

**Pannon Egyetem
Mérnöki Kar
Vegyésszmérnöki- és Anyagtudományok
Doktori Iskola**



**Iszapok nehézfém tartalom mobilizációjának monitorozása,
a nehézfém tartalom csökkentése kémiai és biológiai
módszerekkel**

TÉZISFÜZET

**Szerző:
Kovács-Bokor Éva**

**Témavezető:
Dr. Domokos Endre Gábor
egyetemi docens**

**Veszprém
2022**

Tartalomjegyzék

BEVEZETÉS	2
CÉLKITŰZÉS	3
AZ ALKALMAZOTT MÓDSZEREK.....	3
1. Dunai mintavételi területek	3
1. Veszprémi Békatói-árok mintavételi területei	4
2. Az üledék és növényminták mintavételezési eljárása	5
3. Az üledékminták nehézfém tartalmának extrakciója	6
4. A növényminták nehézfém tartalmának extrakciója	6
5. Csíranövény tesztek folyamata.....	7
6. Laboratóriumi ültetési kísérletek.....	8
7. Szennyezés terhelési index meghatározása.....	9
8. Bioindikációs faktorok meghatározása.....	9
EREDMÉNYEK	10
PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK	12

BEVEZETÉS

A felszíni vízfolyások és a hozzájuk kapcsolódó árterek kulcsfontosságúak a természeti értékek megőrzésében, hiszen biodiverzitásuk nagy, gazdag növény- és állatvilággal rendelkeznek. A nagyobb vízfolyások mentén épült ipari nagyvállalatok, vagy szennyvíztisztító telepek kibocsátásai azonban jelentős kockázatot jelentenek a víz megfelelő minőségének fenntartásában. A kisebb vízfolyások pedig általában az elsődleges befogadói az ipari-mezőgazdasági, illetve a lakossági szennyezéseknek.

A felszíni vizek, ártéri üledékek szennyezőanyagai közül a nehézfémek a legveszélyesebbek. Természetes forrásaik lehetnek például a kőzetek mállása és a vulkáni tevékenység, míg antropogén emissziót a bányászat, a galvanizálás, a mezőgazdasági tevékenység (pl. műtrágyázás, szennyvíziszap elhelyezés), a szilárd hulladék ártalmatlanítás, a közlekedés, vagy egyéb ipari melléktermékek (pl. ipari iszapok – konverter iszap, galvániszap stb.) okozhatnak. Ezen toxikus elemek veszélye főként az, hogy képesek a táplálékláncon belül felhalmozódni, mutagén, illetve karcinogén hatást fejthetnek ki.

A vizes területek, főként azok üledékei a toxikus elemek raktárai lehetnek, így potenciális környezeti veszélyforrást jelentenek. Remedálásukra számos kémiai-fizikai- és biológiai módszer létezik. A biológiai módszerek közül több fitoremediációs eljárás létezik, úgymint fitovolatilizáció, rizofiltráció, fitostabilizáció, fitodegradáció és a fitoextrakció. Ezen eljárások során a növényfajok fém-akkumulációs képességét használjuk arra, hogy elsősorban a talajok vagy a vizek, iszapok szennyeződéseit eltávolítsuk. A fitoremediációs módszerek előnye, hogy kisebb költségeket jelentenek, természetesek, tehát nem járnak környezetkárosítással. Ma már több fém-akkumulátor növényfajt (pl. *Brassicaceae*, *Alyssum* és *Thlaspi*) is ismerünk.

A bioremediáción kívül egy új terület a bio(fito)bányászat, amely során bányameddőkön, vagy az alapkőzet mállása miatti nagy fémtartalmú talajokon ún. hiperakkumulátor növényfajokkal (pl. *Alyssum*, *Berkheya*) folyamatos vagy indukált fitoextrakciót valósítanak meg. Ausztráliában, illetve Franciaországban jó eredményeket értek el nikkal visszanyerésére. Az *A. bertolonii* gyökérzetéből akár 1,9–7,7%, míg a *B. coddii* növények hajtásából akár 0,49%-os nikkal tartalom is kimutatható. A hajtásait kemencében elégetve, a hamu akár 82%-os Ni-tartalmú kristályos fémeket tartalmazhat, amely hatékonyan visszanyerhető, és alapanyagként értékesíthető.

