

Előzetes eredmények városi talajok lebontó hatásfokának vizsgálatáról (GLUSEEN-Projekt, Budapest)

Tóth Zsolt¹, Hornung Erzsébet¹, Sarel Cilliers², Dombos Miklós³,
Johan Kotze⁴, Heikki Setälä⁴, Stephanie A. Yarwood⁵,
Ian D. Yesilonis⁶, Richard V. Pouyat⁶ és Szlávecz Katalin⁷

¹*Szent István Egyetem, Állatorvostudományi Kar, Biológiai Intézet, Ökológiai Tanszék,
1077 Budapest, Rottenbiller u. 50.*

²*North-West University, South Africa*

³*MTA Agrártudományi Kutatóközpont, Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet*

⁴*University of Helsinki, Finland*

⁵*University of Maryland, USA*

⁶*USDA Forest Service, USA*

⁷*Johns Hopkins University, USA*

e-mail: zsolt.toth87@gmail.com

Összefoglaló: A „Global Urban Soil Ecology and Education” hálózat előkészítő kutatása második éve folyik – a világ 4 régiójának 5 helyszínén –, Magyarország részvételével. A kutatás célja az ún. „konvergencia hipotézis” tesztelése különböző minőségű/zavartságú városi talajok szerves anyag lebontási hatásfokán keresztül. A konvergencia hipotézis szerint a természetes ökoszisztémák az urbanizáció hatására hasonló irányú változást mutatnak globális szinten. A cél mind tudományos igényű kutatások, mind az érdeklődő lakosság bevonására alkalmas egyszerű, könnyen kivitelezhető, költséghatékony módszerek kidolgozása, tesztelése. A kutatás során 4 élőhelytípust (5–5 ismétlésben) jelöltünk ki: 1) erősen zavart (ruderalis), 2) városi gyepek, 3) az urbanizáció eredményeként fragmentálódott erdőfoltok és 4) referenciaként szolgáló természetközeli erdők területei. A szervesanyag bomlásának mértékét 2013-ban leásott teafilterekkel vizsgáltuk, amelyeket 4, 6, 10, 12 hónap után gyűjtöttünk vissza. Eredményeink szerint a 6. hónaptól szignifikáns különbség mutatkozott az élőhelytípusok között a lebontási sebességben ($F = 11,238$; $p < 0,0001$), ami a városi gyepeken és ruderalis élőhelyeken volt a legnagyobb. Ez összhangban van a többi 4 városban kapott eredménnyel, ami alátámasztja a konvergencia hipotézist: a különböző éghajlatú, alapkőzetű talajok kémhatása és humusztartalma az erősen zavart és városi gyepek élőhelyek esetén azonos irányú változást mutatnak világszerte.

Kulcsszavak: konvergencia hipotézis, „tea bag” módszer, ökoszisztéma-szolgáltatás, szervesanyag lebomlás

Bevezetés

Az ENSZ legfrissebb felmérése szerint ma a Föld népességének kb. 54%-a városokban él, ami vélhetően tovább fog emelkedni a következő évtizedekben (UN 2014). Az ember által módosított ökoszisztémák (városok) működésének vizsgálata így még inkább fontos célkitűzés, ugyanis sok szempontból is jelentős ökoszisztéma-szolgáltatások hordozói. Ilyen többek között a talaj anyag-körforgásban és klímaregulációban betöltött szerepe is, amely a globális felmelegedés révén mindinkább meghatározó (Barrios 2007, Dominati *et al.* 2010). A talajok, mint jelentős szén rezervoárok kiemelt jelentőséggel bírnak a karbonciklus és ezáltal a levegő CO₂ illetve egyéb üvegházhatású gázok kibocsátásának, illetve elnyelésének befolyásolásában (Davidson & Janssens 2006, Heimann & Reichstein 2008, Marhan *et al.* 2015). Számos kutatás irányul a talajban lejátszódó lebontó folyamatok és az azt befolyásoló abiotikus tényezők kapcsolatának tanulmányozására, amely faktorok közül a leggyakoribbak a hőmérséklet (Vanhala *et al.* 2008), a csapadék/nedvesség (Salamanca *et al.* 2003, Brunn *et al.* 2014), a kőzet és a talaj fiziko-kémiai tulajdonságai (Setia *et al.* 2013, Cui & Holden 2015). Egyre több olyan publikáció is napvilágot lát, amelyek középpontjában a biodiverzitás – szerves anyag dekompozíció viszony áll (Hättenschwiler *et al.* 2005, Hättenschwiler 2010, Nielsen *et al.* 2011). Az antropogén hatások azonban nemcsak közvetett módon (biodiverzitás csökkenése/minőségi változás, éghajlatváltozás stb.) érzetik hatásukat, hanem közvetlenül is befolyásolják a holt szerves anyag bomlását, elsősorban a területhasználat és szennyezés révén (Zwoliński 1994, Groffman *et al.* 2006, Pouyat *et al.* 2007, 2008). A tipikus emberi élőhelynek minősülő városokban azonban ezidáig nem sok ilyen jellegű kutatást végeztek, holott a fokozódó urbanizáció miatt ezekre mindinkább szükség lenne.

