

## Kadmium- és cinkszennyezés hatása a talajmikroorganizmusok populációdinamikájára

**Kovács Zsuzsa**

Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,  
Agrokémiai és Talajtani Intézet, Debrecen  
kovacszsuzsa@agr.unideb.hu

### ÖSSZEFOGLALÁS

*Kadmiummal és cinkkel különböző dózisban szennyezett talajokban élő mikroorganizmusok populációdinamikai változásait vizsgáltam kvantitatív megközelítésből, laboratóriumi körülmények között. A kutatás alapját az 1991 tavaszán Nagyhőrcsökpusztán, a Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Kutatóközpont Talajtani és Agrokémiai Intézetének Kísérleti Telepén beállított mikroelem-szennyezési modellterületről származó talaj képezte. A talajban élő baktériumok, mikroszkopikus gombák és nitrifikáló baktériumok mennyiségi változásai alapján elmondható, hogy a szennyezés hatása a kezeléstől eltelt több mint két évtized távlatában is észlelhető. A kezelések hatására több esetben tapasztaltunk szignifikáns eltérést a talajbaktériumok és a mikroszkopikus gombák mennyiségében, a nitrifikációs aktivitás pedig mindkét mikroelem esetén növekedett. A toxikus elemekkel mesterségesen elszennyezett talaj mikrobiológiai aktivitásának további vizsgálata újszerű tudományos eredménnyel szolgálhat.*

**Kulcsszavak:** nehézfém-szennyezés, kadmium, cink, talaj, baktérium, mikroszkopikus gomba

### SUMMARY

*Changes in the population dynamics of microorganisms in a soil artificially contaminated with various doses of cadmium and zinc was examined from a quantitative point of view, under laboratory circumstances. The research was based on a chernozem soil originating from the area of a long-term microelement contamination model experiment (Nagyhőrcsökpuszta, Hungary), which was carried out during 1991 in the Experimental Site of the Institute of Soil Science and Agricultural Chemistry, Centre for Agricultural Research Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Hungary. According to the amount of bacteria, microscopic fungi and nitrifying bacteria, it can be stated that the effect of contamination can be observed even in the perspective of nearly two decades. In more cases significant changes in the number of soil bacteria and microscopic fungi could be observed, and the nitrification activity increased in case of both microelements. Therefore the further research of changes in microbial activity of these soils can provide novel scientific results.*

**Keywords:** heavy metal contamination, cadmium, zinc, soil, bacteria, microscopic fungi

### BEVEZETÉS

A termőtalaj alapvető feltételesen megújítható természeti erőforrásunk, amely kulcsfontosságú szerepet játszik a Föld egyre növekvő népességének élelmiszerellátásában. Állapotát, termőképességét antropogén hatások sokasága befolyásolhatja, melyek közül a különböző toxikus elemekkel történő szennyeződés nem hagyható figyelmen kívül, hiszen számos emberi tevékenység a mikroelemek talajbeli felűsülését idézheti elő. Sok elem a feltalajban maradványokként keresztlül is megőrizheti potenciális toxikus hatását (Csathó, 1994). Ezt a szakirodalmi forrásokban gyakran megfogalmazott feltevést alapul véve, jelen tanulmányban bemutatott vizsgálataim egy mikroelemekkel több, mint két évtizede mesterségesen elszennyezett terület talajmikrobiológiai nyomon követésére irányulnak.

