanizsa - agyagbemosódásos barna erdőtalaj;
4. Mosonmagyaróvár - öntés talaj;
5. Orosháza - réti szolonyeces csernozjom talaj;
6. Mezőhegyes - csernozjom talaj;
7. Újszeged - öntés talaj;
8. Nyírlugos - kovárványos barna erdőtalaj;
9. Kompolt - csernozjom barna erdőtalaj
10. Hajdúszoboszló - csernozjom talaj;
11. Nagyhőrcsök - csernozjom talaj;
12. Hajdúböszörmény - réti szolonyec talaj;
13. Magyaregregy - barna erdőtalaj;
14. Órbottyán - humuszos homoktalaj;
15. Martonvásár - csernozjom talaj;
16. Putnok - agyagbemosódásos barna erdőtalaj;
17. Tiborszállás - láptalaj;
18. Karcag - réti szolonyec talaj;
19. Ragály - agyagbemosódásos barna erdőtalaj;
20. Szentgyörgyvölgy - pszeudoglejes barna erdőtalaj;
21. Hosszúhát - réti talaj;
22. Ózsákpusztá - öntés talaj;
23. Halásztelek - csernozjom jellegű homok;
24. Medgyesbodzás - csernozjom talaj;
25. Kapuvár - öntés talaj.

#### *Kloroform fumigációs inkubáció (CFI)*

Az eredetileg légszáraz állapotú, ledarált, 2 mm-nél kisebb szemcseméretű talajt a maximális vízkapacitás 60%-ának megfelelő értékre nedvesítettük meg desztillált víz hozzáadásával. Alufóliával lefedtük a száradás csökkentése érdekében és 22 °C-os termosztátban tartottuk 10 napig. Ennek az ún. előinkubációnak az volt a célja, hogy a kiszáradt talajban lévő elpusztult mikrobiális biomasza könnyen lebomló frakciója (proteinek, egyszerű szénhidrátok) mineralizációja végbemenjen a vizsgálatok kezdetéig.

Az előinkubációt követően 150 cm<sup>3</sup> térfogatú szérumpalackokba 25,0 g (légszáraz állapotra vonatkoztatva) talajt helyeztünk egyenként, a fumigálásra szánt mintákból öt, a kontroll-mintákból három ismétlésben, mivel előzetes vizsgálataink szerint a fumigált minták CO<sub>2</sub>-termelés adatainak a szórása nagyobb a kontrollhoz viszonyítva.

Az inkubációs edényeket vákuumexikkátorba helyeztük, melyhez sorosan kapcsoltuk a kloroformot tartalmazó exikkátort. A kloroformot tartalmazó edénybe horzsakövet helyeztünk a túlhevülés megakadályozására. Vákuumszivattyúval a kloroformot forrásba hoztuk, majd 10 perces várakozás után a talajmintákat tartalmazó exikkátorokat vákuumoztuk, hosszabb ideig. A kloroformgőzök a nagyobb vákuum következtében a talajmintát tartalmazó exikkátorba kerültek. Ezt a műveletet háromszor megismételtük. A fumigációt követően 24 óráig állni hagytuk a mintákat a kloroform gőzben. A kloroform gőzök eltávolítása hat egymást követő vákuumozással történt.

A kloroformgőzök maradéktalan eltávolítása után az üvegben lévő talaj nedvességtartalmának veszteségét desztillált vízzel pótoltuk, és 0,3 g-ot az eredeti előinkubált talajból hozzákevertünk inokuláció céljából, majd az üvegeket gumidugóval lezártuk. Az inkubáció 22 °C-on 10 napig tartott. A 10 nap alatt termelt széndioxid-C mennyiségét a fumigált és a kontroll-edényekben a talaj feletti gázfázisban mértük gázkromatográffal.

A talajmikroorganizmusok biomasza-C-tartalmát JENKINSON és POWLSON (1976) szerint számítottuk:

$$B = \frac{F-NF}{k_C}$$

ahol:

F = a fumigációt követő 10 napos időszakban képződött CO<sub>2</sub>,

NF = a kontroll (nem fumigált) talajban 10 nap alatt képződött CO<sub>2</sub>,

A "k<sub>C</sub>" értékét számos szerző javaslata alapján (ANDERSON és DOMSCH, 1978a; VORONEY és PAUL, 1984) 0,41-nek vettük, ami azt fejezi ki, hogy a talaj aktívan metabolizáló mikrobiális biomasza hányad része alakul át CO<sub>2</sub>-dá 10 nap alatt 22 °C-on.

