

Szerves anyag lebomlás vizsgálatok módszertani kérdései egy védett homokpusztagyep talajában

Seres Anikó¹, Tóth Zsolt², Hornung Erzsébet², Pörneki Anita¹, Szakály Judit¹, Nagy Péter István¹, Boros Gergely³, Ónodi Gábor³ és Kröel-Dulay György³

¹Szent István Egyetem, MKK, Állattani és Állatökológiai Tanszék, 2100, Gödöllő, Páter K. u. 1.

²Szent István Egyetem, ÁOTK, Biológiai Intézet, Ökológiai Tanszék, 1077, Budapest, Rottenbiller u. 50.

³MTA Ökológiai Kutatóközpont, Ökológiai és Botanikai Intézet, 2163, Vácrátót, Alkotmány u. 2-4.

e-mail: seres.aniko@mkk.szie.hu

Összefoglaló: Kutásunkban a szervesanyag lebomlását vizsgáltuk egy klímaváltozás-kísérletben különböző módszerekkel. A „minikonténer” technikával a homokpusztagyep két domináns fűfajának, illetve a habitat független „tea bag” módszerrel egy standard szerves anyagnak (Rooibos tea) a lebomlását követtük figyelemmel. Kérdéseink a következők voltak. (i) Mennyiben vezet hasonló eredményre a habitat specifikus illetve a habitat független módszer a lebomlás időbeni dinamikájának becslésében? (ii) Van-e az egyszerű aszálykezelésnek kimutatható hatása? (iii) Van-e a növényfajoknak (*Festuca vaginata*, *Stipa borysthénica*) és növényi részeknek (hajtás és gyökér), illetve a talajmélységnek hatása a lebomlás sebességére? A kísérlet első időszakának eredményei alapján a minikonténer módszer alkalmazásával átlagosan a szerves anyag 15,45%-a, míg a „tea bag” módszer esetén 15,8%-a bomlott le. A kezelés ekkor még nem okozott statisztikailag igazolható eltérést egyik módszer esetén sem, de mind a növényfajnak, mind a növényi résznek, mind a mélységnek erős szignifikáns hatása volt a lebomlás százalékos arányára. A tömegvesztés nagyobb volt a *Festuca vaginata* faj, a növények hajtása és a nagyobb mélység esetében. A kezdeti eredmények alapján mindkét módszer hasonlóan érzékenynek bizonyult a lebontási folyamat követésére. A „tea bag” módszer előnye, hogy egyszerű, könnyen kivitelezhető, a minikonténer módszer pedig több-fajta kérdésfelvetésre ad lehetőséget.

Kulcsszavak: dekompozíció, minikonténer, tea bag, klímaváltozás, avar

Bevezetés

A holt szerves anyag lebomlása (dekompozíció) a szénkörforgalom egyik fontos eleme. A talajok szervesanyag-tartalmának változása a globális klímaváltozással kapcsolatos kutatások egyik kulcsterülete, mert a lebomlás sebessége érzékenyen reagál a hőmérséklet emelkedésére és a csapadék mennyiségének és eloszlásának megváltozására (Kirschbaum 1995, van Meeteren *et al.* 2008, Smith 2012).

A minikonténer módszert kifejlesztése óta (Eisenbeis *et al.* 1999) különböző vizsgálatokban tesztelték, elsősorban erdei és mezőgazdasági talajokon (Keplin & Hüttl 2001, Lenz & Eisenbeis 1998). A minikonténerekbe az adott élőhelyen honos növények különböző részeit töltik, így jól lehet a segítségével vizsgálni, hogy az adott élőhelyen milyen a lebomlás dinamikája (habitat specifikus módszer), azonban a globális összehasonlítások nehézkesek vele. A „tea bag” vagy tea filter alkalmazása pedig egészen új módszer a lebomlási vizsgálatokban, használatával kapcsolatban kevés adat áll rendelkezésre (Keuskamp *et al.* 2013). Mivel ennél a módszernél egy standard szerves anyag (adott teafajta) lebomlását vizsgáljuk, az eljárás lehetővé teszi a globális összehasonlítást, ezért is nevezik habitat független módszernek.

