

## **Fitoremediációs kísérletek eltérő szennyezettségű területeken**

*Barta Károly<sup>1</sup> – Farsang Andrea<sup>1</sup> – Mezősi Gábor<sup>1</sup> – Erdei László<sup>2</sup> –  
Cser Viktória<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged

<sup>2</sup>SZTE Növényélettani Tanszék, Szeged

### **Összefoglalás**

Hároméves kutatási projektünk célja nehézfémekkel különböző mértékben szennyezett területek környezeti kockázatának csökkentése fitoremediáció segítségével. Két mintaterületünk egyike Mártélyon található, a Mártélyi-holtág kotrási iszapján, mely csupán néhány nehézfemből (Cr, Ni, Pb, Zn) tartalmaz határértéket kis mértékben meghaladó szennyeződést. Célunk itt megfelelő növényekkel és társult mikrobákkal a toxikus nehézfémek kivonása a talajból (fitoextrakció). Másik kísérleti területünket az almásfüzitői vörösiszap-tározón alakítottuk ki, itt a vizsgálatok tárgyát a tározó befedésére szolgáló antropogén eredetű talajszerű anyag adja, amely a legkülönbözőbb ipari hulladékok keverékéből áll, nehézfém-tartalma a legtöbb elem esetében (pl. Cd, Cr, Ni, stb.) a határértéket többszörösen meghaladja. E területen az igen magas nehézfém-tartalom csökkentése mellett célunk a fitostabilizáció megvalósítása, azaz a növényzet segítségével megakadályozni mind a kiporzást, mind pedig a talajvízbe jutást, amelyet az alatta elhelyezkedő vörösiszap magas pH-értékei is segítenek.

Jelen cikk azokról a talajtani kutatásokról számol be, amelyek a fitoremediáció lehetőségét megengedő, annak sikerességét, vagy éppen sikertelenségét befolyásoló talajtulajdonságok és talajparaméterek meghatározását célozza.

### **Bevezetés, célkitűzések**

Napjainkban környezetünk, így az emberiség élelmiszer-ellátását biztosító, erdeink termőhelyét adó, illetve számos egyéb módon hasznosított talajaink is egyre nagyobb igénybevételnek, ennek során pedig komoly szennyeződéseknek vannak kitéve. A szennyezőanyagok közül érdemes kiemelni a toxikus nehézfémeket, amelyek már kis koncentrációban is igen jelentős károsodást, betegségeket okozhatnak az élő szervezetekbe jutva. A nehézfémekkel szennyezett talajok tisztítására egyre szélesebb körben terjednek a különböző fitoremediációs módszerek. Ezek olyan eljárások, melyek során a növényekkel – és a társult mikrobákkal – csökkentik a talaj nehézfém-koncentrációját, illetve azok transzportját egy elfogadható kockázati szintre hozzák. Jó példa erre a fitostabilizáció, amikor a szennyezőanyagok környezetbe (légműbe, talajvízbe, felszíni vízbe) kerülését a transzport fizikai és kémiai korlátozásával akadályozzák meg, vagy a fitoextrakció, mely során a talajbeli koncentráció csökkentését a növényi felvétel segítségével és a biomassa eltávolításával oldják meg (Simon 2004).

Öttagú konzorciumunk (SZTE Növényélettani Tanszék, SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, SZBK Növénybiológiai Intézet, Bay Zoltán Alapítvány, Hologén Kft. (Szeged), Aquadukt Kft. (Szekszárd) célja:

1. Kísérleti mintaterületeken olyan alkalmazásra kész technológia kidolgozása, amely a talaj- és nehézfém-specifikus növényfajok – mikrobiális fajok speciális kombinációinak segítségével a nehézfém-szennyezettséget stabilizálja, illetve a kívánt határérték alá csökkenti (Vashegyi et al. 2005).

2. A keletkező biomassza többfokozatú, vándorrostélyos égetőkazánban való megsemmisítése, illetve lehetőség szerint a fémek kivonása és újrahasznosítása („fitobányászat”).

A kutatás sokrétű talajtani vonatkozásából első lépésben azt tartjuk a legfontosabb célunknak, hogy definiálni tudjuk azokat a talajjellemzőket, talajtani paramétereket, amelyek a fitoremediáció gátjául – vagy éppen katalizátorául – szolgálhatnak.