A kísérleti talajba 2011-ben kijuttatott elemek közül választásom a toxikus kadmiumra és a potenciálisan toxikus cinkre esett. A cink mind növény-, mind állat- és humánéletlani szempontból bizonyítottan létfontosságú elem. Fontos alkotórésze, illetve aktivátora több anyagcsere folyamatot szabályozó enzimnek (Szabó et al., 1987). A kadmium ugyanakkor az emberre és állatokra is már nagyon kis mennyiségben mérgező hatást gyakorol. Kémiaiilag hasonló a cinkhez, ezért a terheletlen talajokban és a kőzetekben relatíve állandó Zn/Cd arányt találunk. A Cd a cinkhez hasonlóan a könnyen mobilizálható és felvehető toxikus elemek közé tarto-

zik (Filep, 1999). Szakirodalmi adatok támasztják alá e két mikroelem nagy dózisainak talaj-mikroorganizmusokra gyakorolt negatív hatását. Naár és Bíró (2006) kadmium, cink és nikkel hatását tanulmányozták a talaj *Trichoderma* faji összetételére. Az említett tartamkísérlet fémekkel szennyezett talajából az alkalmazást követő 12. évben hat *Trichoderma* fajt tenyésztettek ki. A legnagyobb dózisu cink sók csökkentették a kolonizáció mértékét, a kadmiummal kezelt talajból nem tudták azonban a fenti gombafajokat kitenyészteni. A nehézfémek megváltoztatták a gombák előfordulását a talajban, és a talaj eredeti *Trichoderma* populációjának sajátos kölcsönhatásait is. Yuan-Gen et al. (2009) kutatásai a légköri porból történő ülepedésből származó cink, kadmium és ólom talaj-mikroorganizmusokra gyakorolt hatásának vizsgálatát célozták meg Kína területén, Guizhou tartományban, egy 2000-ben felhagyott cinkbányától 1,5 km-re eső terület szennyezett talajából vett minták elemzésén keresztül. Megállapították, hogy a talajok mikrobiális biomasza széntartalma kisebb volt, a szénforrások mikrobiális fogyasztása azonban megnövekedett a kontrollhoz képest. A szennyezés egyértelműen negatív hatást gyakorolt a talaj mikrobiológiai életére. Ugyanakkor a hosszú távú hatás vizsgálata során nem hagyható figyelmen kívül a mikroorganizmusok adaptációs képessége. Margesin et al. (2011) két, nehézfém-szennyezésnek hosszú idő óta kitett talaj mikrobapopulációját vizsgálták Lengyelországban. A talajok a Felső-Sziléziai Iparvidékről szár-

maztak. A baktérium populáció széles frakciója volt képes magas nehézfém szennyezettség mellett is élettevékenységet folytatni. Ruyters et al. (2010) kutatási eredményei megerősítették a nitrifikáló baktérium közösségek lassú, de kifejezett adaptációját a cinkszennyezéshez. A szennyező mikroelemek hosszú távú hatásainak vizsgálata meglehetősen komplex, bonyolult kutatási terület, amely során levont következtetések körültekintéssel kezelendők. Munkám célja a kadmium- és cinkszennyezés talaj-mikroorganizmusok populációdinamikájára kifejített hosszú távú hatásának felmérése.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

A talajvizsgálatok alapjául szolgáló kísérlet beállítására 1991 tavaszán került sor a Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Kutató Központ Talajtani és Agrokémiai Intézetének (a továbbiakban MTA ATK TAKI) Nagyhorcsói Kísérleti Telepén, amely az Alföld nagytáj Dunántúltra eső Mezőföld tájában helyezkedik el, a Nyugat-Mezőföld „Bozót-Sárvíz közti löszhát” tájrészen. Talajképző köze helyenként 15–20 m vastagságú lösz. A talaj a dunavölgyi mészlepedékes csernozjomok közepes humuszrétegű változatához sorolható. Fizikai talajfőleségét tekintve vályog. A kicserélhető kationok közül az egész talajszelvényben a  $\text{Ca}^{2+}$  uralkodik. Tápanyag-utánpótlásként évente alaptrágyázás történt ( $\text{N}_{100}\text{P}_{100}\text{K}_{100}$  kg/ha). A kísérleti telep talajának néhány tulajdonságát az 1. táblázat szemlélteti.