Egy klímaváltozást szimuláló kísérlet első évében a minikonténer módszerrel a homokpusztagyepék két domináns fűfajának lebomlását, míg a „tea bag” módszerrel – mint egyfajta „litterbag” technikával – egy standardizálható modellt szerves anyag (itt Rooibos tea) lebomlását vizsgáltuk az aszálykezelés hatására. Kérdéseink a következők voltak: (i) Mennyiben vezet hasonló eredményre a habitat specifikus illetve a habitat független módszer a lebomlás időbeni dinamikájának becslésében? (ii) Van-e az egyszери aszálykezelésnek kimutatható hatása az első két hónapos időszak (egy hónapos aszálykezelés) alatt? (iii) Van-e a növényfajoknak (*Festuca vaginata* Waldst. & Kit. ex Willd; *Stipa borysthenica* Klokov ex Prokudin in Wulf.) és a növényi részeknek (hajtás és gyökér), illetve a talajmélységnek (0–5 cm, 10–15 cm) hatása a lebomlás sebességére?

Módszerek

Kísérleti terület, kezelések

Vizsgálatunk egy nagy kísérletsorozat része, aminek fő kérdése, hogy a klímaváltozás hogyan hat majd a homokpusztagyepék fajösszetételére és ökológiai folyamataira. A kísérlet neve ExDRain (Extreme Drought and Chronic Rain Manipulation Experiment), azaz Extrém szárazság és esőmanipulációs kísérlet. A kísérleti terület Kecskemét közelében Fülöpházán található. A 3x3 méteres parcellákra osztott terület egyes részein 2014-ben egy szélsőségesen erős aszályt szimuláltunk. A kezelés a minták talajba való helyezése után egy hónappal indult (2014. 04. 24.), amikor a parcellák fölé a csapadékot kizáró tetők kerültek. A mintaterület néhány fontos talajtani paramétere a 0–1 centiméteres felső rétegben: homok tartalom: 97%, humusz tartalom: 0,7% (Kovács-Láng 2000).

Minikonténer módszer

A két domináns fűfaj dekompozíciójának mérését az Eisenbeis és munkatársai által 1999-ben leírt módszerrel végeztük (Eisenbeis *et al.* 1999). A módszer lényege, hogy műanyag, földbe szúrható karókba műanyag konténereket helyezünk, amikbe az adott területen élő növények anyagait töltjük. Vizsgálatunkban 2 mm-es lyukméretű hálót használtunk, ami a mezo- és mikrofauna számára átjárható, de a nagyobb átmérőjű makrofauna elemeit kizárja. Minden parcellába (24 kontroll és 6 aszálykezelt) nyolc karót helyeztünk el véletlenszerűen. Ezek közül négybe homoki árvalányhajat (*Stipa borysthena*) négybe pedig magyar csenkeszt (*Festuca vaginata*) töltöttünk. Az előző év (2013) novemberében gyűjtött növényeket megtisztítottuk és szárítószekrényben 40 °C-on tömegállandóságig szárítottuk. Minden minikonténerbe 0,15 g növényi anyag került. Az általunk használt rudakba összesen hat minikonténer helyezhető, amikből a felső és az alsó két-két lyukat használtuk. A rudak felső két minikonténera a talaj felső 5 cm-ét, az alsó kettő pedig a 10-15 cm-es mélységet mintázza. A felső és alsó két-két lyukat a statisztikai értékelésnél egy mélységként kezeltük. A felső öt centiméteren intenzív lebontás zajlik, de a homoktalajokon a 10-15 centiméteres rétegben is nagymértékű lehet a mikrobiális aktivitás. Felülről az első és ötödik minikonténerbe hajtás, a másodikba és hatodikba gyökér részeket tettünk, mivel a természetes lebontási folyamat során is a gyökér helyezkedik el lejjebb. A kísérlet indulásától (2014.03.26.) számítva két hónap elteltével (2014.05.21.) mind a 30 parcellából egy árvalányhajat és egy magyar csenkeszt tartalmazó minikonténer rudat távolítottunk el a talajból. A kontroll parcellákban minden kezelés kombinációt (növényfaj, mélység, növényi rész) huszonnégy ismétlésben (192 minikonténer), míg az aszálykezelt parcellák esetén hat ismétlésben (48 minikonténer) állítottunk be. A kontroll parcellákban azért dolgoztunk nagyobb mintaszámban, mert a későbbiekben tervezzük egy kis léptékű, parcellaszintű összevetését a lebomlás mintázatának és a háttéradatoknak. A mintákat alapos tisztítás után szárítószekrényben 40 °C-on tömegállandóságig szárítottuk, majd a növényi részek tömegét visszamértük analitikai mérlegem három tizedes pontossággal.