Az emberi településeknek jelentős homogenizáló hatása is van, ami a világ különböző pontjain megfigyelt – biotikus és abiotikus tényezőkben bekövetkező –, hasonló irányú változásokat eredményez. Ez a jelenség az alapja az úgynevezett konvergencia-hipotézisnek is, ami szerint az eltérő éghajlati és geológiai jellemzőkkel bíró területeken hasonló jellegű urbánus élőhelytípusok jönnek létre antropogén hatások következtében (Pouyat *et al.* 2003).

Egy széles társadalmi részvétellel épülő, nemzetközi kutatás részeként Baltimore (USA), Lahti, Helsinki (Finnország) és Potchefstroom (Dél-Afrikai Köztársaság) mellett Budapest budai oldalán több városi élőhely került kijelölésre, ahol a városi talajok lebontó folyamatainak kvalitatív és kvantitatív vizsgálata zajlik. A GLUSEEN (Global Urban Soil Ecological Education Network) elnevezésű projekt központi, konvergencia-hipotézisének tesztelése során a következő kérdésekre keressük a válaszokat: 1) az urbanizáció hatása a talaj-ökoszisztémákra, 2)

a természetes és antropogén talajképző faktorok egymáshoz viszonyított jelentősége, 3) milyen abiotikus tényezőkben különböznek a világ városainak talajai, 4) a városok homogenizáló hatása. További cél a világon egységesen alkalmazható, egyszerű, standardizálható módszerek kidolgozása.

Módszerek

Mintavételi helyek kiválasztása

Az élőhelyek kijelölésénél alapvető szempont volt a városon belüli egységes alapkörzet, de a talajtípus, a növényzet, a terület nagysága, megközelíthetősége és elhelyezkedése is szerepet játszott a választásban. A főváros budai oldalán a dolomit és/vagy mészkő, mint uralkodó alapkörzetek révén közel hasonló talajtani adottságú és vegetációjú területek álltak rendelkezésre. Ezeket – a területeket ért antropogén zavarás és kezelés alapján – a következő élőhelytípusokba soroltuk: erősen zavar (ruderalis) (intenzív zavarás/alacsony kezelés), rekreációs célokat szolgáló városi gyepek (intenzív zavarás/közepes kezelés), a természetes vegetációból még

1. táblázat. A budapesti vizsgálatok mintavételi helyei.

Helyszín	Élőhelytípus		
Rókahegy (N47.58982°; E19.03114°)	erősen zavar	városi gyepek	városi erdőfragment
Remetehegy (N47.53917° E19.01677°)	erősen zavar	városi gyepek	városi erdőfragment
Mátyáshegy (N47.53578° E19.01748°)	erősen zavar	városi gyepek	városi erdőfragment
Ferenchegy (N7.52678° E19.01375°)	erősen zavar	városi gyepek	városi erdőfragment
Virányos (N47.51573° E18.98398°)	erősen zavar	városi gyepek	városi erdőfragment
Hármashatárhegy (N47.54482° E19.00875°)			referencia
Budakeszi1 (N47.52782° E18.89850°)			referencia
Budakeszi2 (N47.52723° E18.90282°)			referencia
Budakeszi3 (N47.52870° E18.89727°)			referencia
Zugliget (N47.51556° E18.97240°)			referencia