1. táblázat

### A kísérlet talajának fontosabb tulajdonságai

Arany-féle kötöttség ( $K_A$ )(1)	38–42
Fizikai talajfőleség(2)	vályog(3)
Kémhatás pH ( $\text{H}_2\text{O}$ )(4)	7,6–8,0
Kémhatás pH (KCl)(5)	7,2–7,8
Higroszkóposság (hy)(6)	1,9–2,3
Humusz % (Hu%)(7)	3,0–3,5
$\text{CaCO}_3$ (%) (8)	3–6
AL-oldható foszfortartalom ( $\text{P}_2\text{O}_5$ mg/kg)(9)	80–100
AL-oldható káliumtartalom ( $\text{K}_2\text{O}$ mg/kg)(10)	140–160

Forrás: Kádár (2012)

Table 1: The most important characteristics of the soil studied in the experiment

Plasticity index according to Arany(1), Physical soil type(2), loam(3),  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ (4),  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ (5), Hygroscopic capacity(6), Humus % (7),  $\text{CaCO}_3$  content(8), Ammonium lactate soluble phosphorus content(9), Ammonium lactate soluble potassium content(10), Source: Kádár (2012)

A Kísérleti Telep egy bekerített, 4192 m<sup>2</sup> összterületű részén 1991 tavaszán 13 mikroelem (Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, Zn) ásványi sójának kijuttatására került sor osztott parcellás elrendezésben, elemenként 4–4 kezelési szinten, 2 ismétlésben, összesen 104, egyenként 21 m<sup>2</sup> területű parcellán. A parcellákat hosszirányban 1–1 m széles utak határolják. Az alkalmazott mikroelem-kezelési szinteket a 2. táblázat szemlélteti. A beállított kísérlet olyan talajszennyezettségi szinteket hivatott reprezentálni, amelyek ipari létesítmények, autóutak és települések szennyezett környezetében előfordulhatnak. Szennyező-

forrásul oldható ásványi sókat alkalmaztak annak érdekében, hogy a potenciális toxicitás (az ionos formák talajbéli átalakulásának megismerése révén) minél hatékonyabban vizsgálható legyen.

2. táblázat

### A kísérletben alkalmazott kezelési szintek

Kezelés száma(1)	Alkalmazott dózis (kg/ha)(2)	Hatóanyag(3)
1	0	-
2	90	$\text{CdSO}_4 \cdot 8/3\text{H}_2\text{O}$
3	270	vagy
4	810	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (4)

Table 2: Treatment levels applied in the experiment

Number of treatment(1), Dose applied (kg ha<sup>-1</sup>)(2), Active substance(3),  $\text{CdSO}_4 \cdot 8/3\text{H}_2\text{O}$  or  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (4)

A kadmium- és cinkterhelés összes dózisából két alkalommal, 2013. május 14. és 2013. szeptember 26-án került sor mintavételre. A talajok laboratóriumi vizsgálatát a DE MÉK Agrokémiai és Talajtani Intézetének talajbiológiai laboratóriumában végeztem el. Jelen tanulmányban két, általam kiválasztott mikroelem, a toxikus kadmium, és a potenciálisan toxikus cink különböző dózisainak talaj-mikroorganizmusok populációdinamikájára kifejített hatását vizsgáltam kvantitatív megközelítésből, a kísérleti parcellák talajában élő baktériumok, mikroszkopikus gombák mennyiségének, illetve a nitrifikációs aktivitásnak bemutatásán keresztül, a tavaszi és őszi eredmények szemléltető összehasonlítása mellett. A baktériumok és mikroszkopikus gombák mennyiségének meghatározását lemezöntéses módszerrel (Szegei, 1979) három, a nitrifikáló baktériumok mennyiségének meghatározását Pochon módszerével (Pochon és Tardieux, 1962) két ismétlésben végeztem el. Az eredmények statisztikai értékeléséhez egytényezős varianciaanalízist alkalmaztam, az adatelemzés Microsoft Excel programban, varianciaanalízis függvényelemző bővítmény segítségével készült (Aydinalp et al., 2010), a szórás, illetve a szignifikáns differencia értékek meghatározása mellett.