„Tea bag” módszer

A módszertani leírást (Keuskamp *et al.* 2013) követve Lipton gyártmányú Rooibos (<http://liptontea.elsstore.com/view/category/299-pyramid-tea/>) gúla alakú, 280-300 µm lyukméretű műanyag hálóból készült filtereket használtunk. A tea-filtereket a vízdékony anyagok eltávolítása céljából előzetesen kiáztattuk, majd 35° C-on, szárítószekrényben történt kezelés után ezred grammnyi pontossággal lemértük, és a terepen a talaj felső 3-5 centiméterébe leáztuk. Szintén huszonnégy ismétlésben dolgoztunk a kontroll és hat ismétlésben a kezelt parcellákban, ami

összesen 30 tea filter adatainak kiértékelését jelentette. A felszedett filterek tömegét a homok kimosása, gyökerek eltávolítása és 35°C-os szárítószekrényben tömegállandóságig történő szárítás után analitikai mérlegben visszamértük.

Háttérváltozók

A kísérlet során folyamatosan mértük minden parcellában a talajhőmérsékletet (Jumo RTD szenzor: Pt100) és a talajnedvességet a talajban elhelyezett talajnedvesség-szenzorokkal (CampbellCS616) a felszín alatt 0-30 cm-en. A kapott adatok a talajnedvesség esetében a 0-30 centiméteres talajréteg átlagát jelentik, míg a talajhőmérséklet mérése a talajfelszín alatt 10 centiméterrel történt. A vizsgált hónapokban mért csapadékmennyiségek a következők voltak összehasonlítva a múltbeli (1961-1990) átlagos csapadékmennyiségekkel (Kovács-Láng 2000): március: 9 mm (30 mm), április: 55 mm (41 mm), május: 117 mm (51 mm).

Statisztikai értékelés

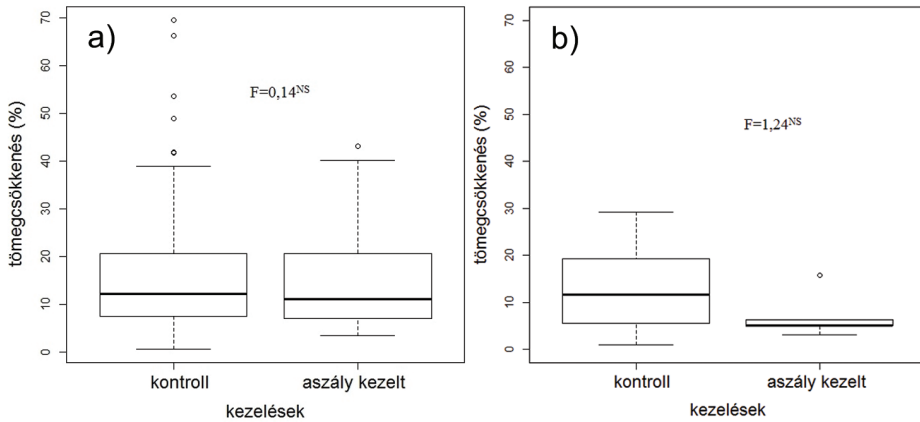
Az alkalmazhatósági feltételek vizsgálata után az eredményeket R program segítségével elemeztük (R Core Team 2013). Az eredmények értékelésére több utas ANOVA-t használtunk, a függő változó a százalékos tömegcsökkenés volt. Magyarázó változóként az aszálykezelés két szinttel (igen, nem) szerepelt mindkét módszer esetében. A minikonténer módszernél további magyarázó változók voltak: a talajmélység (alsó, felső), a növényfaj (*F. vaginata*, *S. borysthenica*) és a növényi rész (hajtás, gyökér). A talajnedvesség és talajhőmérséklet adatokat a két kezelés esetében páros t-próbával hasonlítottuk össze.