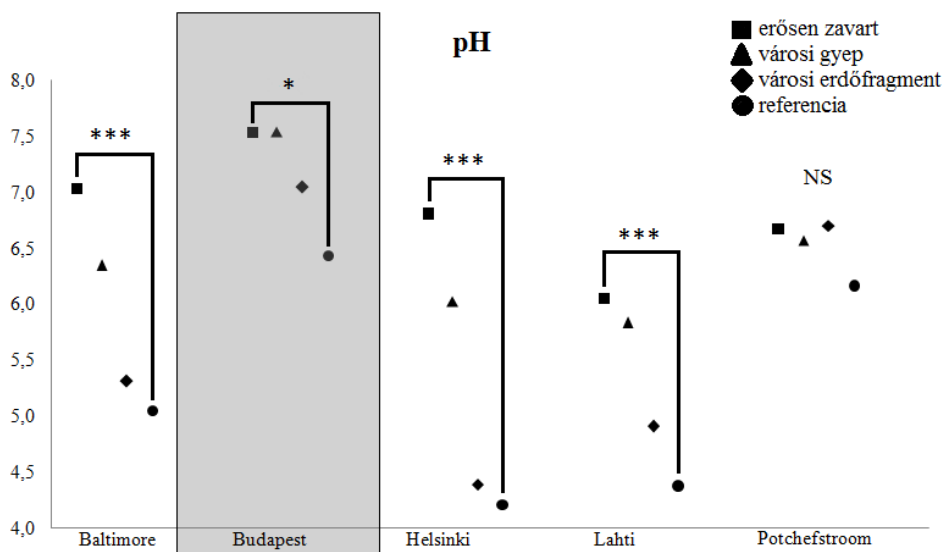
megmaradt, város által körülvelt erdőfoltok (alacsony zavarás/alacsony kezelés), illetve referenciaként szolgáló „kontroll” területek, amelyek jól reprezentálják az egykori természetes élőhelyeket. A fent említett kritériumoknak megfelelően élőhelytípusonként 5-5 helyszín került kijelölésre (1. táblázat).

Talajparaméterek: pH, szervesanyag-tartalom (H%)

A kiválasztott helyeken történő talajmintavételezés a talaj pH és szervesanyag-tartalmának (humusz százalékban - H %) megállapításához volt szükséges, amelyek alakulásáról így képet kaphatunk a világ földrajzilag távol eső városai tekintetében is. A pH mérése légszáraz talaj desztillált vizes (1:2,5 arányú) szuszpenziójából, míg a humusztartalom mennyiségi meghatározása a Tyurin-féle módszer alapján történt (Stefanovits *et al.* 1999).

'Tea bag' módszer

A szerves anyag bomlásának gyorsaságát piramis alakú műanyag teafilterek („litter bag” analógia) segítségével vizsgáltuk, amelyek rooibos tealeveleket tartalmaztak (Keuskamp *et al.* 2013). A filterek előkezelésére forró vizes áztatást (a vízdékony anyagok eltávolítására), majd szobahőmérsékleten és 35 °C-on való szárítást alkalmaztunk tömegállandóságig. A kezdeti tömeg felvétele és a