## EREDMÉNYEK

Az alkalmazott mikroelemek különböző dózisainak talajban élő baktériumok populációdinamikájára kifejített hatását vizsgálva megállapítottam, hogy májusban a kontrollhoz képest a baktériumok mennyiségének kismértékű növekedése volt megfigyelhető mind a kadmium, mind a cink növekvő dózisainak hatására (1. ábra). A talajba 1991-ben kijuttatott 810 kg/ha cink statisztikailag szignifikáns növelő hatást gyakorolt a talajbaktériumok 2013. májusában mért mennyiségére. A kadmium esetén a növekedés nem volt statisztikailag igazolható. A szeptemberi időszakban a kifejlődött baktérium telepek (telepképző egység, tke) száma a tavasszal mért értékekkel összehasonlítva mindegyik dózis esetén kisebb volt (2. ábra). Sem az emelkedő kadmium, sem a cink dózisok hatására nem következett be szignifikáns változás a baktériumok mennyiségében, azonban a 90 kg/ha dózist követően tendenciaszerű csökkenés megfigyelhető a kontrollhoz képest.

1. ábra: A Cd és Zn kezelések hatása a baktériumok mennyiségére (2013. május)

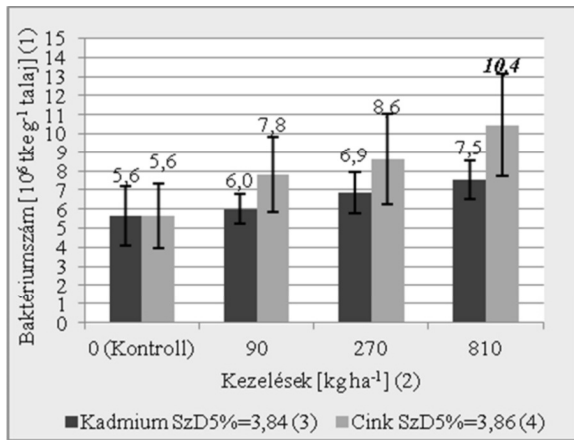


Figure 1: Effect of the Cd and Zn treatments on the amount of bacteria (May, 2013)

Number of bacteria ( $10^6$  colony  $g^{-1}$  soil)(1), Treatments ( $kg\ ha^{-1}$ )(2), Cadmium  $LSD_{5\%}=3.84$ (3), Zinc  $LSD_{5\%}=3.86$ (4)

2. ábra: A Cd és Zn kezelések hatása a baktériumok mennyiségére (2013. szeptember)

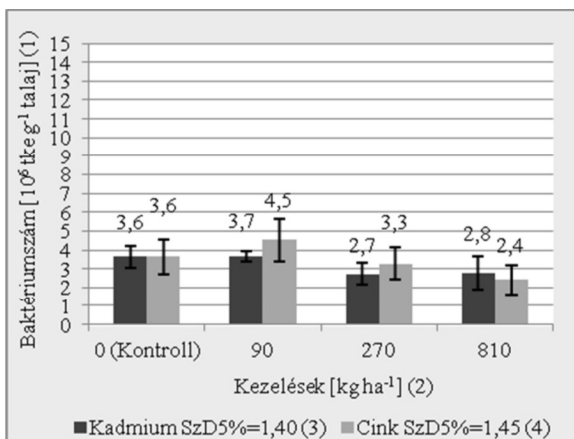


Figure 2: Effect of the Cd and Zn treatments on the amount of bacteria (September, 2013)

Number of bacteria ( $10^6$  colony  $g^{-1}$  soil)(1), Treatments ( $kg\ ha^{-1}$ )(2), Cadmium  $LSD_{5\%}=1.40$ (3), Zinc  $LSD_{5\%}=1.45$ (4)

