

Dr. Farsang Andrea¹ – Cser Viktória² – Dr. Barta Károly³

Indukált fitoextrakciós eljárás terepi alkalmazása enyhén szennyezett kotrási iszapon Esettanulmány a Mártélyi-Holtág kotrási iszapján

Abstract

Our research shows the results and discussions of field experiments based on induced phytoextraction. The studied polluted material originates from one of the oxbow lakes of the Tisza river near Mártély (SE Hungary). This slurry has moderated metal contamination (Cu, Zn) which can be derived from the natural sedimentation processes. Passive phytoextraction experiments have been in process in six study plots with various plants since 2005. This investigation was completed with induced phytoextraction from spring of 2007. The research shows the results connected to the plants *Helianthus annuus*, *Brassica juncea* and *Brassica napus*. It is focused on the changes in the different soil layers and the differences between the results of the induced and the passive phytoextraction treatments and between the control plot without treatment.

1. Bevezetés

A talaj szennyezettségének csökkentésre alkalmas új és ígéretes módszer a fitoremediáció, azaz olyan eljárások sorozata, melyek során a növényekkel (és társult mikroorganizmokkal) csökkenthető a talaj környezetszennyező anyagainak koncentrációja, illetve azok transzportja egy elfogadható kockázati szintre mérsékelhető (CUNNINGHAM, S. D. et al. 1995, 1996; SALT, D. E. et al. 1998; MÁTHÉNÉ GÁSPÁR G. – ANTON A. 2004; SIMON L. 2004).

A fitoremediációnak több technikája különböztethető meg az eltávolítás mechanizmusa alapján. A fitodegradáció esetében a növény maga, vagy a rizoszféra közreműködésével elbontja, mineralizálja a biodegradálható vegyi anyagokat. A rizofiltráció lényege, hogy a növények gyökérzete és a gyökérszónában élő mikroorganizmusok együttműködve kötik meg, szűrik ki és bontják le a vízben található szennyezőanyagokat. Ez elsősorban szennyvizek, csurgalékvizek kezelésére alkalmas módszer. A fitostabilizáció során a szennyezőanyagot tűrő növényekből álló takaróréteg fizikai jelenlétével akadályozza meg a szennyezett talaj levegőbe (csökkenti az eróziót és a deflációt), valamint felszíni és felszín alatti vizekbe való bejutását (CUNNINGHAM, S. D. et al. 1995, 1996; SALT, D. E. et al. 1998; MÁTHÉNÉ GÁSPÁR G. – ANTON A. 2004). A fitoextrakció során a növények a gyökérzetükön felveszik, majd valamely szövetükben felhalmozzák a szennyezőanyagokat, elsősorban nehézfémeket (BLAYLOCK – HUANG 2000). Ez történhet passzív fitoextrakcióval, amikor a gyorsan fejlődő nagy biomasszát képező fajokkal (pl. nyárfa, fűzfa hibridek), vagy folyamatos fitoextrakcióval, amikor ún. hiperakkumuláló fajokkal (növény hajtásában a fémtartalom meghaladja az 1000 mg/kg szárazanyag értéket) ültetjük be a szennyezett területet. Egyes

¹ Dr. Farsang Andrea *Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged* E-mail: andi@earth.geo.u-szeged.hu

² Cser Viktória *Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged* E-mail: cserwiki@freemail.hu

³ Dr. Barta Károly *Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged* E-mail: barta@earth.geo.u-szeged.hu

esetekben megoldás lehet az ún. indukált fitoextrakció, amikor kelátképzők talajba juttatásával megnövelik a fémek mobilitását és ezáltal növényi felvehetőségüket (CUNNINGHAM, S. D. et al. 1995, 1996; KÁDÁR 1998; SALT, D. E. et al. 1998; MÁTHÉNÉ GÁSPÁR G. – ANTON A. 2004). A fitoextrakció, egyik változata az indukált fitoextrakció, melynek során kelátképzőket juttatnak a talajba. Ezzel a módszerrel a növények fémfelvétele, illetőleg fémakkumulációja sokszorosára növelhető (SIMON L. 1999.).

