

Hulladéklerakók talaj mikroorganizmus közösségeinek és enzim aktivitásának vizsgálata a Felső-Tisza árterein

L. Halász Judit¹ – Kotroczó Zsolt¹ – D. Tóth Márta¹ – Vincze György¹ – Nadya Boyko² – Balázs Sándor¹

¹Nyíregyházi Főiskola, Biológia Intézet, Nyíregyháza

²Ungvári Egyetem, Ungvár, Ukrajna

E-mail: halaszj@nyf.hu

Összefoglalás

A hulladéklerakók talaj mikroökoszisztáinak diverzitása nagymértékben függ a szennyezők mennyiségi és minőségi összetételétől és jellemző az adott területre. A vizsgált területek talajában a szemét, mint ökológiai faktor megváltoztatja a talaj mikroflórájának összetételét és aktivitását. A hulladék csökkenti a (celluláz, foszfatáz, invertáz) talajenzimek aktivitását, a dehidrogenáz enzim aktivitása viszont nőtt a kontroll területhez viszonyítva. A vizsgálatokból megállapítottuk, hogy a szennyezések hatására az *Actinomyces* és *Pseudomonas* genusok aránya csökkent, míg a hatékonyabb túlélőképességgel rendelkező *Bacillus* genus százalékos aránya növekedett. A szeméttelpek talajaiban bekövetkező változások függenek a hulladék kémiai összetételétől, nehézfém-tartalmától. A mikrobacönózisok diverzitás-változása és az enzim aktivitásokban bekövetkező változások jó mutatói a talajt érő szennyezéseknek.

Summary

In dump soils, diversity of microcoenoses considerably depends on the qualitative and quantitative composition of contaminants and this phenomenon may characterise the studied sites. In the soils of the examined areas, wastes as ecological factors might change the abundance and activities of the microflora. Wastes were found to reducing the activity of soil enzymes, such as the cellulase, phosphatase, invertase, however, the activity of dehydrogenase was increasing as compared to the control area. According to our examinations, ratio of *Actinomyces* and *Pseudomonas* genera decreased while the *Bacillus* sp. was found to be increased in the soils. Those changes in dump soils are influenced by the chemical composition of wastes, including the heavy metals. Such alteration of the enzyme activities as well as the diversity of microcoenoses can indicate the contamination of soils.

Bevezetés

A hulladék talajra kifejtett hatása nagymértékben függ a szemét mennyiségi és minőségi összetételétől. A különböző szennyező anyagok megváltoztatják a talaj mikroba közösségeinek összetételét, és hatással vannak az egyes mikrobák anyagcseréjére is (L. HALÁSZ et al., 2008a). Ezek a változások fontosak lehetnek abban, hogy alkalmazkodjanak a megváltozott környezeti feltételekhez. A megváltozott környezethez való alkalmazkodás során új tápanyag és energiaforrásokat használnak a szerves és szervetlen szennyező

anyagok transzformációja révén (FOUCHARD et al., 2005). A talaj biológiai tulajdonságait nagymértékben meghatározza a környezeti faktorok és ezért jó indikátorai lehetnek a talajt érő ökológiai stressznek (DICK & TABATAI, 1992).

A szennyezett területek megváltozott mikroflórája a területek újra művelésbe kerülésével befolyásolhatja a talaj állapotát. A mikroorganizmusok diverzitása fontos tényező a talaj egészségének fenntartásában, azáltal hogy részt vesznek számos talaj funkció ellátásában, mint például a szén és nitrogén körforgalom és a szerves anyag transzformáció (PARKINSON & COLEMAN, 1991). A talajenzimek vizsgálatával betekintést nyerhetünk a talajok biodinamikájába, de ez koránt sem ad teljes képet, hiszen a talaj egy rendkívül összetett rendszer és e vizsgálatok, csak egy részét tárják fel a benne lejátszódó folyamatoknak. ZHANG et al. (2000) az ureáz, kataláz, celluláz, dehidrogenáz és proteáz enzimeket a talaj szervesanyag-tartalmának változása szempontjából fontos tényezőnek tartja.