A talajmikroorganizmusok biomasza-C tartalmát μg/g száraz talaj értékben adtuk meg.

A fumigációs módszerrel kapcsolatban a kloroform, de egyéb fumigációs szerek alkalmazásánál is technikai problémát jelenthet a fumigálószer maradéktalan eltávolítása. Ha ugyanis nem sikerül a talajból maradéktalanul eltávolítani a kezelés után, a mikrobiális tevékenységben gátlás következhet be, így elmaradhat a dekompozíciós szintbeli növekedés, de ennek az ellenkezője is előfordulhat, azaz a mikroorganizmusok szubsztrátként hasznosíthatják a szermaradványokat, ami a dekompozíciós szint túlzott mértékű emelkedését okozhatja. További problémát okozhat, ha a kloroform gőz a különböző fizikai tulajdonságú talajoknál eltérő mértékben pusztítja el az aktív biomasszát.

*A szubsztrát indukált respiráció (SIR)*

A vizsgálatokhoz a 10 napos előinkubált "talajbanki" talajokat használtuk. A talajmintákhoz (25,0 g) 0,5 cm<sup>3</sup> glükózoldatot adtunk 200 µg/ g talaj koncentrációban, 3 ismétlésben. Ezután az edényeket lezártuk és 0, 1, 2 és 3 óra elteltével mértük a CO<sub>2</sub>-ot az edényben a talaj feletti gázfázisban.

*A CO<sub>2</sub> meghatározása gázkromatográfia*

A képződött CO<sub>2</sub> mérésére új módszert fejlesztettünk ki, ami jóval egyszerűbb, gyorsabb és érzékenyebb a hagyományoshoz viszonyítva. A meghatározás lényege, hogy magas hőmérsékleten Ni katalizátor jelenlétében hidrogén gázáramban a CO<sub>2</sub> metánná redukálódik, ami lángionizációs detektorral igen nagy érzékenységgel kimutatható. A módszer előnye, hogy a lángionizációs detektor esetén nem zavaró a nitrogén, oxigén és vízgőz jelenléte, ezenkívül metánná átalakítva két nagyságrenddel növekszik a CO<sub>2</sub> kimutathatósági határa.

Lángionizációs detektor esetén egy analízis ideje 1-1,5 perc.

A szén-dioxid mennyiségét a gázkromatográfias csúcs alatti terület integrálásával határoztuk meg (DIGINT 34µ, Chinoín). A kalibrációt 1,00 tf% CO<sub>2</sub> standard gáz (Alltech Associates) mérése alapján végeztük.

*Talajmikroorganizmusok mennyiségi meghatározása lemezöntéssel*

A "talajbanki" talajok esetében a 10 napos előinkubáció után meghatároztuk a baktériumok számát 0,2 % glükózzal dúsított talajkivonat táptalajon, a sugárgombák számát Jensen-féle glükóz-kazein táptalajon, a mikroszkópikus gombák számát Martin-féle táptalajon (bengálrózsa + 30 µg/cm<sup>3</sup> streptomycin-szulfát) 10<sup>n</sup>-szeres hígítási sorozatú talajszuszpenziókból lemezöntéssel. Tapasztalataink szerint ezeken a táptalajokon tenyésztethető ki a mikroorganizmusok legszélesebb spektruma. A Petri-csészéket a baktériumok esetében a 4. és 8. napon, a sugárgombánál a 7. napon, a mikroszkópikus gombánál a 4. napon olvastuk le.

**Eredmények és értékelésük***A CO<sub>2</sub> produkció függése a talajmennyiségtől*

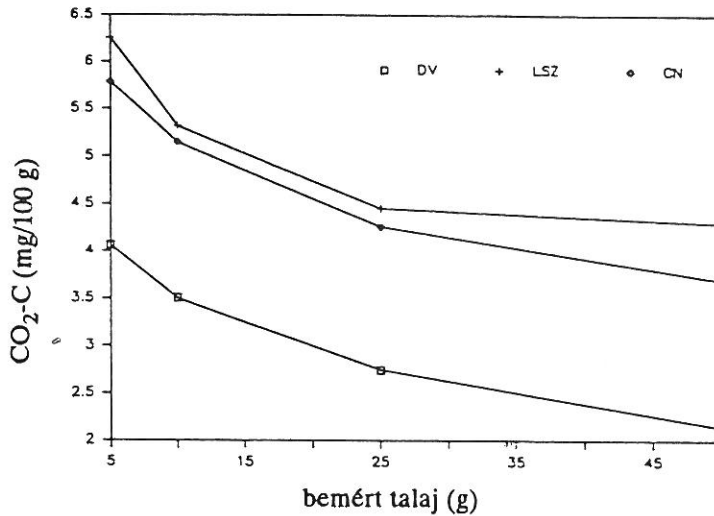
Megfigyeléseink, valamint irodalmi adatok alapján (MARTENS, 1987; SPARLING & WEST, 1990) a zárt edényben kisebb mennyiségű CO<sub>2</sub> mérhető, mint az ún.