CÉLKITŰZÉS

Doktori kutatásom egyrészt a nagy és kis vízfolyások üledékének fémtartalom meghatározására, illetve az ezen gyökerező növényfajok fitoextrakciós potenciáljának felmérése irányul, amely elősegítheti a szennyezett területek költséghatékonyabb biológiai remediálását a jövőben. A fémek növények általi kivonásánál fontos volt azt is megvizsgálni, hogy az elemek melyik növényi részben (gyökérben vagy hajtásban) halmozódnak fel.

Kutatásaim másik fókuszterülete az ipari iszapok közül a konverter iszap magas ólom és cinktartalmának csökkentése volt, ugyancsak fitoextrakciós módszert alkalmazva és elősegítve az iszap technológiába való visszaforgatásának lehetőségét, a meglévő meddők remediációját. Ezeknek megfelelően az alábbi célokat határoztam meg:

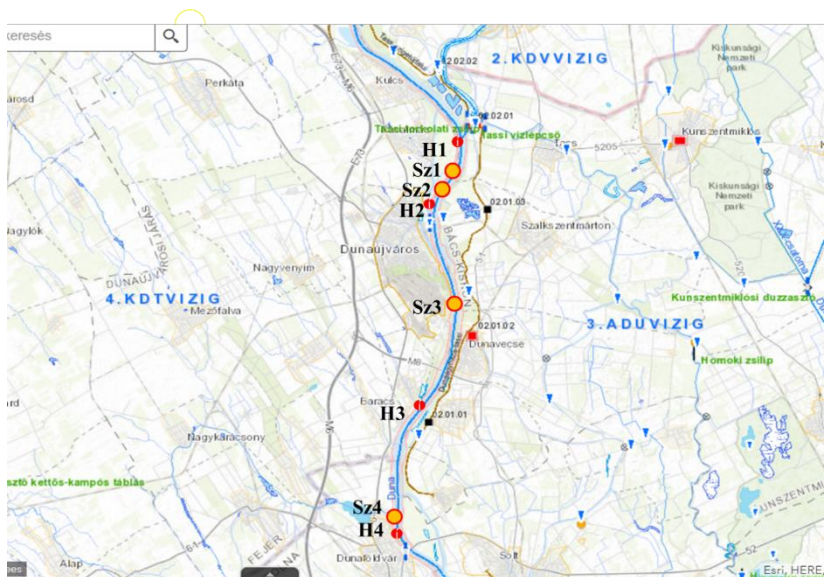
1. A folyóvízi üledékek toxikus elem tartalmának meghatározása
2. A vízparton megtalálható, iszapban gyökerező növényfajok (növényi részek) toxikus elem tartalmának meghatározása
3. A konverter iszap ólom és cink tartalmának csökkentése
4. Szinergia vizsgálatok elvégzése folyóvízi környezetben
5. A konverter iszap ólom és cink tartalmának csökkentése növényi szinergiával

AZ ALKALMAZOTT MÓDSZEREK

1. Dunai mintavételi területek

A terepi kísérletekhez négy mintavételi helyet választottam ki a Duna mentén: (H1) Rácalmás, (H2) Dunaújváros, (H3) Kisapostag és (H4) Dunaföldvár (1. ábra)

A mintavételi szakasz Rácalmástól Dunaföldvárig tartott. Mindegyik település a Duna jobb partján található, az érintett folyószakasz 1586,2-1560,6 fkm között található. Az érintett területen több nagyipari vállalat (Hankook Tire Magyarország Kft., ISD-Dunaferr Zrt., Hamburger Hungária Kft., Vajda Papír Kft.) is működik, amelyek tisztított szennyvizének ez a folyószakasz a befogadója.