Célunk az volt, hogy a szeméttelpeken a szennyezés hatására bekövetkező változásokat feltárjuk. Egy hosszabbtávú kutatási program részeként a talaj baktérium közösségében és enzim aktivitásában bekövetkező változásokat vizsgáltuk. Összefüggéseket kerestünk az enzimaktivitások megváltozása, a baktérium genusok százalékos megoszlása és a szennyezések hatásai között.

Vizsgálati anyag és módszer

A talajmintákat a szeméttelpek három pontjáról, két mélységből (20-50cm) vettük és azokból átlagmintát készítettünk. Ezekből 1-1 g talajt összeráztunk 100 ml steril desztillált vízzel és 10^3 - 10^5 -szeres hígítást készítettünk. A hígításból 50 μ l-t kentünk ki Nutrient táptalaj felszínére, majd 48 órás inkubálás után számoltuk a kinőtt telepeket. A jellegzetes formákat random módon izoláltuk és az 1g talajban található telepszámot értékeltük (CFU.g⁻¹ sz. talaj). A baktériumok nemzetség szerinti elkülönítését telepmorfológia és fiziológiai tulajdonságok alapján határoztuk meg (SZEGLI, 1979). A kataláz-reakciót glükózbontás (HUGH & LEIFSON, 1953) alapján, a foszfatázt KRÁMER & ERDEI (1959), az invertázt FRANKENBERG & JOHANSON (1983), a dehidrogenázt MERSI & SCHINNER (1991) és a cellulázt UNGER (1979) szerint határoztuk meg. A talajok néhány elemtartalmát XRF technikával vizsgáltuk.

Mintavételi helyek

Mintavételi helyeink Szabolcs-Szatmár Bereg megye Tisza menti kis településeinek közelében lévő illegális hulladéklerakók voltak: Tiszabecs, Tiszacséce, Tiszakóród. A kontroll területünk a Dédai erdő volt, a Beregdaróc közelében található 140 hektáros gyertyános tölgyes, amit gazdag aljnövényzet jellemez.

Tiszabecs: a falu határában található az illegális hulladéklerakó, betonút vezet végig rajta. Teherautókkal hordják oda a szemetet egy vizes árok szeli ketté a területet. A szemet az út mentén is szétszóródik, összetételére jellemző, hogy nagyon sok a nehezen bomló anyag (műanyag flakon, festékes dobozok, vegyszeres üvegek, .stb.) és viszonylag kevés a szerves hulladék.

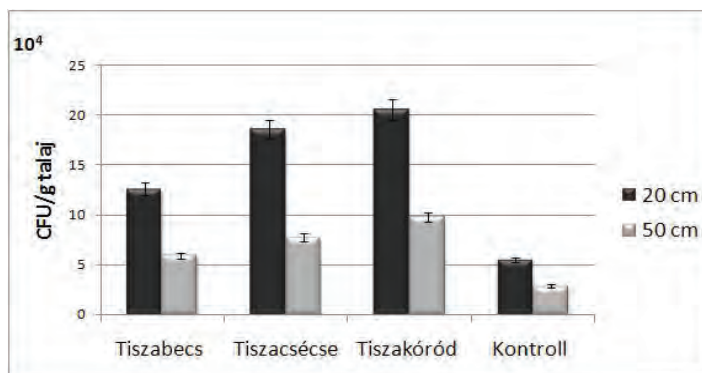
Tiszacsécse: A töltés folyó felőli oldalán található, az ártérben. A lerakót már nem használják, a szemet egy részét elszállították, nagy része talajjal fedett, növényzettel borított.

Tizsakóród: A falu határában a kertek végében található a hulladéklerakó, kis alapterületen sok szeméttel borított. Ide elsősorban háztartási hulladékot szállít ki a helyi lakosság, és magas szervesanyag-tartalom jellemzi a hulladékot.