A fitoremediációs talajtisztítási módszerek előnye a kisebb költség (megtakarítjuk a talaj kitermelési és elszállítási költségeit). Hátrányt jelent viszont a hosszú kezelési idő és a keletkező növényi anyag megfelelő kezelése (GLASS, D. J. 2000).

Kutatásunk célja a kis koncentrációban – elsősorban geogén eredetű – szennyezést tartalmazó mártélyi kotrási iszapban indukált fitoextrakciós technika alkalmazása volt, majd eredményeinek értékelése, hatékonyságának bemutatása, összevetve a passzív fitoextrakcióval.

2. Mintaterület bemutatása

A Mártélyi Holt-Tisza rekultivációs munkálatai során a holtágból kikerülő kotrási iszapok egy részét hat kísérleti parcellában helyeztük el (10 × 30 m) úgy, hogy a területet felépítő homokos üledékek 30 cm-es iszapborítást kaptak (1.kép). Ezen felül minden parcellán kialakítottunk egy 4 m²-es aláfóliázott térrészt, amelyen az átszivárgó vizeket egy perforált, alulról zárt PVC-cső gyűjti össze (2.kép). Ezzel lehetőségünk nyílik mind az átszivárgás mennyiségi meghatározására, mind pedig az összegyűjtött víz nehézfém-tartalmának mérésére, monitorozására.

kísérleti parcellák

zagykazetták



1. kép. A mártélyi mintaterület parcellái

2. kép. Mártélyi mintaparcellák, mérőkút

3. Mintaterület nehézfém szennyezettsége

A szikkasztott kotrási iszap átlagmintáiban az egyes nehézfém koncentrációkat vizsgálva és a hatályos határértékekkel összevetve megállapítható, hogy a Cr, a Ni és a Zn határértéket meghaladó koncentrációban van jelen. A Cu, Pb és Cd koncentráció határérték alatti, illetve azt egyes pontokban kis mértékben meghaladó.

Mivel a nehézfémek mennyisége kétszeresénél jobban nem haladja meg a megengedett határértéket, ezért találtuk a területet alkalmasnak az indukált fitoextrakciós eljárásra alkalmasnak.

1. táblázat. Mártélyi mintaparcellák nehézfém szennyezettsége (királyvizes feltárás) a határértékkel összevetésben (10/2000. (VI.2.) KöM-EüM-KHVM együttes rendelet)

Parcella sorszáma	Cu ppm	Ni ppm	Co ppm	Cr ppm	Cd ppm	Pb ppm	Zn ppm
1t	66,4	60,8	12,25	116,3	1,63	71,17	242,9
2t	61,03	73,36	12,39	130,7	1,43	69,9	230,0
3t	63,62	77,74	9,28	119,3	1,15	63,61	245,8
4t	58,34	74,41	9,88	109,7	1,03	71,49	233,4
5t	84,59	78,01	13,96	127,1	1,28	88,59	374,7
6t	53,83	65,69	90,65	116,3	1,47	64,15	279,6
Határérték – B*(királyvizes feltárás, ppm)	75	40	30	75	1	100	200

4. Indukált fitoextrakció

A kelátok olyan sajátos szerkezetű összetett vegyületek, melyek kötetlen elektronpárral rendelkeznek, és ezáltal fémionokkal (megfelelő pH mellett) igen nagy stabilitású komplexet tudnak képezni. Vízzoldhatóságuknak köszönhetően, a talajba juttatva a fémek mobilitását azonnal megnövelik, és ezáltal a növényi felvehetőség a sokszorosára emelkedik. Alkalmazásuk előnye a természetbe történő kihelyezésének lehetőségében rejlik, amelyet viszonylag gyors bomlásuk tesz lehetővé (kb. 3 nap). Az alkalmas kelátok megválasztásával (optimális paraméterek beállítása mellett) konkrét fémcsoportok mobilizálhatók, és ezáltal indukált fitoextrakcióra alkalmazhatóak. Különböző kelátokkal más és más fémcsoportok mobilizálhatók. A kelátos kezelést kifejtett növényeken kell végezni, majd a kezelést követően a szennyezett biomasszát 2–3 nap múlva el kell távolítani a talajból. (SIMON L. 1999.)