Eredmények

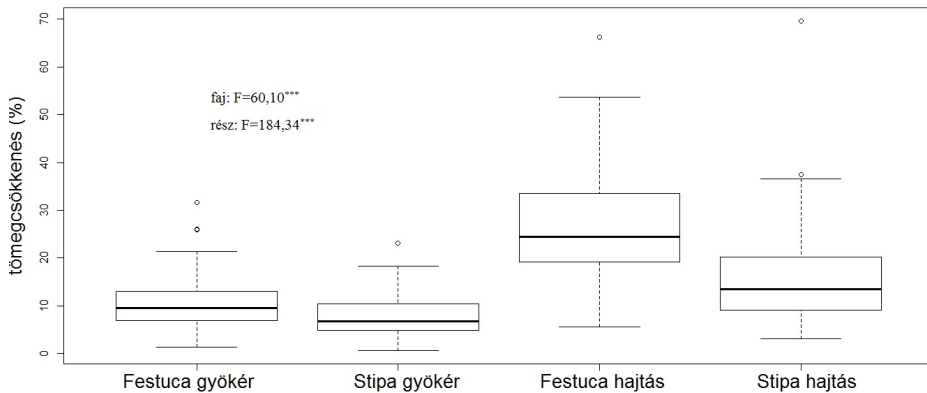
A talajhőmérséklet és talajnedvesség adatokban az aszálykezelés szignifikáns különbséget okozott (t-próba: $p < 0,001$) az általunk vizsgált időtartam alatt. A kísérlet második hónapjára számolt átlagos talajnedvesség értékek a következők voltak: a kontroll parcellákban $6,34 \pm 0,4\%$, míg a kezelt parcellákban $5,1 \pm 0,4\%$. A talajhőmérséklet értékek a következőképpen alakultak a második hónapban: a kontroll parcellákban átlagosan $17,85 \pm 0,3$ °C-os, míg a kezelt parcellákban $18,97 \pm 0,18$ °C-os értékeket mértünk.

Az első (két hónapos) felvétel eredményei alapján a minikonténeres módszerrel átlagosan a szerves anyag 15,45 (SD = 11,21)%-a bomlott le, míg a „tea bag” módszer esetén 15,8 (SD = 4,14)%. Az ekkor egy hónapja tartó aszálykezelésnek nem volt hatása sem a minikonténeres (1.a. ábra, $F = 0,14$; $p = 0,71$), sem a „tea bag” módszer esetén (1.b. ábra, $F = 1,24$; $p = 0,32$). A minikonténer módszer al-

kalmazásánál a növényfajnak (2. ábra, $F = 60,10$; $p < 0,001$), a növényi résznek (2. ábra, $F = 184,34$; $p < 0,001$) és a mélységnek (3. ábra, $F = 49,90$; $p < 0,001$) is erős szignifikáns hatása volt a lebomlás mértékére. A lebomlás gyorsabb volt a *Festuca vaginata* faj, ill. a növények hajtása és a nagyobb mélység esetében.