Vizsgálati eredmények

Mikroorganizmus vizsgálatok

A szennyezett területek talajának összes mikrobaszáma (1. ábra) nagyobb, a talaj felső rétegében, a kontrollterülethez viszonyítva. Legnagyobb értéket Tizsakóród (20.6×10^4) területén mértünk ezt követi Tiszacsécse (18.5×10^4), majd Tiszabecs (12.6×10^4). Különbség látható a két talajmélység között is, a felső rétegben nagyobb volt az összes baktérium szám az alsó réteghez viszonyítva. A baktérium genuskok százalékos megoszlásában (2. ábra) eltérések láthatóak az egyes mintavételi helyek között.

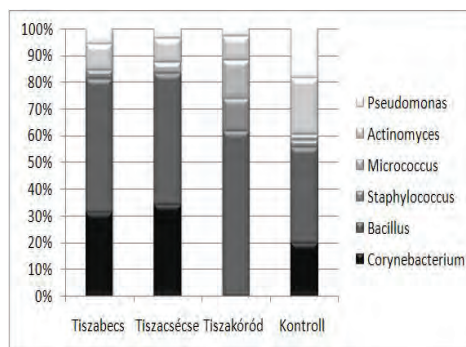


1. ábra. A talajok összes mikroorganizmus száma (CFU g⁻¹ száraz talaj) két mélységben, négy mintavételi területen

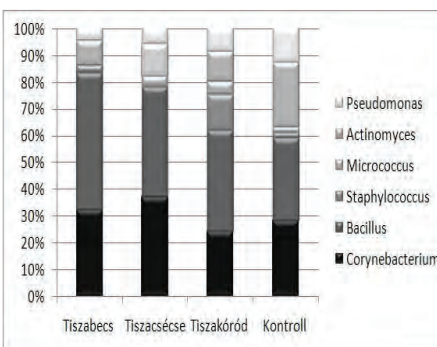
A mintákban a *Bacillus*, *Staphylococcus*, *Micrococcus*, *Actinomyces*, *Pseudomonas* genusokat és a *Coryneform* baktériumokat találtuk meg nagy mennyiségben, illetve e genuskok arányában találtunk változásokat.

A kontroll területhez képest megnövekedett a *Bacillus*, a *Staphylococcus* és a *Micrococcus* nemzetség aránya, viszont lecsökkent az *Actinomyces* és *Pseudomonas* genusok aránya a szeméttelpek talajában. Tiszakóród területén *Coryneform* baktériumot nem találtunk a felső talajrétegben.

A talaj alsóbb rétegeiben (3. ábra) hasonló arányokat találtunk, mint a felszínhez közel esőkben. Ezekon a területeken a szeméttelhelyezés évek óta folyik és a hulladékból származó szerves anyagok lejutottak az alsóbb rétegekbe is, a változások ezért a mélyebb rétegekben is megjelennek.



2. ábra. A baktérium genusok százalékos megoszlása (20 cm-en)



3. ábra. A baktérium genusok százalékos megoszlása (50 cm-en)