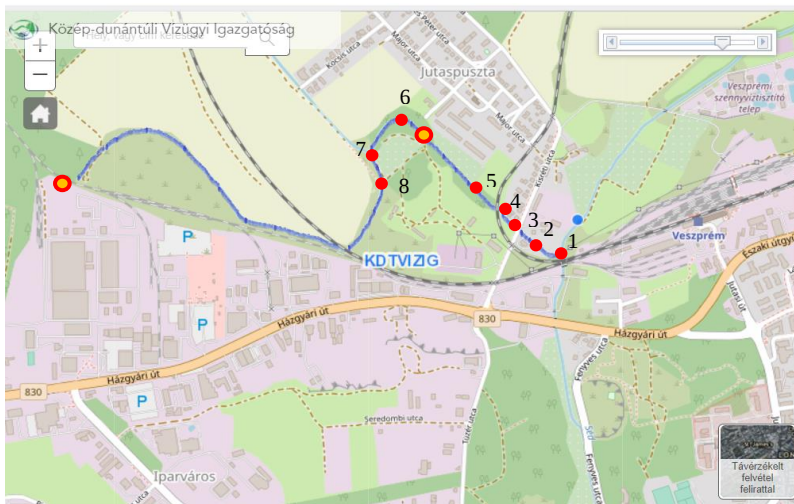
1. ábra: Dunai mintavételi helyek

Az 1. ábrán narancsszínű körök jelzik a szennyezők (kommunális és ipari szennyvíztisztító telepek) bevezetési pontjait (SZ1- SZ4).

1. Veszprémi Békatói-árok mintavételi területei

A veszprémi Békatói-árok a Séd vízgyűjtő területéhez tartozik. Ez a felszíni vízfolyás Veszprém északi részén, a Házgyári utca mentén, Jutaspuszta határában található. A patak a Séd-patak középső szakaszába torkollik. A Békatói-árok a város felszíni vízvezető rendszerének egy része, amelybe az északi ipari zóna szennyvize és a Dózsaváros csapadékvize folyik. A patakon nyolc mintavételi pontot választottam ki (2. ábra).

A Békatói-árok üledékének toxikus elem tartalmához valószínűleg a közeli víz- szennyvíztisztító telephely szennyezése is hozzájárul, valamint további szennyezési forrásokat jelenthetnek a környező mezőgazdasági művelés alá vont területek, kiskertek, illetve a torkolat felé haladva a Jutas Autómosó, az Észak-Dunántúli MÉH Nyersanyaghasznosító Zrt., valamint a Bakony Művek Kft. és a csererdői hulladéklerakó.



2. ábra Veszprémi mintavételi terület

2. Az üledék és növényminták mintavételezési eljárása

A talaj / üledék mintákat az egyes teszt növények legközelebbi környezetéből, a gyökérzethez közel, a felső horizontból (0-10 cm) gyűjtöttem be. A mintavételi terület minden esetében 1 m² volt. Az összetett részmintákat 5-5 pontból vettem a két átló mentén rozsdamentes acél talajmintavevő (Pürkhauer 5012 talajmintavevő) alkalmazásával, majd a mintákat egy mintaazonosítóval (dátum, helyszín, minta kódja) ellátott, polietilén tasakba helyeztem. A részminták összeöntéséből készítettem el az átlagmintát. A talaj / üledékminták össztömege átlagosan 790-870 gramm volt.

A növénymintákat esetén a talaj/üledékmintákra kijelölt 1 m²-es területről 3-3 példányt gyűjtöttem be a két átló mentén, amelyeket polietilén tasakba helyeztem, majd elláttam mintaazonosítóval (dátum, helyszín, növényfajta). A talaj/üledék/növény mintákat szállítás során 4 ° C-on, hűtőtáskában tároltam. A laboratóriumban a talaj/üledék mintákat szárítószekrényben 105 ° C-on, tömegállandóságig szárítottam. Ezután az üledékmintákat dörzsmozsárban porítottam a savas feltárás megkezdése előtt. A növénymintákat ioncserélt vízzel lemostam, a gyökérzetből eltávolítottam az üledék/talajmaradványokat. Ezután a növényminta nedves tömegét és teljes hosszát is lemértem, majd az egész növénymintát fő részeire (gyökér, szár, levél, virág) vágtam szét. Az így kapott mintákat a savas feltáráshoz tömegállandóságig kiszárítottam.