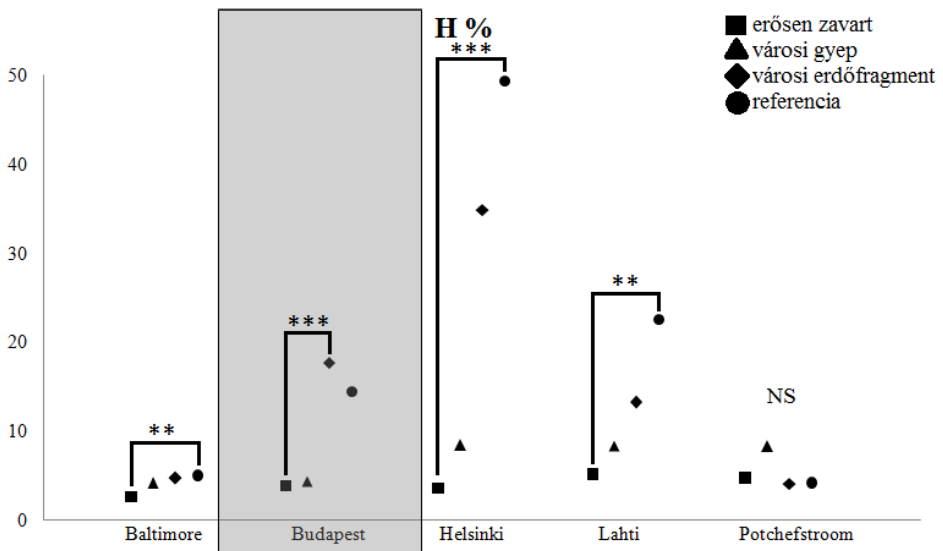


1. ábra. A különböző élőhelytípusok talajainak pH-ja a világ vizsgált pontjain (szignifikancia szintek: *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,1$; NS: nincs szignifikáns különbség).

teafilterek egyedi jelölése után mintavételi helyenként 20–20 darab filtert helyeztünk el a talajfelszíntől kb. 3–5 cm mélységben (egymástól 50 cm-es távolságban), a talaj minimális bolygatása mellett. A teafilterek visszagyűjtése 4 alkalommal (5 darab/alkalom), a leásásuk után 4, 6, 10 és 12 hónappal történt. A felszedett filterekre ragadt, illetve azokba bejutó talajszemcsék eltávolítása rövid idejű, hideg vizes áztatást igényelt. Visszamérésüket szobahőmérsékleten, majd 35 °C-on történő szárítás előzte meg. A kezdeti és visszamért tömegek közötti különbség alapján megállapítottuk a súlyvesztésüket. Így elsősorban a mikrobiális lebontás hatékonyságáról kapunk képet, ugyanis a filterek 2–300 µm lyukbőssége nem teszi lehetővé a talajfauna nagyobb méretű képviselői számára a szerves anyaghoz történő hozzáférést.

Statistikai elemzés

Az alkalmazhatósági feltételek vizsgálata után általános lineáris modell segítségével elemeztük az élőhelytípus (magyarázó változó) hatását a talaj pH és szervesanyag-tartalom változókra (függő változók). Egyváltozós varianciaanalízist alkalmaztunk a szervesanyag csökkenés alakulásának vizsgálatára a különböző élőhelyek között. Az adatok értékeléséhez az R statisztikai programot (R Core Team 2013) használtuk.

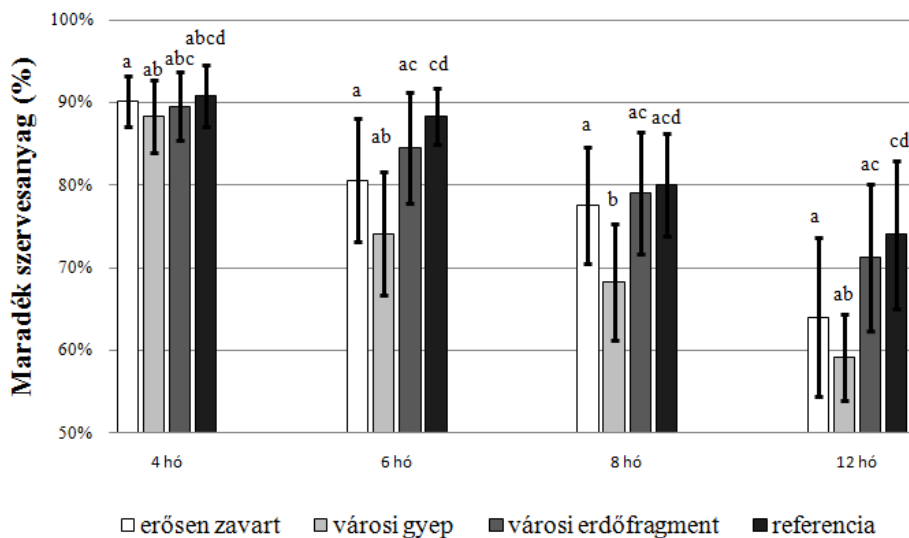


2. ábra. A humusztartalom (%) élőhelytípusonkénti alakulása, a Projektben résztvevő városokban (szignifikancia szintek: *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,1$; NS: nincs szignifikáns különbség).