Az eredményeknek megfelelően elsősorban a Zn és a Cu mobilizációját tűztük ki célul. Ehhez kelátként az EDTA-t választottuk (FARSANG A. et al. 2007), amelynek kihelyezésre kerülő mennyiségét a Lakanen-Erviö nehézfém feltárás alapján számoltuk ki. A megfelelő mennyiségű EDTA-t olyan mennyiségű desztillált vízben oldottuk, hogy az a talajra kihelyezve maximum a felső 10 cm-es zónába szivároghasson be. Ehhez több talajtani paramétert kellett figyelembe vennünk; úgymint porozitás, szántóföldi vízkapacitás, Arany-féle kötöttség, a talaj vízvezető képessége stb.

A terepi kihelyezésénél az alábbi mechanizmus alapján jártunk el:

- megfelelő mennyiségű és hígítású oldat elkészítése; szállítása azonnal (tekintettel az EDTA bomlására);
- kezelendő terület és kontroll terület kijelölése;
- átlag talajmintavétel 0–10 cm, 10–20cm (gyökérszóna), 20–30 cm szintből kezelés előtt;
- átlag növényminta vétel;
- kezelés: kannával kilocsolva a kelátos oldatot, minél közelebb a talajhoz, egyenesen, a felső 10–15 cm a célzóna;
- Spriccflaskával növények vizes lemosása, hogy a növényi részekre került esetleges EDTA-t eltávolítsuk, de a talajba nagymértékű vizes bemosódás ne történjen;
- kelát kihelyezés után 4–5 nap várakozás, közben csapadékjelentések figyelése, majd a kísérlet bontása;
- kezelt területről átlag talajmintavétel (0–10 cm, 10–20 cm, 20–30 cm-es mélységből);
- átlag növényminta vétel;
- laborban azonnal a talajból EDTA visszatitrálása – komplexometriás módszerrel –

annak vizsgálatára, hogy az EDTA elbomlott-e;

- Talaj és növény laboratóriumi vizsgálata (fém tartalom vizsgálata királyvizes és Lakanen-Erviö feltárással).



3. kép. A repce parcella kelátkezelése



4. kép. A napraforgó kelátkezelése Mártélyon

A kezeléseket megelőző ill. lezáró mintavételezések alkalmával mintaterületenként 3 párhuzamos átlagmintával dolgoztunk.

A repcében és a barna mustárban (3-4. parcella) kijelölt 1-1 m²-es folt EDTA-val való belocsolása történt meg 2007. április 23-án. Majd 7 nappal később az április 30-ai alkalommal betakarítottuk az EDTA-val kezelt repcét és barna mustárt, illetve talajmintát vettünk a talaj három szintjéből az EDTA elbomlásának vizsgálatára, illetve nehézfém tartalom változásainak monitorozására.

2007. június 30-án a napraforgóban 2 m²-es foltot locsoltunk be EDTA-s oldattal. Ezzel párhuzamosan növény- és talajmintát vettünk a kezelés előtti fém tartalom megállapítása céljából.

5 nappal később, július 4-én megtörtént a kezelt terület mintázása, szintén növény és 3 szintű talajmintavétellel. A begyűjtött átlagmintákból 1:10 ultra tiszta desztillált vizes talajkivonatot készítettünk és metil-timolkék indikátor jelenlétében cink-szulfát mérőoldattal komplexometriás módszerrel határoztuk meg az esetlegesen talajban maradt EDTA mennyiségét.

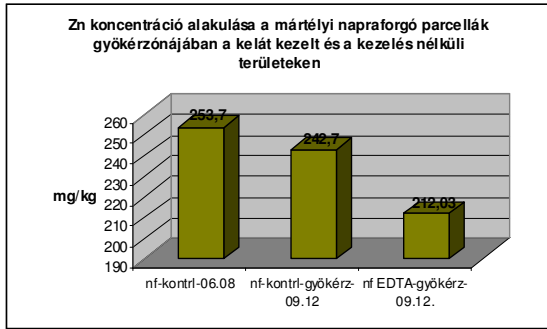
2007. szeptember 12-én a kísérletsorozat zárásaként talajmintát gyűjtöttünk mind a kezelt területek, mind a kezeletlen kontroll területek alól.