### Anyag és módszer

Mintaterületek és kialakításuk

#### *Almásfüzitő*

Az almásfüzitői vörösiszap tároló fedőrétegén található kísérleti parcellákat antropogén eredetű talajszerű anyagon alakítottuk ki, amely a legkülönbözőbb ipari, vegyipari, olajipari hulladékok keverékéből áll, nehézfém-tartalma a legtöbb elem esetében (pl. Cd, Cr, Ni, stb.) a határértéket többszörösen meghaladja. A nehézfém szennyezettség mellett igen magas az összes szénhidrogén és a PAH-tartalma is (1. táblázat).

**1. táblázat.** Nehézfém-, összes szénhidrogén- és PAH-tartalom az almásfüzitői földszerű anyagban

Vizsgált szennyeződés	Koncentráció (királyvizes felt. ppm)	Határérték – B* (királyvizes felt. ppm)
<b>Cr</b>	3131	75
<b>Cu</b>	2300	75
<b>Ni</b>	1565	40
<b>Cd</b>	103	1
<b>Pb</b>	420	100
<b>Zn</b>	2900	200
	Koncentráció (IR+GC-FID, ppm)	Határérték – B* (ppm)
<b>TPH</b>	424-2740	100
<b>PAH</b>	3,5-6,4	1

\*10/2000. KöM-EüM-FVM-KHVM együttes rendelet alapján

A környezetéből 3 m-re kiemelt prizmán 6 db 4x2,5 m-es kísérleti parcella került kialakításra (1. ábra), amelyeket 2006. tavaszán vetettünk be hat különböző kísérleti növényvel. Ezek a Brassica carinata, Brassica oleracea, Brassica juncea, Kochia scoparia, Rumex és napraforgó. A telepítéssel egyidőben olyan monitoringrendszert építettünk ki a parcellák alatt, amely óránként automatikusan méri a talajnedvességet 10 és 30 cm-es mélységben, illetve 20 cm-es mélységben pedig a talajhőmérsékletet. A nehézfémek mozgásának nyomon követését az átszivárgó vizek gyűjtésére alkalmas drénezés is segíti.



1. ábra. Az almásfüzitői kísérleti parcellák

### *Mártély*

A Dél-Tisza-völgyben található Mártélyi-holtág kotrási iszapját 6 db 2 m mély zagykazettában helyezték el 2003-2004 folyamán. Az iszap csupán néhány nehézfémről (Cr, Ni, Pb, Zn) tartalmaz határértéket kis mértékben meghaladó szennyeződést. 5 kazettába fűzet (*Salix alba*) telepítettünk, mely szakirodalmi adatok alapján számítva évente hektáronként 7,5 kg Zn felvételére alkalmas. A hatodik parcella anyagából újabb hat kísérleti parcellát alakítottunk ki, mely során a területet felépítő homokos üledékek kaptak 30 cm-es iszapborítást. A hat kisparcella (10x30 m) mindegyikén a fűz spontán megtelepedett (2.a ábra), de mellettük különböző növényfajokkal is tervezünk kísérleteket. Minden parcellán kialakítottunk egy 4 m<sup>2</sup>-es aláfóliázott térrészt, amelyen az átszivárgó vizeket egy perforált, alulról zárt PVC-cső gyűjti össze. Ezzel lehetőségünk

nyílik mind az átszivárgás mennyiségi meghatározására, mind pedig az összegyűjtött víz nehézfém-tartalmának a mérésére (2.b ábra).