A mikroszkopikus gombák mennyiségét vizsgálva 2013. májusában mind a kadmium, mind a cink növekvő dózisa esetén a kifejlődött telepek számának gyarapodását figyeltem meg a kontrollhoz képest (3. ábra). A legmagasabb, 810 kg/ha-os kadmium dózis statisztikailag igazolható növekedést eredményezett a kontrollhoz képest. A mikroszkopikus gombák 2013. szeptemberében mért mennyisége összességében mindkét mikroelem esetén magasabbnak bizonyult a tavasszal mért értékekhez hasonlítva. A 90 kg/ha cinkkezelés a telepképző egységek számának szignifikáns növekedését eredményezte, míg a legmagasabb, 810 kg/ha-os adag esetén a kontrollhoz képest szignifikáns csökkenést figyeltem meg. A kadmium megfelelő dózisa mellett nem észleltem hasonló változást (4. ábra).

3. ábra: A Cd és Zn kezelések hatása a mikroszkopikus gombák mennyiségére (2013. május)

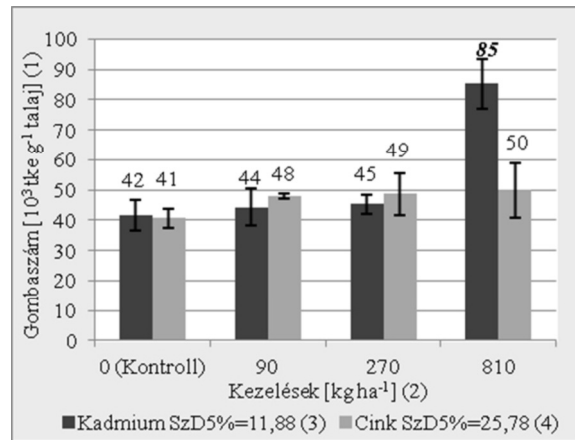


Figure 3: Effect of the Cd and Zn treatments on the amount of microscopic fungi (May, 2013)

Number of bacteria ( $10^3$  colony  $g^{-1}$  soil)(1), Treatments ( $kg\ ha^{-1}$ )(2), Cadmium  $LSD_{5\%}=11.88$ (3), Zinc  $LSD_{5\%}=25.78$ (4)

4. ábra: A Cd és Zn kezelések hatása a mikroszkopikus gombák mennyiségére (2013. szeptember)

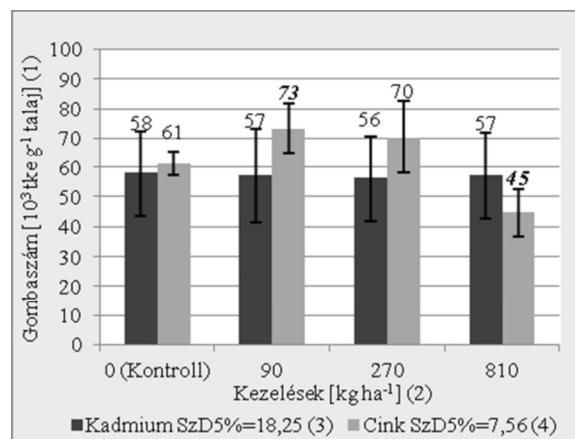


Figure 4: Effect of the Cd and Zn treatments on the amount of microscopic fungi (September, 2013)

Number of bacteria ( $10^3$  colony  $g^{-1}$  soil)(1), Treatments ( $kg\ ha^{-1}$ )(2), Cadmium  $LSD_{5\%}=18.25$ (3), Zinc  $LSD_{5\%}=7.56$ (4)

A nitrifikáló baktériumok mennyisége mind a kadmium, mind a cink legkisebb alkalmazott dózisának hatására szignifikáns növekedést mutatott a kontrollhoz képest, tavasszal és ősszel egyaránt (5. és 6. ábra). A 270 kg/ha közepes szintű kezelés 2013. májusában további statisztikailag igazolható mennyiségi növekedést eredményezett mind a kontrollhoz, mind a 90 kg/ha dózishoz képest a kadmium és cink esetén egyaránt. A dózis további növekedése azonban már a mikroorganizmusok mennyiségének csökkenését eredményezte mindkét mikroelem tekintetében. A telepképző egységek száma még a 810 kg/ha dózissal is szignifikánsan magasabb volt a kontrollhoz képest. A tavasszal tapasztalt változásokkal ellentétben 2013. szeptemberében a 270 kg/ha közepes szintű kadmium kezelés a nitrifikáló baktériumok mennyiségének statisztikailag igazolható csökkenését eredményezte a 90 kg/ha-os dózishoz képest. A cink ugyanezen dózisa mellett