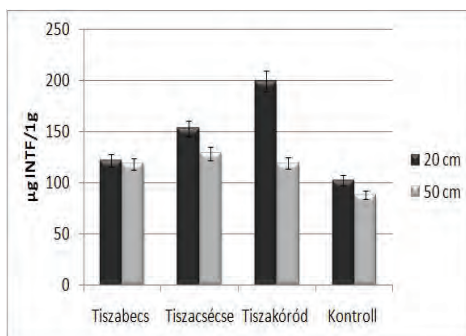
A dehidrogenáz enzim aktivitása

A dehidrogenáz enzim aktivitása (4. ábra) jól tükrözi a talajok szervesanyag-tartalmának különbségeit. Ennek megfelelően a dehidrogenáz enzim esetében jelentős különbséget látunk a szennyezett területek és a kontroll terület (102,12 µg INTF/g) enzim aktivitásában. A legnagyobb értéket Tiszakóród (199,08 µg INTF/g) területen mértük, itt nagy mennyiségű szemét van felhalmozva kis területen, főleg a háztartásokból származó szerves anyag tartalmú hulladékok. A legkisebb értéket Tiszabecs (212,29 µg INTF/g) területén mértük, ahol jelentős a műanyag, és fém hulladék aránya és kevés gyorsan bomló szerves anyag található. A kettő közé eső értéket mértük Tiszacsécsé (153,09 µg INTF/g) területén, amely terület átmenet a két szeméttelép között, kisebb területű, kevesebb szeméttel borított.

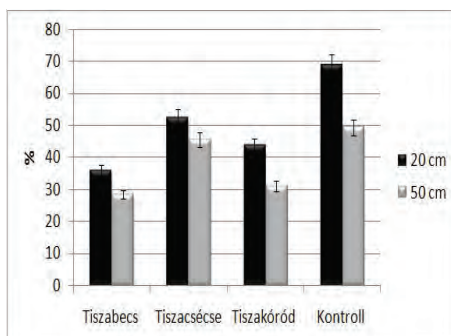
A celluláz enzim aktivitása

A szeméttelpek talajainak celluláz-aktivitás eredményei alapján elmondható (5. ábra), hogy a kontroll terület (68,66 %), amely nem szennyezett háztartási hulladékkal, celluláz-aktivitása nagyobb értéket mutatott a hulladéklerakók talajaihoz képest. A hulladéklerakók talajainak celluláz-aktivitása nem tért el nagymértékben egymástól, kivételt képez a legjobban szennyezett Tiszabecsi hulladéklerakó (35,83%) ahol kisebb értéket mértünk a többi területhez képest.

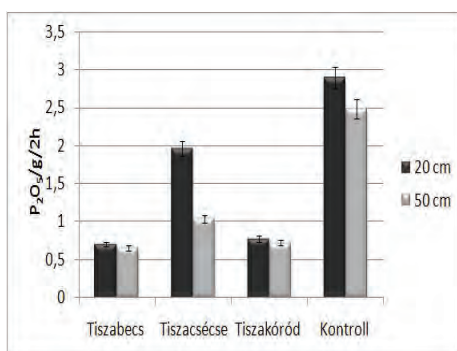
A Tiszacsécei (52,4%) területén mért celluláz-aktivitás megközelítette a kontroll, területen mért celluláz-aktivitást.



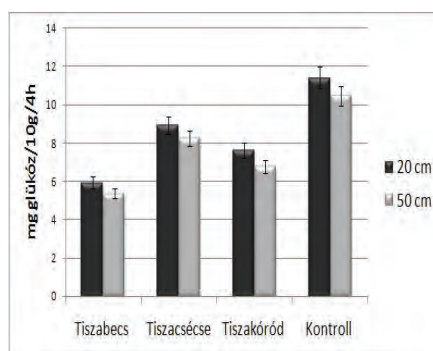
4. ábra. A talajok dehidrogenáz enzim aktivitási értékei



5. ábra. A talajok celluláz enzim aktivitási értékei



6. ábra. A talajok foszfatáz enzim aktivitási értékei két mélységben



7. ábra. A talajok invertáz enzim aktivitási értékei két mélységben

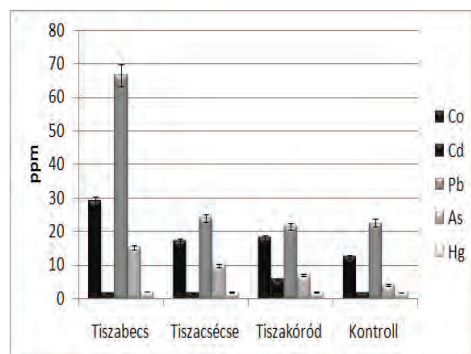
A foszfatáz és az invertáz enzimek aktivitása

A kontroll területen (2,89 $P_2O_5/g/2h$) mért nagy foszfatáz-aktivitási értéket (7. ábra) csak a Tiszacsécei (0,95 mg glükóz/10g/4h) hulladék lerakó talajának foszfatáz-aktivitása közelítette meg. Az invertáz aktivitásnál a Tiszakörödi (0,77 mg glükóz/10g/4h) és Tiszabecsi (0,69 mg glükóz/10g/4h) területek talajában tudunk a kontrolltól szignifikánsan kisebb értéket mérni.