Eredmények

A Projektben résztvevő városok talajainak pH és H % értékei alapján elmondható, hogy a referencia élőhelyek esetén nagyfokú variabilitás figyelhető meg. A pH értékek a kezelt élőhelyeken általában magasabbak voltak a „természetközelihez” képest, míg a humusztartalom ezzel ellentétes trendet mutatott. A tipikus városi élőhelytípusok (erősen zavart, városi gyepek) hasonló értékekkel jellemezhetők a különböző városokban; míg az ember által legkevésbé befolyásolt habitatok (városi erdőfragment, referencia) esetében nagyobb mértékű változatosság tapasztalható. Továbbá látható, hogy a vizsgált talajparaméterek tekintetében – Potchefstroom (D-Afrika) kivételével – szignifikáns különbség mutatkozott az urbánus és a referencia élőhelyek között minden városban (általános lineáris modell; 1 és 2. ábra).

A talajban játszódó lebontó folyamatok a városi gyepeken bizonyultak a legintenzívebbnek, ugyanis itt volt a legnagyobb mértékű tömegcsökkenés. Ezt követték az erősen zavart, városi erdőfragment és referencia élőhelyeken kapott értékek (3. ábra). A teafilterek talajba helyezését követő 6. hónapban már szignifikáns különbség mutatkozott az élőhelytípusok között a lebontási rátát illetően (egytényezős varianciaanalízis: $F_{3,59} = 11,238$; $p < 0,0001$)



3. ábra. A teafilterek élőhelytípusok szerinti relatív tömegcsökkenései az idő függvényében ($p = 0,05$ szignifikancia szint mellett).

Értékelés

A geográfiai távolságokból adódó különböző éghajlati, közzettani hatótényezők eredményeként a világ különböző pontjain eltérő élőhelyek jönnek létre. Könnyen belátható, hogy az említett talajképző tényezők nemcsak az ott kialakult növényzetre, de az egész élővilágra meghatározó befolyással vannak, ami megnyilvánulhat ezáltal az ökológiai folyamatok működésében is. Az ember által befolyásolt ökoszisztémák azonban – az antropogén uniformizáló hatások következtében – ezeket az eltéréseket mindinkább elveszítik, ami a talaj tulajdonságait sem hagyja érintetlenül. A talaj pH és szervesanyag-tartalom esetén is ez látható, melyek vélhetően az antropogén beavatkozások (területkezelés, zavarás) miatt a világ különböző településein hasonlóan alakulnak. A dél-afrikai Potchefstroom esetén megfigyelt eltérő eredmények feltehetően abból adódnak, hogy a régióra jellemzően mind a referencia, mind a város által körülzárt természetközeli terület is – erdő híján – „füves puszta”.

A városi gyepeken és erősen zavart élőhelytípusokon megfigyelt gyorsabb tömegcsökkenés valószínűleg gazdagabb mikrobiális tevékenység vagy fokozottabb extracelluláris enzimaktivitás (Schimel & Weintraub 2003) eredménye, amely várakozásainkkal ellentétben nem a természetközeli habitátokat (városi erdőfragment, referenciaerdő) jellemezte. Annak ellenére, hogy az emberi zavarás mértékének növekedése Gros *et al.* (2004) szerint a lebontási ráta csökkenéséhez vezet. Azonban az urbánus élőhelyeken megfigyelt magasabb talaj pH értékek kedveznek a mikrobiális dekompozíciónak, amely megerősíti a kapott eredményeket (Vance & Chapin III 2001).