azonban a mikroorganizmusok számának növekedése volt megfigyelhető. A legnagyobb, 810 kg/ha dózis már mindkét mikroelem esetén a nitrifikáló baktériumok mennyiségének csökkenését eredményezte, számuk a kontroll talajhoz képest azonban még így is szignifikánsan magasabb maradt.

5. ábra: A Cd és Zn kezelések hatása a nitrifikáló baktériumok mennyiségére (2013. május)

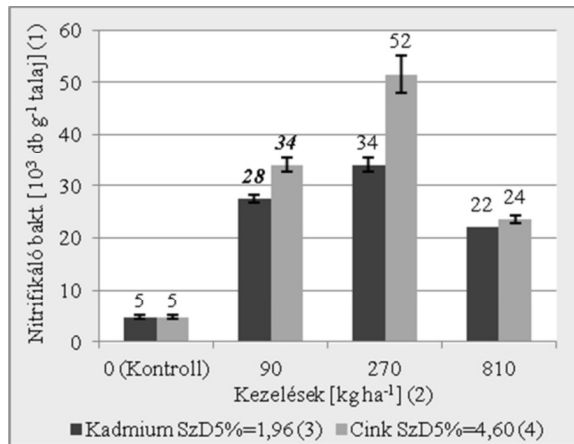


Figure 5: Effect of the Cd and Zn treatments on the amount of nitrifying bacteria (May, 2013)

Number of bacteria ( $10^3$  colony  $g^{-1}$  soil)(1), Treatments ( $kg\ ha^{-1}$ )(2), Cadmium  $LSD_{5\%}=1.96(3)$ , Zinc  $LSD_{5\%}=4.60(4)$

6. ábra: A Cd és Zn kezelések hatása a nitrifikáló baktériumok mennyiségére (2013. szeptember)

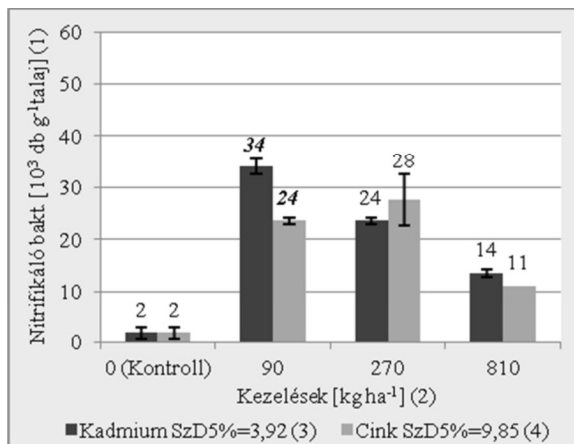


Figure 6: Effect of the Cd and Zn treatments on the amount of nitrifying bacteria (September, 2013)

Number of bacteria ( $10^3$  colony  $g^{-1}$  soil)(1), Treatments ( $kg\ ha^{-1}$ )(2), Cadmium  $LSD_{5\%}=3.92(3)$ , Zinc  $LSD_{5\%}=9.85(4)$