**2. ábra.** Spontán füzes a mártélyi parcellákon (a) és az átszivárgó vizek gyűjtése (b)

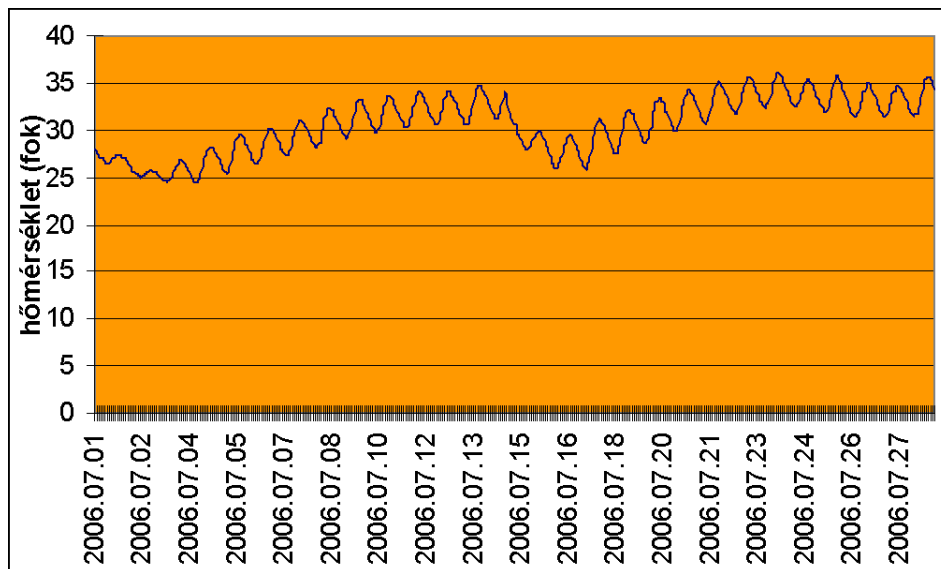
#### Laboratóriumi vizsgálatok

Alapvető célunk a mintaterületek talajaiban található nehézfémkoncentráció változásának nyomonkövetése, ezért monitoring jelleggel vizsgáljuk a parcellák talajainak és a rajtuk átszivárgó vizek nehézfém-koncentrációját. Emelett a mártélyi mintaterületen 2006 folyamán már olyan mennyiségű biomassza (fűz) keletkezett, amely alkalmas az égetéses eljárás tesztelésére, illetve a növényekben felhalmozódott elemtartalom mérésére. A kutatás kezdetén a kiindulási talajállapot felmérését parcellánként a felső 10 cm-ből vett talajminták segítségével végeztük el. Ekkor a vizsgált mikroelemek (Cr, Co, Ni, Cd, Cu, Zn, Pb) koncentrációjának meghatározása királyvizes feltárással és Perkin Elmer 3010-es AAS készülékkel történt, illetve a növények által felvehető elemtartalmat Lakanen Erviö feltárással és ICP Thermo Jarell Ash ICAP 61E készülékkel határoztuk meg (Buzás, 1988). 2006 nyarától a talajok nehézfém-tartalmának meghatározását szekvenciális kioldással (Bódog et al. 1997) végezzük, mely segítségével sokkal árnyaltabb képet kapunk a különböző mobilitású elemkoncentrációkról.

A talajtani kutatások másik iránya azon talajtani paraméterek, tulajdonságok részletes feltérképezése, amelyek alapvetően befolyásolhatják a fitoremediáció sikerét. Ennek szellemében a parcellák talajain az alábbi vizsgálatokat végeztük el: pH (H<sub>2</sub>O, KCl), K<sub>A</sub> (Arany-féle kötöttségi index), CaCO<sub>3</sub>, humusztartalom, térfogattömeg, sűrűség, maximális vízkapacitás és szántóföldi vízkapacitás meghatározása (Buzás, 1993).

### Eredmények

A kísérleti parcellákon vizsgált hőmérsékleti viszonyok, a talaj-víz-növény kapcsolatrendszer szempontjából fontos talajtani paraméterek szélsőséges élőhelyet, talajviszonyokat tükröznek (3. ábra, 2. táblázat).



3. ábra. A talajhőmérséklet alakulása 2006 július folyamán az almásfüzitői 6. sz. parcellán 20 cm-es mélységben

Almásfüzitőn a napközben gyakran 34-35 °C-ra emelkedő talajhőmérséklet olyan stresszhelyzetet jelentett a növények számára, hogy igen jelentős részük ebben az időszakban ki is pusztult. A magas hőmérséklet létrejöttében a sötét színnek köszönhető alacsony albedó mellett ezen ipari hulladékokban zajló lassú bomlásfolyamatok is szerepet játszanak. Az antropogén eredetet jól mutatják a 2. táblázatban feltüntetett paraméterek is: a kirívóan alacsony térfogattömeg- és sűrűségadatok, a homokos vályogra nem jellemző magas vízkapacitási értékek természetes talajok esetén nehezen képzelhetőek el. Bár a fitoextrakciónak nem kedveznek a magas pH-értékek, mivel a földszerű anyag gyengén lúgos, lúgos pH-ja csökkenti a már adszorbeálódott nehézfémek



növény általi felvehetőségét, viszont ez akadályozza a szivárgó vizekkel való mélybejutását is, így ezen kémhatás viszonyok a tervezett fitostabilizációt tekintve előnyösek.