levegő áramlásos respirométerekben. Ennek az egyik oka, hogy az edényben, a talaj feletti gáztérben felhalmozódott  $\text{CO}_2$  megnöveli a talajoldat szénsav- és hidrogén-karbonát-tartalmát, másrészt az edényben az oxigén mennyisége vagy diffúziója is egy idő után már gátat szabhat a respirációnak és ezért alulbecsült eredményhez jutunk. Kísérletben próbáltuk megkeresni, hogy a talaj-edénytérfogát aránya milyen esetben vezet optimális eredményhez. Az 1. ábrán látható, hogy ahogy csökkentettük a bemért talaj mennyiségét úgy exponenciálisan növekedett a  $\text{CO}_2$ -termelés sebessége. Ehhez nagyon hasonló eredményt kapott CHRISTIE és BEATTIE (1987) azonos tömegű, de különböző átmérőjű hengerekben inkubálva a talajmintát. Ez azt mutatja, hogy nem is annyira a zárt edényben lévő  $\text{O}_2$  mennyisége limitáló, hanem a talaj tömeg/felület viszonya, vagyis a folyamatot az oxigén diffúzió sebessége limitálja. Mivel a kisebb bemért talajmennyiségnél volt a széndioxid-termelésben a legerőteljesebb változás a bemért talajmennyiség függvényében, az ebből adódó pontatlanság itt a legzavaróbb. Ugyanakkor az adatok szórása az 5,0 g-tól a 25,0 g-ig csökkent, a 25,0 és 50,0 g bemérések szórása nem különbözött szignifikánsan. Ezért a kísérlet céljára viszonylag nagyobb mennyiségű talajt (25,0 g) használtunk.

#### *A $\text{CO}_2$ termelés időfüggése*

Két talaj esetében (Halásztelek, Medgyesbodzás) vizsgáltuk a  $\text{CO}_2$ -termelés időfüggését a fumigált és kontroll-talaj esetében (2-3. ábra). A 10 napos inkubáció során (22 °C-on) összesen 28 időpontban történt  $\text{CO}_2$ -mérés, a zárt edényben a kumulatív értékeket határoztuk meg. Az inkubáció első öt órájában a  $\text{CO}_2$ -termelés a fumigált és kontroll-talajok esetében közel azonos volt, illetve a halászteleki talaj esetében a kontroll kismértékben meghaladta a fumigáltat (2. ábra). Az 5. órát követően mindkét fumigált talajmintában ugrásszerűen megnövekedett a  $\text{CO}_2$ -termelés sebessége. Ez a növekedés a medgyesbodzás talaj esetében jóval nagyobb volt. A jelenség magyarázata, hogy a fumigáció által feltárt holt biomassza szerves szubsztrátumaira a túlélő, illetve az inokulással bevitt mikroorganizmusok megnövekedett metabolikus aktivitással reagáltak. A halászteleki talaj esetében az inkubáció 70. a medgyesbodzás talaj esetében a 27. óra körül volt a respirációs csúcs. Az inkubáció 8., 10. napja körül a fumigált minta respirációs sebessége lecsökkent kb. a kontroll-talaj szintjére. Összességében a fumigált talaj respirációs dinamikája a mikroorganizmusok általános szaporodási görbéjéhez hasonlóan alakult.