## KÖVETKEZTETÉSEK

A bemutatott eredmények alapján megállapítható, hogy a vizsgált talajban élő baktériumok mennyisége tavasszal, míg a mikroszkopikus gombák mennyisége ősszel bizonyult nagyobbak. Az alkalmazott kadmium és cink hatása még az eltelt két évtized távlatában is észlelhető. A nitrifikáló baktériumok a kezelésekre különösen érzékenyen reagáltak. Megállapítható, hogy a kadmium és a cink ugyanazon dózisainak a talaj-mikroorganizmusok populációdinamikájára gyakorolt hatásában meglepő módon sok hasonlóság mutatkozik. Ez a hatás sok esetben a várakozásokkal ellentétben a kontroll talajhoz képest az alacsonyabb dózisok esetén inkább serkentő, mintsem gátló hatás. Ez feltételezhetően a két mikroelem hasonló kémiai szerkezetére vezethető vissza. Ugyanakkor megfigyelhető, hogy a kadmiummal kezelt talajokban a mikroorganizmusok mennyisége összességében mindhárom vizsgált paraméter esetén alacsonyabbnak bizonyult a cinkkel kezelt talajokhoz képest. Ez a hatás jól tükrözi a két mikroelem közötti különbséget: a kadmium eredendően toxikus, míg a cink potenciálisan toxikus, esszenciális mikroelem. A bemutatott eredmények összefüggéseinek mélyrehatóbb tanulmányozásához további vizsgálatok elvégzése szükséges. A terület folyamatos talaj-mikrobiológiai nyomon követése és a vizsgálati kör kiszélesítése további értékes információkkal szolgálhat a fenti, hazánkban kevésbé kutatott kérdéskört illetően.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozom prof. dr. Kádár Imre úrnak, (MTA ATK TAKI) a Nagyhörcsökpusztán beállított nehézfém-tartamkísérletből történő mintavételhez történő hozzájárulásáért, és az általa nyújtott segítőkész támogatásért.

## IRODALOM

- Aydinalp, C.–Füleky, Gy.–Tolner, L. (2010): The comparison study of some selected heavy metals in the irrigated and non-irrigated agricultural soils. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 16: 754–768.
- Csathó P. (1994): A környezet nehézfém szennyezettsége és az agrártermelés. *Tematikus szakirodalmi szemle*. Magyar Tudományos Akadémia Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest. 6–7.
- Filep Gy. (1999): Talajtani alapismeretek II. Talajrendszertan és alkalmazott talajtan. Debreceni Agrártudományi Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar Talajtani és Mikrobiológiai Tanszék. Vider-Plusz Nyomdaipari és Kereskedelmi Bt. Debrecen. 157–162.
- Kádár I. (2012): A főbb szennyező mikroelemek környezeti hatása. Magyar Tudományos Akadémia ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet. Budapest. 10–18.

- Margesin, R.–Plaza, G. A.–Kasenbacher, S. (2011): Characterization of bacterial communities at heavy-metal-contaminated sites. *Chemosphere*. 82. 1583–1588.
- Naár, Z.–Bíró, B. (2006): Species composition of indigenous *Trichoderma fungi* affected by Cd, Ni and Zn heavy metals in calcareous chernizem soil. *Agrokémia és Talajtan*. 55: 261–270.
- Pochon, J.–Tardieux, P. (1962): *Techniques D'Analyse en Micobiologie du Sol*. Collection „Technivues de Base”. Masson Co. Paris. 102.
- Ruyters, S.–Mertens, J.–Springael, D.–Smolders, E. (2010): Stimulated activity of the soil nitrifying community accelerates community adaptation to Zn stress. *Soil Biology & Biochemistry*. 42: 766–772.
- Szabó S. A.–Möcsényi Á.–Győri D.–Szentmihályi S. (1987): Mikroelemek a mezőgazdaságban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 68–75., 110–114.
- Szegi J. (1979): Talajmikrobiológiai vizsgálati módszerek. Mezőgazdasági Könyvkiadó. Budapest. 49–50 .
- Yuan-Gen, Y.–Zhi-Sheng, J.–Xiang-Jang, B.–Fei-Li, L.–Li, S.–Jie, L.–Zhi-Jou, F. (2009): Atmospheric deposition-carried Pb, Zn and Cd from a zinc smelter and their effect on soil microorganisms. *Pedosphere*. 19: 422–433.