Eredményeink interpretálása további vizsgálatokat igényel, amelyek elsősorban a mikrobióta diverzitásának jövőbeni DNS alapú vizsgálatát jelenti. De a mezo- és makrofauna dekomponáló taxonjainak felmérése is további kutatásaink célja.

Köszönetnyilvánítás – Köszönettel tartozunk a terepi munkákban való segítségükért az MTA AK TAKI dolgozóinak: Draskovits Eszternek, Molnár Sándornak és Zacháry Dórának. A projekt finanszírozása a következő forrásokból történt: NSF ACI – 1244820 (Szlávecz K.), SZIE-ÁOTK: KK-UK-12007 (Hornung E.) és SZIE-KTDI (Tóth Zs.).

Irodalomjegyzék

- Barrios, E. (2007): Soil biota, ecosystem services and land productivity. – *Ecol. Econ.* **64** (2): 269–285.
- Brunn, M., Spielvogel, S., Sauer, T. & Oelmann, Y. (2014): Temperature and precipitation effects on $\delta^{13}\text{C}$ profiles in SOM under temperate beech forests. – *Geoderma* **235–236**: 146–153.
- Cui, J. & Holden, N. M. (2015): The relationship between soil microbial activity and microbial biomass, soil structure and grassland management. – *Soil Till. Res.* **146**: 32–38.
- Davidson, E. A. & Janssens, I. A. (2006): Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. – *Nature* **440** (9): 165–173.
- Dominati, E., Patterson, M. & Mackay, A. (2010): A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. – *Ecol. Econ.* **69**: 1858–1868.
- Groffman, P. M., Pouyat, R. V., Cadenasso, M. L., Zipperer, W. C., Szlavecz, K., Yesilonis, I. D., Band, L. E. & Brush, G. S. (2006): Land use context and natural soil controls on plant community composition and soil nitrogen and carbon dynamics in urban and rural forests. – *Forest Ecol. Manag.* **236**: 177–192.
- Gros, R., Monrozier, L. J., Bartoli, F., Chotte, J. L. & Faivre, P. (2004): Relationships between soil physico-chemical properties and microbial activity along a restoration chronosequence of alpine grasslands following ski run construction. – *Appl. Soil Ecol.* **27**: 7–22.
- Hättenschwiler, S., Tiunov, A. V. & Scheu, S. (2005): Biodiversity and litter decomposition in terrestrial ecosystems. – *Annu. Rev. Ecol. Evol. S.* **36**: 191–218.
- Hättenschwiler, S. (2010): Diversity meets decomposition. – *Trends Ecol. Evol.* **25** (6): 372–380.
- Heimann, M. & Reichstein, M. (2008): Terrestrial ecosystem carbon dynamics and climate feedbacks. – *Nature* **451** (17): 289–292.
- 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 across ecosystems. – *Methods Ecol. Evol.* **4** (11): 1070–1075.
- Marhan, S., Auber, J. & Poll, C. (2015): Additive effects of earthworms, nitrogen-rich litter and elevated soil temperature on N_2O emission and nitrate leaching from an arable soil. – *Appl. Soil Ecol.* **86**: 55–61.
- Nielsen, U. N., Ayres, E., Wall, D. H. & Bardgett, R. D. (2011): Soil biodiversity and carbon cycling: a review and synthesis of studies examining diversity-function relationships. – *Eur. J. Soil Sci.* **62**: 105–116.
- Pouyat, R. V., Russell-Anelli, J., Yesilonis, I. D. & Groffman, P. M. (2003): Soil carbon in urban forest ecosystems. – In: Kimble, J. M., Heath, L. S., Birdsey, R. A. & Lal, R. (Eds.): *The Potential of U.S. Forest Soils to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect*. CRC Press, Boca Raton, pp. 347–362.
- Pouyat, R. V., Belt, K., Pataki, D., Groffman, P. M., Hom, J. & Band, L. (2007): Urban land use change effects on biogeochemical cycles. – In: Canadell, J. G., Pataki, D. E., Pitelka & L. F. (Eds.): *Terrestrial Ecosystems in a Changing World*. Global Change, the IGBP Series. Springer, Berlin-Heidelberg-New York, pp. 45–58.
- Pouyat, R. V., Yesilonis, I. D., Szlavecz, K., Csuzdi, C., Hornung, E., Korsós, Z., Russell-Anelli, J. & Giorgio, V. (2008): Response of forest soil properties to urbanization gradients in three metropolitan areas. – *Landsc. Ecol.* **23**: 1187–1203.
- R Core Team. (2013): R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <http://www.R-project.org/>
- Salamanca, E. F., Kaneko, N. & Katagiri, S. (2003): Rainfall manipulation effects on litter decomposition and the microbial biomass of the forest floor. – *Appl. Soil Ecol.* **22**: 271–281.