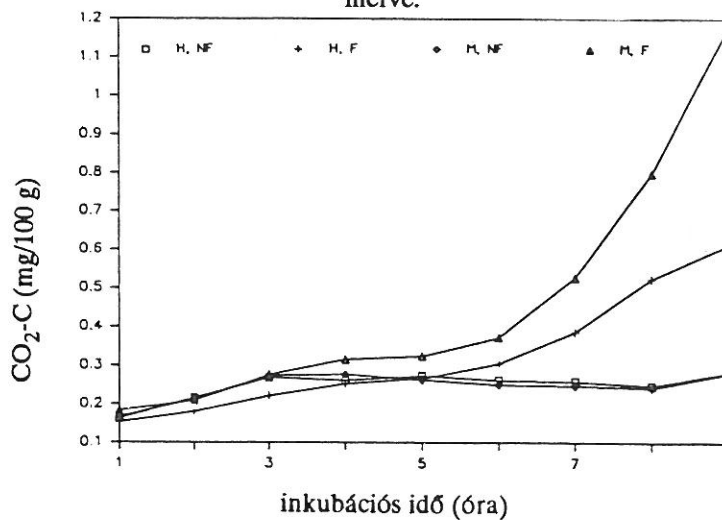
A nem fumigált talajok  $\text{CO}_2$ -termelése 10 napon keresztül egyenes lefutást mutatott (3. ábra).



1. ábra

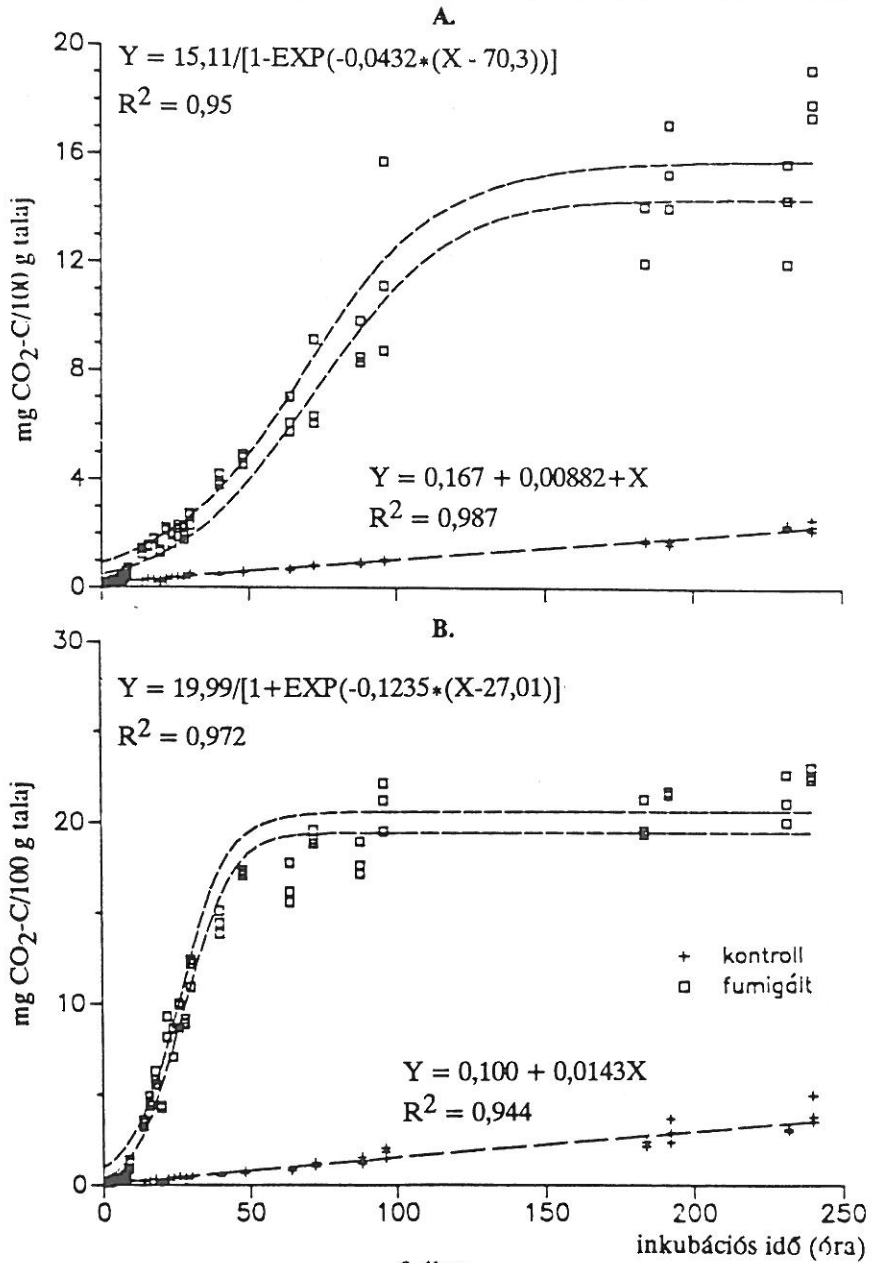
A CO<sub>2</sub>-produkciónak függése a talajmennyiségtől. DV: légszáraz talaj desztillált vízzel nedvesítve; (VK<sub>max</sub> = 60%), és 10 napos előinkubáció után mérve. LSZ: légszáraz talajminta megnedvesítés után közvetlenül inkubálva. CN: légszáraz talaj glükóz- és NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> oldattal nedvesítve; (VK<sub>max</sub> 60%), és 10 napos előinkubáció után