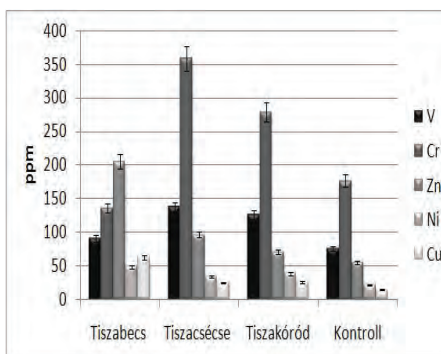
Az elemvizsgálatok eredménye

A talajok esetében néhány elem koncentrációját határoztuk meg XRF technika segítségével a 8/a. ábrán a Co, Cd, Pb, As és Hg elemek eredményei láthatók. Tiszabecs területén szignifikánsan nagyobb értékeket mértünk a Co (28,9 mg/kg), az Pb (66,4 mg/kg) és az As (15,2 mg/kg) elemeknél. A többi

területen az Pb mennyisége közel azonos volt. A kontroll területen a Co (12,4 mg/kg), a Cd (1,7 mg/kg), az As (4 mg/kg) és a Hg (1,7 mg/kg) mennyisége kisebb volt a többi területhez viszonyítva. A 8/b. ábra a V, a Cr, Zn, Ni és Cu elemek koncentrációit tartalmazza. A Cr-nál nagy értékeket mértünk a Tiszakóród (279 mg/kg) és Tiszacséce (355 mg/kg) területén. A kontroll területen (176 mg/kg) ennek az elemnek a mennyisége nagyobb, mint a Tiszabecsi (135mg/kg) területen, ahol nagy értékeket mértünk még a Zn (203,2 mg/kg), a Ni (48,9 mg/kg), a Cu (62,5 mg/kg) elemekből is. Tiszacséce területén a V (134 mg/kg) és a Cr (355 mg/kg) mennyisége volt nagy.



8/a. ábra. A hulladéklerakók talajának Co, Cd, Pb, As és Hg



8/b. ábra. A hulladéklerakók talajának V, Cr, Zn, Ni és Cu

A hulladéklerakók talajaiban mért nagy összes mikrobaszám kialakulásában több tényező is szerepet játszik. Többek között az egyik, hogy a hulladék szervesanyag-tartalma a talajba jutva könnyen hasznosítható táplálékforrást jelent a mikroorganizmusok számára. A talaj eredeti mikroflórájának mennyiségi és minőségi összetételét gazdagítják a szeméttel együtt kihordásra kerülő mikroorganizmusok. A kontrollként választott erdős terület összes mikrobaszáma kisebb a hulladéklerakókhoz viszonyítva, ennek egyik oka a terület hulladékmentessége, illetve az erdőtalajokra jellemző mikroflóra összetétel, amelyben inkább a gombák dominálnak a baktériumokhoz képest.