5. Terepi indukált fitoextrakció eredményei

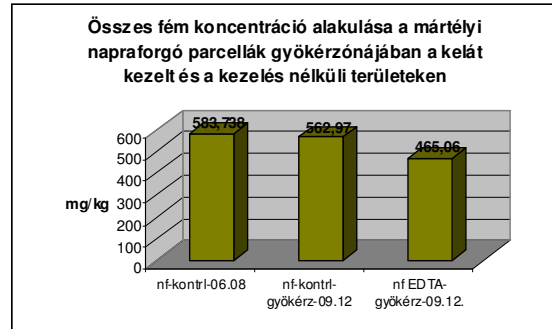
5. 1. Napraforgó (*Helianthus annuus*)

A kezelést megelőző gyökérvonás vizsgálatokhoz képest a keláttal kezelt napraforgó példányok gyökérvonájában minden esetben alacsonyabb volt a fémkoncentráció, mint a kontrollként hagyott, kezeletlen napraforgó egyedek esetében.

Az eredmények alapján megállapítottuk, hogy EDTA kezeléssel – fémenként változóan – átlagosan 10–15%-kal nagyobb növényi elemfelvétel érhető el (2. ábra), mint a kezelést elhagyva. A Zn esetében – melyre a konkrét kelátkezelés irányult – 16%-os csökkenés volt kimutatható a talajban. Ez 4-szer hatékonyabb, mint a kontrollterületek passzív fitoextrakciója.



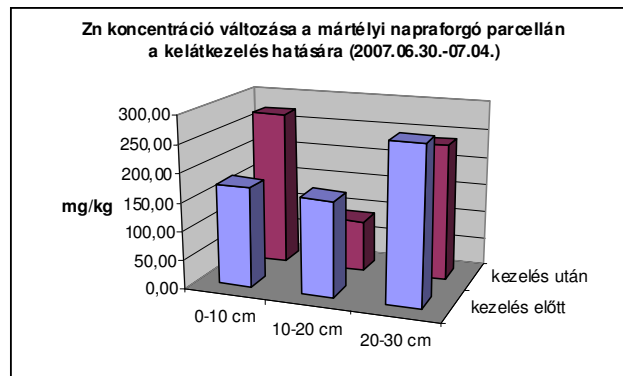
1. ábra. Zn koncentráció alakulása a mártélyi napraforgó parcellák gyökérszónájában a kelátkezelt és a kezelés nélküli területen



2. ábra. Összes fém koncentráció alakulása a mártélyi napraforgó parcellák gyökérszónájában a kelátkezelt és a kezelés nélküli területen

A kelátkezelés hatását a talaj fémkoncentrációjára szintenként vizsgálva megállapítható (3. ábra), hogy jelentős mértékű fémcsökkenés a gyökerekkel legsűrűbben átszőtt 10–20 cm-es rétegben érhető el. A felső 0–10 cm-es rétegben minden vizsgált fém esetében koncentrációnövekedést tapasztaltunk. Ennek oka több tényezőre vezethető vissza: az elemfelvételt gátolja a gyors kiszáradás, valamint a kelátkezeléssel oldatba vitt fémek az erőteljes evaporáció és a növényi gyökerek szívóhatása miatt felkerülnek a 0–10 cm-es rétegbe, ahol fémsók formájában kicsapódnak.