**2. táblázat.** A mintaparcellák főbb talajtani jellemzői (HV: homokos vályog, NA: nehéz agyag)

Almásfűzitő

Parcelaszám	1	2	3	4	5	6
Arany-féle kötöttség	36	36	36	36	36	36
Fizikai féleség	HV	HV	HV	HV	HV	HV
Humusztartalom (m/m%)	1,56	1,25	1,39	1,33	1,33	1,36
Karbonáttartalom (m/m%)	10,9	10,0	14,8	15,6	12,2	12,1
pH (H <sub>2</sub> O)	8,9	8,1	8,0	10,5	8,8	8,0
pH (KCl)	9,1	8,4	8,3	11,3	9,1	8,2
Max. vízkapacitás (v/v%)	56	57	46,3	47,7	48,3	48,8
Szántóföldi vízkap. (v/v%)	39,5	39,6	33,3	31,4	32	32,4
Térfogattömeg (g/cm <sup>3</sup> )	1,1	1,03	1,25	1,2	1,18	1,18
Sűrűség (g/cm <sup>3</sup> )	2,48	2,4	2,33	2,28	2,33	2,32

Mártély

Parcelaszám	1	2	3	4	5	6
Arany-féle kötöttség	79	79	78	80	79	79
Fizikai féleség	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Humusztartalom (m/m%)	0,81	1,01	0,97	1,02	1,06	1,12
Karbonáttartalom (m/m%)	-	-	-	-	-	-
pH (H <sub>2</sub> O)	6,9	6,8	6,9	7,1	7,0	6,8
pH (KCl)	6,9	6,8	6,8	7,0	6,9	6,8
Max. vízkapacitás (v/v%)	58,4	62	52,9	59,3	56,6	55,5
Szántóföldi vízkap. (v/v%)	50,3	53,5	45,4	50,5	47,6	52
Térfogattömeg (g/cm <sup>3</sup> )	1,13	1,04	1,26	1,06	1,14	1,21
Sűrűség (g/cm <sup>3</sup> )	2,7	2,71	2,68	2,6	2,72	2,71

Mártélyon a szélsőséges mechanikai összetételnek köszönhetően a vizsgált iszap vízgazdálkodási tulajdonságai is szélsőséges értékeket mutatnak. A magas szántóföldi vízkapacitású és magas holtvíztartalmú nehéz agyagok az optimális növényi tápanyag-felvétel akadályozása révén negatív hatással vannak a fitoremediáció sikerére. A kiszáradva zsugorodó, nedvesen pedig beduzzadó agyag mechanikai hatása is komoly károkat okoz a növényzet gyökérzetében (4. ábra).



4. ábra. Kiszáradva a mártélyi kotrási iszap erősen megrepedezik

### Összefoglalás

A fitoremediációs eljárások során az alkalmazni kívánt növényfajoknak igen komoly követelményrendszernek kell megfelelnie. Nem elegendő csupán a nehézfém-rezisztancia és az adott elemre vonatkozó hiperakkumuláló tulajdonság, hanem a kiindulási anyag milyenségétől függően a további szennyezőanyagok és a sokszor szélsőséges talajtani körülmények is komoly korlátozó tényezőt jelenthetnek a növényzet megtelepedése és fejlődése szempontjából. Ugyanakkor a sajátos talajtani tényezők segíthetik is a kitűzött cél megvalósítását. A talaj minőségi vizsgálatából következtetéseket tudunk levonni a növényi transzporttal és elemfelvehetőséggel kapcsolatban, a limitáló talajtani tényezők feltárása pedig lehetőséget ad a fitoremediációs eljárás sikerességének előzetes becslésére, azáltal, hogy a folyamatot pozitív és negatív irányban befolyásoló tényezőket folyamatosan monitorozzuk.

### **Köszönetnyilvánítás**

A kutatást az NKFP 3/A – 3A0009/04 program támogatja.

### **Felhasznált irodalom**

- Bódog I. – Polyák K. – Hlavay J. 1997: Determination of heavy metals in lake and river sediments by selective leaching. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. Vol. 66. pp. 79-94.
- Buzás I. (szerk.) 1988: Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 2. A talajok fizikai-kémiai és kémiai vizsgálati módszerei. Mezőgazdasági Kiadó, Bp. p. 243.
- Buzás I. (szerk.) 1993: Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 1. A talaj fizikai, vízgazdálkodási és ásványtani vizsgálata. Inda 4231 Kiadó Bp. p. 357.
- Simon L. 2004: Fitoremediáció. *Környezetvédelmi füzetek* 2004. április. p. 60.
- Vashegyi Á. – Mezősi G. – Barta K. – Farsang A. – Dormány G. – Bartha B. – Pataki Sz. – Erdei L., 2005: Phytoremediation of heavy metal pollution: A case study. *Acta Biologica Szegediensis* 49/1-2. pp. 77-79.