A dehidrogenáz-aktivitás nincs korrelációban a talajok teljes szervesanyag-tartalmával, és a talajok mikrobiológiai aktivitásával (GARCIA et al., 1997). A mikrobiológiai aktivitást a talajok lebontható szervesanyag-tartalmával lehet összefüggésbe hozni, és mindkettő értékére jól lehet következtetni a dehidrogenáz aktivitásból. Több szerző munkája is alátámasztja ezt a megfigyelést (VARGA et al., 2008; TÓTH et al., 2007; KOTROCZÓ et al., 2008; FEKETE et al., 2007). A Tiszacséce területén mért magas aktivitás érték oka az, hogy a hulladéklerakót már nem használják, a terület földdel, növényekkel borított, a hulladék mineralizációja megindult. A Tiszakóród területén illegálisan működő szemétklerakónál is előrehaladott lebomlási állapotban

vannak a szerves anyagok, illetve eleve könnyen bonthatók. Tiszabecs területén feltűnően sok a műanyag és ott kevés a könnyen bontható szerves anyag. Ennek következtében a szemétlerakó talajában mért dehidrogenáz érték nem különbözik szignifikánsan a kontrolltól, ez valószínűleg a talaj eredeti aktivitásának tekinthető.

A celluláz enzimnél mért különbségek háttérben a szennyezés mellett a területek növényborítása áll. A kontroll terület nagy aktivitásának oka az, hogy az erdő talajának felszínén nagy mennyiségű, bomló avar található. A hulladéklerakók talajainak celluláz-aktivitása nem tért el nagymértékben egymástól, és növényborítottságában is a fűfélék és gyomnövények dominálnak. A Tiszacséce területén mért celluláz-aktivitás megközelítette a kontroll területen mért celluláz-aktivitást. A terület nagy része talajtakaróval fedett, növényzettel borított.

A mezőgazdasági gyakorlatban az invertáz enzimet a talaj termékenységének meghatározására használják. Az invertáz-aktivitás legnagyobb értékeit a kontroll területen, és a Tiszacsécei elhagyott lerakóban mértük, ezek szignifikánsan különböztek a többi mintavételi helytől. A nagy invertáz-aktivitás értékek a felszíni flóra intenzív fejlődésével is magyarázhatók, a kontroll területnél ezt az erdővel való borítottság is okozhatta. A talaj szervesanyag-tartalmának, összes mikrobaszámának, xylanáz és invertáz enzim aktivitásának növekedését tapasztalta POLL et al., (2003) istállótrágya adagolás hatására. KÁTAI et al., (2002) a szerves trágyázást találta kedvező hatásúnak. A Tiszabecs területén mért alacsonyabb invertáz-aktivitás lehetséges oka a talaj tömörödötté válása, valamint hogy hiányoznak a talaj összetételéből könnyen felvehető, mobilizálható szerves anyagok is.

A foszfatázok aktivitása a komposzttal vagy zöldtrágyával kezelt területeken szignifikánsan magasabb, mint a nem kezelt területeken (PASCUAL, 2002). Ez a megállapítás igaz a növényzettel dúsan borított területekre is. A kontroll területeken mért magas aktivitási értékek oka a dús, elsősorban erdős makrovegetáció. Ettől kisebb értéket adott a tiszacsécei terület, ahol a vegetáció újra kialakulóban van. Tiszabecs és Tizsakóród területén a szemét borítás dominál és a növényborítás kevésbé jellemző. A Tiszabecs területén mért, a többi hulladék lerakóhoz viszonyított kisebb enzimaktivitási értékek magyarázata a hulladék összetétele mellett a talajok elemtartalmában keresendő. Tiszabecs talajában a Co, az Pb, az As, a Zn, a Ni és a Cu elemeknél nagyobb értékeket mértünk. Egyes enzimek aktivitását a talaj elemtartalma gátolja, vagy serkentheti is a koncentrációjától függően. A talajok baktériumflórája és enzimaktivitása mellett a talajok nehézfém-tartalma megváltoztatja a ruderaliákon élő növények nehézfém-tartalmát és elemösszetételét is (D. TÓTH et al. 2008). HATTORI (1991) a cellulóz talajban történő lebontását vizsgálva, megállapította, hogy a Cd (a koncentrációtól függően) serkenti vagy gátolja a cellulózbontó aktivitást. Nehézfémeket tartalmazó szennyvíziszappal kezelt talajok biomasszája és cellulózbontó aktivitása csak 50%-át érte el a nem