mérve.



2. ábra

A kumulatív CO<sub>2</sub>-produkciónak az inkubáció első néhány órájában. H, F: Halásztelek, fumi-gált minta; H, NF: Halásztelek, kontroll-minta; M, F: Medgyesbodzás, fumi-gált minta; M, NF: Medgyesbodzás, kontroll-minta



3. ábra

CO<sub>2</sub>-produkció a halásztelki (A) és Medgyesbodzás (B) kontroll és klorotorm fumigált talajnál 10 napos inkubáció során. Egyszerű lineáris és logisztikus görbeillesztés, 95%-os konfidenciaszinten

*Kloroform fumigáció hatása a csíraszám alakulására*

Három talaj esetében közvetlenül a fumigáció előtt és után meghatároztuk az aerob baktériumok, sugárgombák és mikroszkópikus gombák számát lemezöntéses módszerrel (1. táblázat).

1. táblázat  
A csíraszám logaritmus értékei fumigáció előtt és után (1 g talaj).

Talajminta származási helye	Baktériumok		Sugárgombák		Gombák	
	a	b	a	b	a	b
Órbottyán	6,97	5,72	6,78	5,82	4,97	3,12
Nagyhőrcsök	7,72	6,72	6,95	6,48	4,51	3,72
Halásztelek	6,97	6,18	6,54	5,64	4,66	3,14

a: fumigáció előtt; b: fumigáció után

Az eredmények azt mutatták, hogy a kloroform fumigáció hatására a lemezöntéssel meghatározható csíraszám mind a három vizsgált talajnál csökkent, a vártnál azonban kisebb mértékben. Legnagyobb mértékben a mikroszkópikus gombák száma csökkent, a csökkenés mértéke elérte a 2 nagyságrendet a nagyhőrcsöki talaj kivételével. Ennél a talajnál a sugárgombák száma is kisebb mértékben csökkent. Ennek két magyarázata lehet:

1. a talaj agyagtartalma bizonyos védelmet nyújt a kloroform gőzökkel szemben,
2. ebben a talajban kisebb volt az "aktív"/"passzív" mikroflóra arány a másik két talajjal összehasonlítva. Feltételezések szerint ugyanis a kloroform gőzök a spórákat és egyéb nyugvó, metabolikusan "passzív" mikroorganizmusokat nem pusztítja el.

*Különböző magyarországi talajok mikrobiális biomasza-C meghatározása*

A vizsgálatokat a "Talajbank"-ban található 22 és további három talajjal (Halásztelek, Kapuvár, Medgyesbodzás) végeztük. A 2. táblázatban feltüntettük a kloroform fumigáció, és a szubsztrát indukált respiráció alapján számított mikrobiális biomasza-C értékeket. A CFI módszer alapján a mikrobiális biomasza-C értéke 126 és 418  $\mu\text{g/g}$  talaj, míg a SIR alapján számított biomasza-C értéke 29 és 375  $\mu\text{g/g}$  talaj között változott, a talajtípusok igen széles skáláján. ANDERSON és DOMSCH (1978b) vizsgálatai szerint 1 mg biomasza-C megfelel 40 ml  $\text{CO}_2$ /óra kezdeti maximális respirációs sebességnek, ( $r = 0,96$ ) ami átszámítva 74,02 mg  $\text{CO}_2$ -C/óra értéknek felel meg. Ezzel szemben mi nagyon gyenge korrelációt