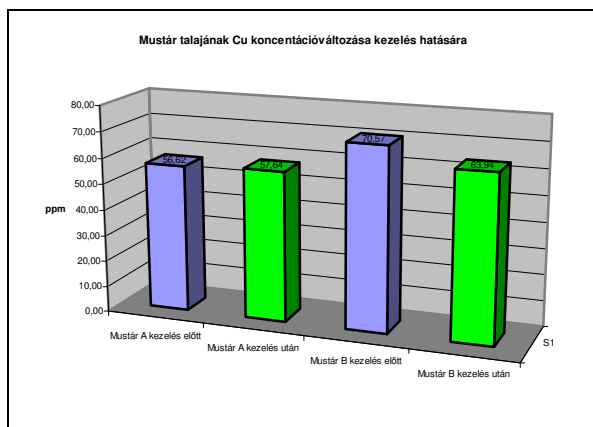
A 20–30 cm-es rétegben a kijuttatott kelátképző nem okozott nehézfém mobilitás növekedést, ez alátámasztja, hogy a talaj vízgazdálkodási tulajdonságai (talaj vízbefogadó/víz tartó képessége) alapján kiszámított kelátoldat mennyisége és az öntözés intenzitása megfelelő volt, a lemosódás elkerülését tekintve. A július 4-én gyűjtött talaj egyetlen szintjében sem volt kimutatható az EDTA jelenléte.



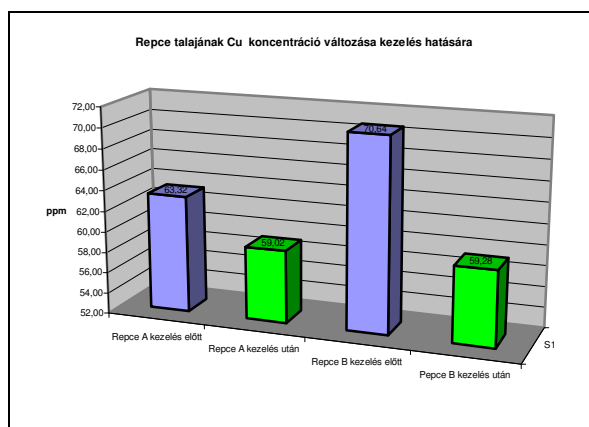
3. ábra. Zn koncentráció változása a mártélyi napraforgó parcellán a kelátkezelés hatására

5. 2. Repce és mustár parcellák – kelátkezelés hatása a talajban

A mustár esetében a kezelés hatására a Zn koncentrációjának változása nem volt számottevő (4. ábra). A másik célcsoportként választott Cu a B szintben 9%-os csökkenést hozott a talajban (5. ábra). A 0–10 cm-es szint esetében itt is megjelent 1% -os emelkedés, melyet a napraforgónál leírtakra vezettünk itt is vissza.

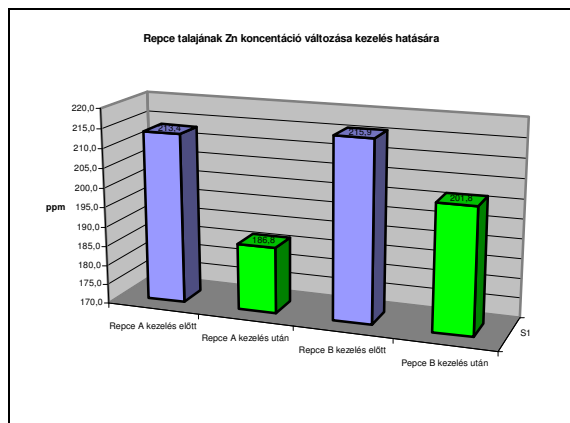


4. ábra

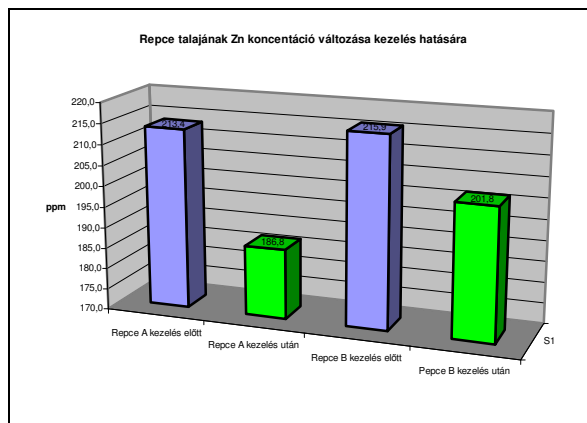


5. ábra

A repcénél mindkét fém esetében bekövetkezett a csökkenés a kezelést megelőző állapotokhoz képest. Az Zn esetében a 0–10 cm-es szintben 12,5%-os még a 10–20 cm-es szintben 6,5%-os fémcsökkenés volt mérhető. A Cu esetében felső szintben 6,8%-kal, még a 10–20 cm-es szintben 16%-kal csökkent az adott fém a kezelés hatására.