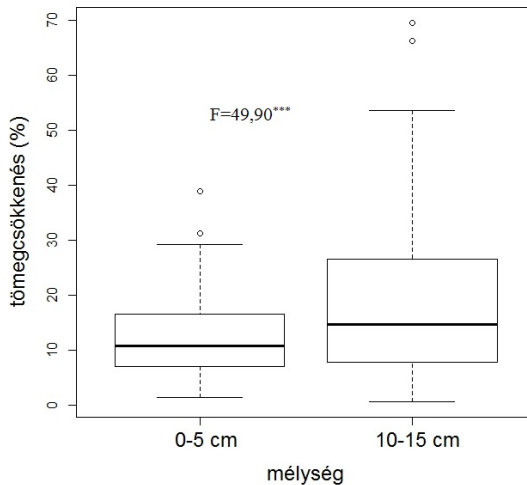
1. ábra. Extrém aszálykezelés hatása a szerves anyag tömegsökkenésére minikonténer módszer (a) illetve „tea bag” módszer (b) alkalmazása esetén. (Az egyes csoportok mediánjai, alsó és felső kvartilisei, valamint a minimum és a maximum értékek.)



2. ábra. A növényfaj (*Festuca vaginata*, *Stipa borysthonica*) és a növényi rész (hajtás, gyökér) hatása a szerves anyag tömegsökkenésére minikonténer módszer alkalmazása esetén. (Az egyes csoportok mediánjai, alsó és felső kvartilisei, valamint a minimum és a maximum értékek.)

Értékelés

Az egy hónapos aszálykezelés (csapadék kizáró tetők felhelyezése) szignifikáns különbséget okozott a kontroll és kezelt parcellák között a talajnedvesség és talajhőmérséklet esetében. Azonban a kezelés ebben a rövid időintervallumban még nem volt szignifikáns hatással a lebomlás sebességére, hasonlóan Kemp és munkatársai (2003) eredményeihez. Az ő vizsgálatukban a szárazság kezelésnek (csapadék kizárás júniustól szeptemberig) a 41 hónapos kísérlet első 18 hónapjában nem volt hatása a dekompozíciós rátára a két vizsgált faj esetében (*Larrea tridentata* és *Prosopis glandulosa*). Irodalmi adatok szerint kedvezőbb vízháztartású talajokon a mikrobák és a mikrofauna tagjainak létszáma a talajban a nagyobb mélység felé haladva csökken (Ekelund *et al.* 2001, Eilers *et al.* 2012), amivel arányosan a mélységgel csökkenő lebomlási rátát várnánk. Kísérletünkben azonban szignifikánsan gyorsabb volt a bomlás a nagyobb mélység esetén. Feltevézéseink szerint a homoktalajok kedvezőtlen vízgazdálkodási tulajdonságai okozták ezt a jelenséget, miszerint a felső néhány centiméter – különösen a kopár foltokban – erősen kiszárad, ami kedvezőtlen a talaj élőlényei számára. Kemp és munkatársai (2003), közös alcsaládba sorolható (Rosidae) fajok (*Larrea tridentata* és *Prosopis glandulosa*) lebomlását vizsgálva eredményeinkhez hasonlóan a hajtásokra kaptak gyorsabb átlagos bomlási értékeket (40–50%) a gyökerekre pedig



3. ábra. Mélység hatása a szerves anyag tömegcsökkenésére a minikonténer módszer alkalmazása esetén. (Az egyes csoportok mediánjai, alsó és felső kvartilisei, valamint a minimum és a maximum értékek.)

alacsonyabbakat (20–25%). Vizsgálatunkban a hajtások átlagos fogyása 21,72 (\pm 12,39)%, a gyökereké 9,34 (\pm 5,24)% volt ez alatt az első két hónapos időtartam alatt. A gyökerek lassabb bomlását valószínűleg a magasabb lignin tartalommal illetve a magasabb C/N aránnyal magyarázhatjuk (Galletti *et al.* 1993). Zhang és munkatársai (Zhang *et al.* 2014) a *Spartina alterniflora* különböző részeinek lebomlását megfigyelve, arra a következtetésre jutottak, hogy a virágok és a levelek gyorsabban bomlottak le, mint a szár, azok magasabb N tartalma, illetve alacsonyabb C/N aránya miatt.