2. táblázat  
A vizsgált talajok biomassa-C értékei

A talaj származási helye	lg (BAK)	lg (SUG)	lg (GOM)	CFI-C	(SD)	SIR-C	(SD)
Kenyeri	5,91	5,59	5,43	127,29	12,12	116,24	30,24
Keszthely	7,59	6,61	4,88	234,81	14,05	165,46	13,37
Nagykanizsa	6,98	6,58	5,52	184,94	1,74	295,46	49,00
Moson- magyaróvár	7,72	6,87	3,97	237,06	15,95	165,08	10,61
Orosháza	8,06	7,47	4,46	225,36	6,95	210,58	17,31
Mezőhegyes	7,57	6,74	4,72	241,18	9,28	135,92	26,33
Újszeged	7,93	7,45	4,78	160,34	4,90	375,39	27,65
Nyírlugos	5,93	5,16	5,41	126,06	11,69	29,97	5,18
Kompolt	8,41	7,98	4,38	205,10	16,10	187,98	8,33
Hajdú- szoboszló	8,10	7,17	4,14	224,81	15,29	155,91	9,05
Nagyhörcsök	7,72	6,95	4,51	239,82	14,83	98,30	13,66
Hajdúböször- mény	8,29	7,32	4,42	215,10	15,97	143,34	1,44
Magyaregregy	7,76	7,76	5,32	201,23	19,98	222,67	28,71
Órbottyán	6,97	6,78	4,97	175,31	14,76	123,30	14,24
Martonvásár	7,67	6,97	4,27	271,52	10,48	194,17	4,44
Putnok	7,02	6,33	6,35	168,20	24,77	120,20	22,97
Tiborszállás	5,47	-	-	277,24	2,06	345,17	51,50
Karcag	7,80	7,59	4,96	293,31	11,24	133,97	21,39
Ragály	7,80	7,20	5,70	254,84	1,44	243,82	27,78
Szentgyörgy- völgy	7,18	6,83	5,32	221,29	7,60	115,64	27,93
Hosszúhát	7,77	7,69	5,51	279,28	7,06	180,16	50,51
Ózsákpusztá	8,39	7,86	4,54	231,44	7,25	122,80	13,83
Halásztelek	7,55	7,39	4,61	258,61	0,08	122,37	21,57
Medgyes- bodzás	7,74	7,73	5,47	418,75	0,02	163,81	24,25
Kapuvár	7,56	7,45	5,64	341,48	0,11	239,14	28,47

Megjegyzés: lg(BAK), lg(SUG), lg(GOM): Baktérium, sugárgomba, és gomba telepek számának logaritmus, agarlemezen kitenyésztve (1 g talaj). CFI-C: Kloroform fumigációs inkubációs módszer alapján meghatározott mikrobiális biomassa-C ( $\mu\text{g/g}$  talaj)

állapítottunk meg a két érték között, ami szerint 1 mg biomassza-C 100 mg/CO<sub>2</sub>-C/óra kezdeti respirációs se 2. táblázatban. SPARLING (1981), valamint ROSS és munkatársai (1984) sem találtak szoros összefüggést a két módszerrel meghatározott biomassza-C között. WARDLE és PARKINSON (1991) a különbséget azzal magyarázza, hogy a CFI módszerrel a kloroform kezelésre érzékeny mikrobiális biomasszát, míg a SIR módszerrel a glükózt hasznosítani képes aktív mikrobiális biomasszát határozzuk meg. A talaj mikrobiális-C-tartalom "ásványi talajok" esetén 20 és 500 µg/g talaj, "szerves talajok" esetén 500 és 2500 µg/g talaj között változik általában (TESAROVA, 1988). A "Talajbanki" talajok az "ásványi" kategóriába tartoznak (C < 6%) a tiborszállási minta kivételével, amelyik tőzegtalaj. Ennél a talajnál a viszonylag alacsony biomassza-C a talaj savanyú jellegének (pH = 4,0) tulajdonítható.

A legkisebb biomassza-C értéket a nyírlugosi talaj esetében kaptuk, mindkét biomassza meghatározási módszernél amelyik amellet, hogy savanyú, az összes talaj közül a legkevesebb összes szerves-C-t tartalmazta. A halásztelki, medgyesbodzási és kapuvári talajok esetében a viszonylag magasabb biomassza-C érték annak tulajdonítható, hogy ezeket kb. fél évvel a vizsgálat előtt gyűjtöttük, ellentétben a többivel, amelyeket kb. 10 évig tároltak. Megvizsgáltuk a két külön-