szennyezett talajokénak (CHADER és BROOKES, 1991). A Cd gátlólag hat a dehidrogenáz enzim aktivitására a talaj magas szervesanyag-tartalma mellett is (MORENO et al., 2000). Cd, Zn és Pb kombinált adagolása gátolta a talaj kataláz-, ureáz-, invertáz- és foszfatáz-aktivitását (YANG et al., 2006). Más talajtani adottsággal rendelkező hulladéklerakók esetében is hasonló változások tapasztalhatók a talaj mikrobaösszetételében és enzimaktivitásában (L. HALÁSZ et al., 2008b).

Következtetések

Összefoglalva, a szemételepek talajának baktérium-összetételét és enzimaktivitását elsősorban a hulladék mennyiségi és minőségi összetétele és kezeltiségének állapota, degradáltsága befolyásolja. További tényező a hulladékból a talajba jutó szervesanyag-tartalom, a terület vegetációjának minősége és fejlettsége, valamint a talaj elemtartalma. Egyes elemek mennyiségüktől és minőségüktől függően gátolják vagy serkentik az enzimek aktivitását, illetve a mikroorganizmusok működését.

A vizsgált területek talajában a szemét, mint ökológiai faktor változásokat idéz elő. A hulladék jelentősen csökkenti a celluláz, foszfatáz, invertáz enzimek aktivitását és növeli a dehidrogenáz-aktivitás értékeit. A szennyezések hatására az *Actinomyces* és *Pseudomonas* genusok aránya csökken, a túlélési stratégiával jellemezhető *Bacillus* genus százalékos aránya pedig növekszik. A szemételepek talajaiban bekövetkező változások függenek a hulladék kémiai összetételétől, beleértve a nehézfémeket is. A talajenzim és mikrobiológiai vizsgálatok felhasználhatók a hulladékok kedvezőtlen, időben történő hatásainak a feltárására, előrejelzésére.

Irodalomjegyzék

- CHANDER, K. & BROOKES, P., (1991): Microbial biomass dynamics during the decomposition of glucose and maize in metal-contaminated and not-contaminated soils. *Soil Biology Biochemistry*. **23**. 917-925.
- DICK, W.A. & TABATABAI, M.A., (1992): Significance and potential uses of soil enzymes. In: Blain, F.J. (Ed.: M. DEKKER) 95-127. *Soil Microbial Ecology Application in Agricultural and Environmental Management*. New York.
- D. TÓTH, M.; L. HALÁSZ, J.; KOTROCZÓ, ZS.; VINCZE, GY. & SIMON, L. (2008): Effect of cadmium, nickel, copper and zinc on metal uptake of ragweed (*Ambrosia elatior* L.) in pot experiments. *Cereal Research Communications*. **36**. 619-623.
- FEKETE, I.; VARGA, Cs.; KOTROCZÓ, ZS.; KRAKOMPERGER, ZS. & TÓTH, J. A., (2007): The effect of temperature and moisture on enzyme activity in Síkfőkút site. *Cereal Research Communications*. **35** (2). 381-385
- FOUCHARD, S.; ADBELLAOUI-MAANE, Z.; BOULANGER, A.; LOPIZ, P. & NEUNLIST, S., (2005): Influence of growth conditions on *Pseudomonas fluorescens* strains: A link between metabolite production and the PLFA profile. *FEMS Microbiology Letters*. **251**. 211-218.