A kapott eredmények alapján megállapíthatjuk, hogy az első, kezdeti eredmények alapján mindkét módszer hasonlóan érzékenynek bizonyult a lebontási folyamat követésére: a lebomlási sebesség vizsgálatához elegendőnek tűnik az alacsony költség és munka befektetést igénylő „tea bag” módszert alkalmazni. Ez a technika alkalmas lehet különböző habitat típusokhoz tartozó lebomlási folyamatok objektív összehasonlítására. A finomabb skálájú, objektum specifikussá tehető minikonténer módszer a lokális sajátosságú vizsgálatokhoz (növény faj, növényi rész, talajmélység stb.) ajánlható. A két módszer együttes alkalmazása lehetővé teszi a habitat szinten történő komplex összevetést, a különböző skálán alkalmazható „tea bag” technika uniform, globális és a minikonténer módszer lokális jellege, érzékenysége alapján.

Esetünkben a hosszú távra tervezett kísérletben mindkét módszer, illetve a minikonténeres technika esetén mindhárom vizsgált változó megtartását fontosnak tartjuk. További években tervezzük még a növények C/N, illetve lignin analizisének elvégzését, valamint a talajnedvesség mérését a két releváns talajmélységben (0-5 cm, illetve 10-15 cm). A homokpusztagyeppek hosszú távú klímanipulációs vizsgálatán belül a szervesanyag lebomlás dinamikájának pontos nyomon követése segítheti a szénkörforgalom várható változásainak előrejelzését.

Köszönetnyilvánítás – A munkát támogatta: „Kutató Kari Kiválósági támogatás - Research Centre of Excellence - 9878/2015/FEKUT”, a Lendület Program, a SZIE ÁOTK Kutató Kari Kiválósági Támogatás (KK_UK 12007 (HE)), és az Országos Tudományos Kutatási Alapprogram (K112576). A kutatási projektet az Alsó-Tisza-vidéki környezetvédelmi, természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség engedélyével folytatjuk (határozat száma: 71.293-5-1/2012).

Irodalomjegyzék

Eilers, K. G., Debenport, S., Anderson, S. & Fierer, N. (2012): Digging deeper to find unique microbial communities: The strong effect of depth on the structure of bacterial and archaeal communities in soil. – *Soil Biol. Biochem.* **50**: 58–65.