### 3. táblázat

#### Néhány talajfizikai, -kémiai és -biológiai sajátosság korrelációs mátrixa

	C	8CO <sub>2</sub>	pH	N	f-N	mVK	Ols-P	AL-K	Sac.
8CO <sub>2</sub>	,6986								
pH	,0742	,3607							
N	,9227	,7128	,2595						
f-N	,6553	,3567	-,1762	,6757					
mVK	,5084	,5457	,2768	,6020	,4926				
Ols-P	-,2870	-,3086	-,1286	-,2364	,1457	,0234			
AL-K	,5774	,3862	,0592	,6250	,7029	,4266	-,0845		
Sacch	,8017	,3202	-,2744	,7368	,7937	,4937	-,1061	,6637	
CFI-B	,5324	,3512	,1023	,5617	,5164	,5511	-,4795	,6697	,6213

*Megjegyzés:* C: A talaj szerves-C tartalma; 8CO<sub>2</sub>: 8-hetes CO<sub>2</sub>-produkció (µg CO<sub>2</sub>-C/g talaj); N: A talaj összes-N-tartalma; f-N: A talaj felvehető-N (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + NO<sub>3</sub><sup>-</sup> + NO<sub>2</sub>) tartalma; mVK: A talaj maximális vízkapacitása; Sacch: Szacharáz-aktivitás (mg glükóz/10 g talaj/24 óra); CFI-B.: Mikrobiális biomassza-C, CFI módszer szerint. Kritikus érték (0.05) = +/- ,3694, n = 21

böző módszerrel meghatározott biomassza-C és a talajok néhány fizikai és kémiai tulajdonságai közötti esetleges korrelációt (3. táblázat).

Általában gyenge korrelációt tudunk kimutatni, mindössze az összes szerves-C-tartalom, az összes-N, felvehető-N, az Olsen-P, az AI-K és a szacharáz enzimaktivitás között mutatkozott gyenge de szignifikáns összefüggés. A biomassza-C és a lemezöntéssel meghatározott "összes" baktérium, sugárgomba és gomba szám között a legcsekélyebb összefüggést sem sikerült kimutatni, ami megegyezik az általunk várt eredménnyel. Az SIR módszerrel meghatározott biomassza-C egyik vizsgált tulajdonsággal sem mutatott korrelációt, ezért a táblázatban fel sem tüntettük. Feltételezhetően módszertani hiba történt a kísérlet végrehajtása során, de ennek eldöntése további vizsgálatokat igényel.

Ugyanazon talaj esetében különböző időpontban, de azonos feltételek között végzett fumigáció nagyon jó egyezést mutatott. Vizsgálatainknál azt is megállapítottuk, hogy a fumigáció során nagyon körültekintően kell eljárni, és pontosan azonos körülmények között kell dolgozni. Ez a specifikusság viszont arra is utal, ha más szerzők biomassza-C adatait akarjuk összehasonlítani, akkor azt csak nagyon óvatosan tehetjük meg. Ezért a későbbiek során szükséges a módszer standardizálása és a különböző módon végzett mérések egymáshoz történő kalibrációja, hogy azok egymásba átszámíthatók legyenek.

### Összefoglalás

A talajmikroorganizmusok biomassza-C-tartalmának a JENKINSON & POWLSON (1976) féle kloroform fumigációs inkubációs (CFI) és az ANDERSON & DOMSCH (1978) féle szubsztrát indukált respirációs (SIR) módszerét továbbfejlesztettük gázkromatográffal történő CO<sub>2</sub>-meghatározásra. A zárt edényben történő inkubáció során a CO<sub>2</sub>-produkció sebessége függött az edényben lévő talaj mennyiségétől, minél kisebb volt a talajtömeg/edénytérfogat arány, annál nagyobb volt a CO<sub>2</sub>-termelés sebessége.

A CFI módszerrel a 8-10 napos inkubáció alkalmasnak bizonyult a biomassza meghatározáshoz, mivel ennyi idő elegendő volt ahhoz, hogy a fumigált és a kontroll-talaj CO<sub>2</sub>-termelése közel azonosá váljon a vizsgált 2 talaj esetében. A kloroform fumigációt követő 10-napos inkubáció során a biomassza mineralizációjának üteme függött a talaj típusától.

A SIR módszerrel az inkubáció első négy órája használható a biomassza-meghatározáshoz a linearitás teljesülése miatt.

Nem volt kimutatható korreláció a CFI és SIR módszer alapján meghatározott biomassza-C és az összbaktérium-, sugárgomba- és gombaszám között sem. A SIR módszerrel meghatározott biomassza-C értékek egyik vizsgált talajtulajdonsággal sem mutattak összefüggést.