- FRANKENBERGER, W.T. & JOHANSON, J.B., (1983): Method of measuring invertase activity in soils. *Plant and Soil*. **74**. 301-311.
- HALÁSZ, J.L.; SZATHMÁRY, M.; TÓTH, M.D.; DINYA, Z. & BALÁZSY, S., (2008a): Effect of pollution in the fatty acid composition of soil *Bacillus* strains. *Cereal Research Communications*. **36**. 1827-1831.
- HALÁSZ, J.L.; CHONKA, I.; TÓTH, M.D.; BOYKO, N. & BALÁZSY, S., (2008b): Microorganisms and enzyme activities in soil on the landfill sites in Bereg county. *Archives of Agronomy and Soil Science* **54**. 5. 465-479. (nyomdában)
- HATTORI, H., (1991): Influence of cadmium on decomposition of glucose and cellulose in soil. *Soil Science and Plant Nutrition*. **37**. 39-45.
- HUGH, R. & LEIFSON, F.I., (1953): The taxonomic significance of fermentative versus oxidative metabolism of carbohydrate, by various Gram negative bacteria. *J. of Bacteriologie*. **66**. 21-28.
- KÁTAI, J.; VERES, E. & LAZÁNYI, J., (2002): Data to the microbiological characterization of Westsik's crop rotation experiment. Long-term experiments, regional production, rural development. Part I. 213-219.
- KOTROCZÓ, ZS.; FEKETE, I.; TÓTH, J. A.; TÓTHMÉRÉSZ, B. & BALÁZSY, S., (2008): Effect of leaf- and root-litter manipulation for carbon-dioxide efflux in forest soil. *Cereal Research Communications*. **36**. 663-666.
- KOVÁCS, G., (1990): Catalase Activity- an Indicator of Biological Activity in Forest Soil. *Agrokémia és Talajtan*. **39**. 439-443.
- KRÁMER, M. & ERDEI, G., (1959): Application of the method of phosphatase activity determination in agricultural chemistry. *Soviet Soil Science* **9**. 1100-1103.
- MERSI VON W. & SCINNER, F., (1991): An improved and accurate method for determining the dehydrogenase activity of soils with idonitrotetrazolium chloride. *Biology and Fertility of Soils*. **11**. 216-220.
- MORENO, J.L.; GARCIA, C.; LANDI, L.; FALCHINI, L.; PIETRAMELLARA, G. & NANNIPIERI, P., (2000): The ecological dose value (ED50) for assessing Cd toxicity on ATP content and dehydrogenase and urease activities of soil. *Soil Biology and Biochemistry*. **33** (4-5). 483-489.
- PARKINSON, D. & COLEMAN, D.C., (1991): Microbial communities, activities and biomass. *Agric. Ecosyst. Environ*, **34**. 3-33.
- PASCUAL, J.A.; MORENO, J.L.; HERNÁNDEZ, T. & GARCIA, C., (2002): Persistence of immobilised and total urease and phosphatase activities in a soil amended with organic wastes. *Bioresource Technology* **82**. 73-78.
- POLL, C.; THIEDE, A.; WERMBTER, N.; SESSITSCH, A. & KANDELER, E., (2003): Microscale distribution of microorganisms and microbial enzyme activities in a soil with long-term organic amendment. *European J. of Soil Science* **54**. 715-724.
- SZEGI, J., (1979): Talajmikrobiológiai vizsgálati módszerek. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- TÓTH, J.A.; LAJTHA, K.; KOTROCZÓ, Zs.; KRAKOMPERGER, Zs.; B. CALDWEL, B.; BOWDEN, R.D. & PAPP, M., (2007): The effect of climate change on soil organic matter decomposition. *Acta Silvatica Ligniaria Hungarica*. **3**. 75-85.
- VARGA, Cs.; FEKETE, I.; KOTROCZÓ, Zs.; KRAKOMPERGER, Zs. & VINCZE, Gy., (2008): The effect of litter on soil organic matter (SOM) turnover in Síkfőkút site. *Cereal Research Communications*. **36**. 547-550.

- YANG, Z.X.; LIU, S.Q.; ZHENG, D.W. & FENG, S.D., (2006): Effect of cadmium, zinc and lead on soil enzyme activities. *J. Environmental Sciences*. **18**. 1135-1141.
- ZHANG, C.B. & ZHANG, Z.H., (2000): A study of dynamic relationship between soil organic matter and enzymatic activity. *Soils and Fertilizers*. **5**. 28-30.