6. ábra



7. ábra

A kísérletek során gyűjtött, a felső 30 cm-es rétegen átszivárgó vizek elemzése alapján megállapítható, hogy a kelátkezelés nem eredményezte a fémkoncentráció növekedését.

6. Összegzés

Munkánk célja, hogy átfogó, szemléletes képet adjon egy konkrét esettanulmány bemutatásán keresztül az indukált fitoextrakciós kutatásainkról.

Mintaterületünkön, Mártélyon, 2005 óta hiperakkumuláló növényfajokkal passzív fitoextrakciós eljárás folyt. Ezt kiegészítve 2007 tavaszán 3 mintaparcellán indukált fitoextrakciós technika terepi vizsgálata történt. Az indukált fitoextrakciós eljárásunk főbb lépései a következők voltak:

- a megfelelő kelát kiválasztása, megfelelő fémcsoportok mobilizálása;
- a választott kelát optimális mennyiségű desztillált vízben történő oldása, majd terepi kihelyezése, figyelembe véve a talajtani paramétereket, a leszivárgás elkerülése végett;
- talaj nehézfém tartalom változásának nyomon követése kezelés előtt és után;
- kelát bomlásának nyomon követése; komplexometriás visszatitrálással, titrálással;

- eredmények kiértékelése és összevetése a passzív fitoextrakciós területek eredményeivel.

Az indukált fitoextrakciós eljárás eredményessége mindhárom mintaparcellán megmutatkozott. A legjelentősebb változásokat a napraforgóval és repcével beültetett területeken mutattuk ki. A nehézfém felvétele – és ezáltal a talaj szennyezettségének csökkenése – elsősorban a 10–20 cm-es talajsztíra, azaz a növény fő gyökérzóna szintjére lokalizálódott. A feltalajban már jóval kisebb mértékű fémfelvétel valósult meg.

Irodalom

- CUNNINGHAM, S. D. – BERTI, W. R. – HUANG, J. W. (1995) Phytoremediation of contaminated soils. *Trends Biotechn.* 13., pp. 393-397.
- CUNNINGHAM, S. D. – ANDERSON, T. A. – SCHWAB, A. P. – HSU, F. C. (1996) Phytoremediation of soils contaminated with organic pollutants. *Adv. Agron.* 56, pp. 56-114.
- FARSANG A. – CSER V. – BARTA K. – MEZŐSI G. – ERDEI L. – BARTHA B. – FEKETE I. – POZSONYI E. (2007) Indukált fitoextrakció alkalmazása extrémén szennyezett földszerű anyagon. *Agrokémia és Talajtan*, 56, 2, pp. 317-333.
- GLASS D. J. (2000) Economic potential of phytoremediation – In: Raskin I. – Ensley B. D. eds.: *Phytoremediation of toxic metals. Using plants to clean up the environment.* John Wiley & Sons Inc. New York, pp. 15-31. ISBN 0-471-19254-6.
- MÁTHÉNÉ GÁSPÁR G. – ANTON A. (2004) Toxikus-elem szennyeződés káros hatásainak mérséklése fitoremediációval. *Agrokémia és talajtan*, 53, pp. 413-432.
- SALT, D. E. – SMITH, R. D. – RASKIN, I. (1998) Phytoremediation. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plan Molec. Biol.* 49, pp. 643-668.
- SIMON L. (2004) Fitoremediáció. *Környezetvédelmi Füzetek.* BME OMIKK, Budapest, 58p.
- 10/2000. (VI.2.) KöM – EüM – FVM-KHVM együttes rendelet. A felszín alatti víz és a földtani közeg minőségi védelméhez szükséges határértékekről.