3. Az üledékminták nehézfém tartalmának extrakciója

A későbbiek folyamán a Heidolph rotációs bepárló helyett mikrohullámú roncsolót (CEM Mars 6) alkalmaztam az üledékminták fémtartalmának feltárására. A mikrohullámú roncsoló esetén elegendő volt 0,5 g szárított és porított üledékmintát bemérni. Ehhez adtam 5 ml hidrogén-peroxidot és 5 ml tömény salétromsavat. A teflon edényzet lezárása előtt a kipezsgés és gázfejlődés miatt 15 percet vártam. A készülékkel program szerint a roncsolás 290-1800 W teljesítményen ment végbe. A teljesítmény nagysága az egyidőben feltárandó minták számától (8-24 db) függött. A felfűtési idő (Ramp time) 20 perc, a hőtartási idő (Hold time) 15 perc volt. A mintákat állandó 200 °C-on roncsoltuk el. A roncsolás után a mintákat átszűrtem, majd ötszörös hígításban (2 ml minta + 8 ml desztillált víz + 0,1 ml Yttrium belső standard) mértük meg fémtartalmukat Perkin Elmer Avio 200 típusú ICP-OES készülékünkkel (3. ábra).



3. ábra Az üledékminták mérési módszere ICP-OES készülékkel

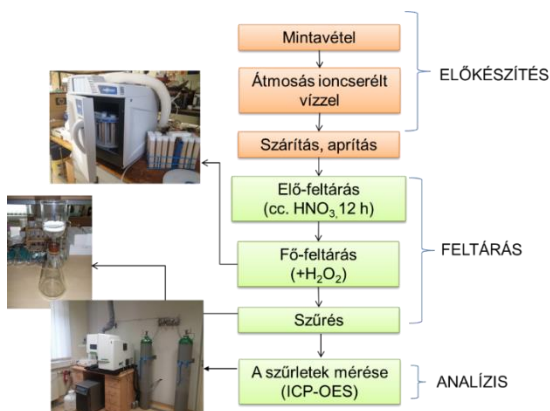
A kapott mérési eredmények kiértékelésénél az iszapos üledékminták fémtartalmát a „6/2009. (IV. 14.) KvVM-EÜM-FVM együttes rendelet a földtani közeg és a felszín alatti vízszennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről” mellékletének határértékeivel hasonlítottam össze.

4. A növényminták nehézfém tartalmának extrakciója

A növényminták nehézfém tartalmának meghatározását szintén tömény salétromsavval és hidrogén-peroxiddal végeztem el (Simon, 2004; Szegedi, 2011). A feltárás előtt az üledékmaradványok és egyéb szennyeződések eltávolítása céljából a növény fő részeit többször leöblítettem ioncserélt

vízzel, majd tömegállandóságig szárítottuk. Szárítás után a növényi részeket átlagosan 1 mm-nyi részekre vágtam fel, majd 5 g mintát 20 ml tömény salétromsavban 12 óráig szobahőmérsékleten (20 ± 2 °C) előkezelttem.

Később a rotációs bepárló helyett mikrohullámú roncsolót (CEM Mars 6) alkalmaztam a növényminták roncsolására. Ennél az eljárásnál 0,5 g növénymintát szintén előkezelttem szobahőmérsékleten (20 ± 2 °C), 10 ml tömény salétromsavval 12 órán keresztül. Ezután a savas mintákat áttöltöttem a roncsoló teflon edényzetébe, majd hozzáadtam 5 ml hidrogén-peroxidot. A készülékkel program szerint a roncsolás 290-1800 W teljesítményen ment végbe attól függően, hogy kevesebb (pl. 8 db), vagy több (pl. 24 db) mintát roncsoltam egyidejűleg. A felfűtési idő 20 perc, a hőntartási idő 10 perc volt. A mintákat állandó 200 °C-on roncsoltam el. A roncsolás után a kapott elegyeket átszűrtem, majd ötszörös hígításban (2 ml minta + 10 ml desztillált víz + 0,1 ml Yttrium belső standard oldat) mértem meg fém tartalmukat Perkin Elmer Avio 200 típusú ICP-OES készülékünkkel (4. ábra).