- Eisenbeis, G., Lenz, R. & Heiber, T. (1999): Organic Residue Decomposition: The Minicontainer-System A Multifunctional Tool in Decomposition Studies. – *Environ. Sci. Pollut. Res.* **6** (4): 220–224.
- Ekelund, F., Rønn, R. & Christensen, S. (2001): Distribution with depth of protozoa, bacteria and fungi in soil profiles from three Danish forest sites. – *Soil Biol. Biochem.* **33**: 475–481.
- Galletti, G. C., Reeves, J. B., Bloomfield, J., Vogt, K. A. & Vogt, D. J. (1993): Analysis of leaf and fine-root litter from a subtropical montane rain forest by pyrolysis-gas chromatography mass spectrometry. – *J. Anal. Appl. Pyrolysis.* **27**: 1–14.
- Kemp, P. R., Reynolds, J. F., Virginiaz, R. A. & Whitford, W. G. (2003): Decomposition of leaf and root litter of Chihuahuan desert shrubs: effects of three years of summer drought. – *J. Arid Environ.* **53**: 21–39.
- Keplin, B. & Hüttl, R. F. (2001): Decomposition of root litter in *Pinus sylvestris* L. and *Pinus nigra* stands on carboniferous substrates in the Lusatian lignite mining district. – *Ecol. Eng.* **17**(2-3): 285–296.
- Keuskamp J. A, Dingemans B. J. J., Lehtinen T., Sarneel J. M. & Hefting M. M. (2013): Tea Bag Index: a novel approach to collect uniform decomposition data accross ecosystems. – *Methods Ecol. Evol.* **4** (11): 1070–1075.
- Kirschbaum, M. U. F. (1995) The temperature dependence of soil organic matter decomposition, and the effect of global warming on soil organic C storage. – *Soil. Biol. Biochem.* **27** (6): 753–760.
- Kovács-Láng E, Kröel-Dulay G, Kertész M, Fekete G, Bartha S, Mika J, Dobi-Wantuch I, Rédei T, Rajkai K, Hahn I. (2000) Changes in the composition of sand grasslands along a climatic gradient in Hungary and implications for climate change. – *Phytocoenologia* **30**: 385–407.
- Lenz R. & Eisenbeis G. (1998): An extraction method for nematodes in decomposition studies using the minicontainer-method. – *Plant Soil* **198**: 109–116.
- R core team (2013): R STATISZTIKAI PROGRAM: <http://www.r-project.org/>
- Smith, P. (2012): Soils and climate change. – *Curr. Opin. Environ. Sustainability* **4**: 539–544.
- van Meeteren, M. J. M., Tietema, A., van Loon, E. E. & Verstraten, J. M. (2008): Microbial dynamics and litter decomposition under a changed climate in a Dutch heathland. – *Appl. Soil Ecol.* **38**: 119–127.
- Zhang, L. H., Tong, C., Marrs, R., Wang, T. E., Zhang, W. J. & Zeng, C. S. (2014): Comparing litter dynamics of *Phragmites australis* and *Spartina alterniflora* in a sub-tropical Chinese estuary: Contrasts in early and late decomposition. – *Aquat. Bot.* **117**: 1–11.

Methodological questions of organic matter decomposition in the soil of a protected sand grassland

Anikó Seres¹, Zsolt Tóth², Erzsébet Hornung², Anita Pörneki¹, Judit Szakálas¹, Péter István Nagy¹, Gergely Boros³, Gábor Ónodi³
and György Kröel-Dulay³

¹ Department of Zoology and Animal Ecology, Szent István University
H-2100, Gödöllő, Páter K. u. 1, Hungary

² Department of Ecology, Institute for Biology, Szent István University
H-1077, Budapest, Rottenbiller u. 50, Hungary

³ MTA Centre for Ecological Research, Institute of Ecology and Botany
H-2163, Vácrátót, Alkotmány u. 2-4, Hungary
e-mail: seres.aniko@mkk.szie.hu

Organic matter decomposition was studied in a climate change field experiment. The decomposition of the two dominant grass species of open sand grasslands were measured with the minicontainer method, and the decomposition of a standard organic matter was measured using tea bag method. We aimed to answer the following questions: Do the two methods lead to similar results in estimating decomposition dynamics? Does the one month extreme drought affect decomposition rates? Do the decomposition rates differ between plant species (*Festuca vaginata* vs. *Stipa borysthenica*), plant parts (shoot vs. root) and the soil depths (0-5 cm vs. 10-15 cm)? Based on the results of the first period of the experiment, 15.45% of the total organic matter was decomposed with the minicontainer method and 15.8% with the tea bag method. The drought treatment did not significantly affect decomposition rate, but plant species, plant part and soil depth had strong significant effects on the decomposition rate. The losses were greater for *Festuca vaginata*, for plant shoot and in deeper soil layer. Based on these results, both methods are sensitive enough to assess the decomposition dynamics in open sand grassland.

Keywords: minicontainer, tea bag, climate change