Gyenge korreláció volt kimutatható a 21 talajmintában CFI-biomassza-C és a vizsgált talajok szerves-C, teljes-N, Olsen-P és szacharáz-aktivitás között.

### Irodalom

- ANDERSON, J. P. E. & DOMSCH, K. H., 1978a. Mineralisation of bacteria and fungi in chloroform fumigated soils. *Soil Biol. Biochem.* **10**. 207-213.
- ANDERSON, J. P. E. & DOMSCH, K. H., 1978b. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soil. *Soil Biol. Biochem.* **10**. 215-221.
- ANTAL, M. & ANTON, A., 1986. Comparative studies on saccharase activity of different Hungarian soils. *Zbl. Mikrobiol.* **141**. 495-501.
- CHANDER, K. & BROOKES, P. C. 1991. Plant inputs of carbon to metal-contaminated soil and effects on the soil microbial biomass. *Soil Biol. Biochem.* **23**. 1169-1177.
- CHRISTIE, P. & BEATTIE, J. A. M., 1987. Significance of sample size in measurement of soil microbial biomass by the chloroform fumigation-incubation method. *Soil Biol. Biochem.* **19**. 149-152.
- JENKINSON, D. S. & POWLSON, D. S., 1976. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring soil biomass. *Soil Biol. Biochem.* **8**. 209-213.
- MARTENS, R., 1987. Estimation of microbial biomass in soil by the respiration method: Importance of soil pH and flushing methods for the measurement of respired CO<sub>2</sub>. *Soil Biol. Biochem.* **19**. 77-81.
- ROSS, D. J., ORCHARD, V. A. & RHOADES, D. A., 1984. Temporal fluctuation in biochemical properties of soil under pasture. I. Respiration activity and microbial biomass. *Australian Journal of Soil Research.* **22**. 303-317.
- SMITH, J. L. et al., 1986. Calculation of microbial maintenance rates and net nitrogen mineralization in soil at steady-state. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **50**. 332-338.
- SPARLING, G. P., 1981. Microcalorimetry and other methods to assess biomass and activity in soil. *Soil Biol. Biochem.* **13**. 93-98.
- SPARLING, G. P. & WEST, A. W., 1990. A comparison of gas chromatography and differential respirometer methods to measure soil respiration and to estimate the soil microbial biomass. *Pedobiologia.* **34**. 103-112.
- SZEGI, J. GULYÁS, F. & FÜLEKY G., 1984. Influence of soil properties on the biological activity. *Zbl. Mikrobiol.* **139**. 527-536.
- TESAROVA, M., 1988. Microorganisms and the carbon cycle in terrestrial ecosystems. In: *Soil microbial associations, control of structures and functions.* (Eds.: VANCURA, V. & KUNC, F.) 339-405. *Academia. Praha.*
- VAN VEEN, J. A., LADD, J. N. & FRISSEL, M. J., 1984. Modelling C & N turnover through the microbial biomass in soil. *Plant & Soil.* **76**. 257-274.

- VORONEY, R. P. & PAUL, E. A., 1984. Determination of kC and kN in situ for calibration of the chloroform fumigation incubation method. *Soil Biol. Biochem.* **16.** 9-14.
- WARDLE, D. A. & PARKINSON, D. 1991. A statistical evaluation of equations for predicting total microbial biomass carbon using physiological and biochemical methods. *Agriculture, Ecosystems and Environment.* **34.** 75-86.

*Érkezett: 1992. július 25.*

**Determination of the Microbial Biomass-C Content of Some Hungarian  
Soils Using the Chloroform Fumigation and Substrate-Induced  
Respiration Methods**

T. SZILI KOVÁCS and J. SZEGI

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian  
Academy of Sciences, Budapest

**Summary**

The chloroform fumigation incubation (CFI) method elaborated by JENKINSON & POWLSON (1976) and the substrate-induced respiration (SIR) method evolved by ANDERSON & DOMSCH (1978) for the determination of the biomass-C contents of soil microorganisms were modified to include the determination of CO<sub>2</sub> with a gas chromatograph.

During incubation in a closed vessel, the rate of CO<sub>2</sub> production depended on the quantity of soil in the vessel: the lower the soil mass/vessel volume ratio, the greater the rate of CO<sub>2</sub> production.

A weak correlation could be demonstrated in the 21 soil samples between the CFI-biomass-C values and the organic C, total N, Olsen P and saccharase activities of the soils tested.