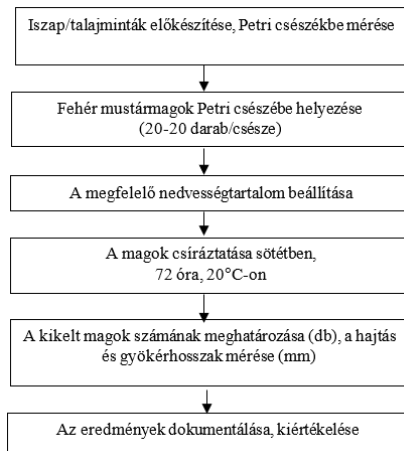


4. ábra Növényminták mérési módszere ICP-OES alkalmazása esetén

A növényminták nehézfém tartalmát a kapcsolódó szakirodalomban (Simon, 2004; Szegedi, 2011) szereplő toxicitási értékekhez viszonyítottam.

5. Csíranövény tesztek folyamata

A csíranövény teszt pontos leírását az MSZ 21 976-17: 1993 szabvány tartalmazza (Gruiz et al. 2001). A teszt előtt az iszap/talajmintákat előkezelttem, azaz tömegállandóságig szárítottam és porítottam. A bennük található szerves részeket (gyökerek, vízi élőlények vázai) eltávolítottam.



5. ábra A csíranövény teszt lépései

Minden Petri csészébe 10 g üledék/talajt mértem be. A megfelelő nedvességtartalom beállítása után minden minta felületére 20 db fehér mustármagot helyeztem el. A csíráztatás 20 °C hőmérsékleten, sötétben történt meg 72 órán keresztül. A teszt megszámláltam a kicsírázott magok számát (db), illetve megmértem a hajtás és gyökér hosszúságokat (mm). A teszt lépéseit a 5. ábra mutatja be.

6. Laboratóriumi ültetési kísérletek

A kísérletek során egy, az általam tervezett növénynevelő fénypolc segítségével neveltem őszi búza, angol perje, bazsalikom, bársonyvirág és díszdohány növényfajtákat. Ültető közegnek konverter iszap – lősz, illetve biohumuszos virágföld keveréket választottam.

A cserepeket 540 gramm iszap/talaj keverékkel töltöttem meg az iszap bekeverési arálynak (5-10-15-20%) megfelelően. A talaj és az iszap is tömegállandóságig szárított állapotban volt. A magokat átlagosan 1 cm mélyre ültettem. A fénypolc időzítve, 11 órás megvilágítással működött a tavaszi napos órák száma alapján. A szobában lévő átlaghőmérséklet 21 °C ($\pm 1,5$ °C) volt, a relatív nedvességtartalom 35-42 % között változott. A talaj/iszap keverékek átlagos pH értéke 5-6,5 között változott, amelyet X4-Life talaj teszterrel mértem. Locsolásra heti kétszer, alulról került sor, egy növénynevelési kísérlet időtartama átlagosan 60 nap volt.

7. Szennyezés terhelési index meghatározása

A folyóízi üledékek fémszennyezettségének megállapításához szennyezés terhelési indexet (Pollution Load Index – PLI) számítottam ki az alábbi képlettel:

$$PLI = \frac{C_{\text{üledék}}}{C_{\text{referencia}}}$$

Ahol:

- $C_{\text{üledék}}$: a folyóvízi üledékben mért fém koncentráció (mg/kg),
- $C_{\text{referencia}}$: A JDS24 mérési ponton vett mederüledék fémkoncentrációja (mg/kg). Emellett referenciaként használtam a lösz talajban mért fém koncentrációt is. A lösz talaj a Duna dunaujvárosi és dunaföldvári szakaszán domináns talajtípus (*Joint Danube Survey 2015; Khan et al. 2008*).