- Schimel, J. P. & Weintraub, M. N. (2003): The implications of exoenzyme activity on microbial carbon and nitrogen limitation in soil: a theoretical model. – *Soil Biol. Biochem.* **35**: 549–563.
- Setia, R., Gottschalk, P., Smith, P., Marschner, P., Baldock, J., Setia, D. & Smith J. (2013): Soil salinity decreases global soil organic carbon stocks. – *Sci. Total Environ.* **465**: 267–272.
- Stefanovits, P., Filep, Gy. & Fülek, Gy. (szerk.) (1999): *Talajtan.* – Mezőgazda Kiadó, Budapest, 470 pp.
- Vance, E. D. & Chapin III, F. S. (2001): Substrate limitations to microbial activity in taiga forest floors. – *Soil Biol. Biochem.* **33**: 173–188.
- Vanhala, P., Karhu, K., Tuomi, M., Björklöf, K., Fritze, H. & Liski, J. (2008): Temperature sensitivity of soil organic matter decomposition in southern and northern areas of the boreal forest zone. – *Soil Biol. Biochem.* **40**: 1758–1764.
- United Nations (2014): 2014 Revision of the World Urbanization Prospects (<http://esa.un.org/unpd/wup/>) Utolsó hozzáférés: 2014. 12. 30.
- Zwoliński, J. (1994): Rates of organic matter decomposition in forests polluted with heavy metals. – *Ecol. Eng.* **3**: 17–26.

Preliminary results about analysis of decomposition efficiency in different quality of urban soils (GLUSEEN, Budapest)

Zsolt Tóth¹, Erzsébet Hornung¹, Sarel Cilliers², Miklós Dombos³, Johan Kotze⁴, Heikki Setälä⁴, Stephanie A. Yarwood⁵, Ian D. Yesilonis⁶, Richard V. Pouyat⁶ and Katalin Szlávecz⁷

¹*Department of Ecology, Institute for Biology, Szent István University
H-1077, Budapest, Rottenbiller u. 50, Hungary*

²*North-West University, South Africa*

³*Institute for Soil Sciences and Agricultural Chemistry, Hungarian Academy of Sciences*

⁴*University of Helsinki, Finland*

⁵*University of Maryland, USA*

⁶*USDA Forest Service, USA*

⁷*Johns Hopkins University, USA*

e-mail: zsolt.toth87@gmail.com

The pilot study of Global Urban Soil Ecology and Education Network (GLUSEEN) occurs in 5 cities in 4 countries on a global scale including Hungary (Budapest) as well. The main objective of the research is to test the 'convergence hypothesis' through decomposition efficiency of soil organic matter in different quality and degree of disturbance of urban soils. The goal is to establish suitable and simple, inexpensive methods for citizen science and for scientific researches. During our study 4 habitat types (in 5 replicates) were set out in each city: ruderal, turf, remnant and reference. Soil organic matter decomposition rate was determined by tea bag method. Tea bags were placed in study fields in 2013 and were retrieved after 4, 6, 10, 12 months. According to our results of ANOVA, there was a significant difference between habitat types in decomposition rates from the 6th month ($F=11.238$, $p<0.0001$) which were the highest in case of turfs and ruderals. This corresponds to the results of the other cities involved and proves the convergence hypothesis: soil pH and organic matter content under different climate and geological background show similar trends in turf and ruderal fields around the world.

Keywords: convergence hypothesis, tea bag method, ecosystem service, soil organic matter decomposition