8. Bioindikációs faktorok meghatározása

a. Bioakkumulációs faktor (BAF)

A bioakkumulációs faktort a növényi föld feletti hajtások és az üledék fém koncentrációjának arányát a következő képlet segítségével határoztam meg (*Lago Vila et al. 2015, Mehr et al. 2020*). :

$$BAF = C_{\text{hajtás}}/C_{\text{üledék/ talaj}}$$

Ahol:

- $C_{\text{hajtás}}$: a növény föld feletti részeinek (szár+levél+virág) fém koncentrációja (mg/kg)
- $C_{\text{üledék/talaj}}$: a folyó üledék, vagy a talaj fém tartalma (mg/kg)

b. Transzlokációs faktor (TF)

A Transzlokációs Faktor (TF) a növény föld feletti hajtásában (szár + levél + virág) és a növény gyökerében mért nehézfém koncentráció aránya, amely az alábbi képlettel számítható ki (*Baker et al. 1989; Lago-Vila et al. 2015; Khan et al. 2008; Mehr et al. 2020*):

$$TF = C_{\text{hajtás}}/C_{\text{gyökér}}$$

Ahol:

- $C_{\text{hajtás}}$: a felszín feletti növényi részek összes fém tartalma (mg/kg)
- $C_{\text{gyökér}}$: a gyökérben mért fémtartalom (mg/kg)

EREDMÉNYEK

I. Folyóvízi iszapok nehézfém tartalmának csökkentése fitoextrakciós módszerrel

1. Megerősítettem, hogy a folyóvízi iszapok nehézfém tartalma csökkenthető természetes növényi vegetációval. A kiválasztott hatféle növényfaj fitoextrakciós potenciálját vizsgálva elmondható, hogy:

- a legnagyobb Bioakkumulációs Faktor (BAF) értékek alapján a króm akkumulációjára a lósóska (2,56); az ólom felvételére a vízi menta (9,29); a nikkel felhalmozására a baracklevelű keserűfű (7,7); a cink akkumulációjára a feketéllő farkasfog (2,18), a rézére pedig a kerek repkény (5,56) bizonyult alkalmasnak.
- a Transzlokációs Faktor (TF) értékek alapján a legnagyobb mértékben (6,7 – 103,5) a vízi menta képes a vizsgált nehézfémeket áthelyezni a felsőbb növényi részek felé. Külön elemenként vizsgálva a transzlokációs képességet a kadmium áthelyezésére a farkasfog (12,25), a króméra a keserűfű (9,52), az óloméra a vízi menta (103,5), a nikkelére a lósóska (10,73), a cinkére pedig szintén a vízi menta (6,69) volt legalkalmasabb.

2. A terepi kísérletek alapján megállapítottam, hogy a folyóvízi üledékek nehézfém tartalma kultúrnövényekkel csökkenthető.

- Az üledékben mért átlagos csökkenési arányok elemenként, növényfajtól függően az alábbiak voltak: Ni: 35-67%, Cu: 2-62% és Zn: 16-28%.
- A teszt növények leginkább a gyökérzetükben halmozták fel a nehézfémeket (TF <1).
- Ilyen jellegű szennyezettségnél az üledékből a retekbe, valamint zöldborsóba akkumulálódott elemek kockázatot jelenthetnek a gyermekek egészségére.

II. Ipari iszapok nehézfém tartalmának csökkentése fitoextrakciós módszerrel

3. A fehér mustármag csírázási eredményei alapján megállapítottam, hogy a vizsgálatokba bevont talajok közül a konverter iszap ártalmatlanítására a legjobban alkalmazható talajtípus a lösz és a csernozjom.

- 20-40%-os konverter iszapos talajkeverék esetén 70-95%-os csírázási arányt mutattunk ki.

- A konverter iszap 20%-os lősz talajba keverése esetén a gyökér és szárhosszúságok 1,8-szorosan, csernozjom talajba keverés esetén 1,1 – 2,7-szeresen lettek nagyobbak, mint a 100%-os talajok esetében.
4. A konverter iszap és lősz talaj, valamint virágföld keverékekben az ólom és cink tartalom eredményesen csökkenthető fitoextrakcióval.
- Őszi búza ültetésével: Pb: 40-67%-kal, Zn: 53-73%-kal
 - Angol perje ültetésével: Pb: 16-57%-kal, Zn: 8-55%-kal
 - Bazsalikkal: Pb és Zn: 41%-kal
 - Díszdohánnyal: Pb: 53%-kal, Zn: 51%-kal
 - Bársonyvirággal: Pb és Zn: 58%-kal

III. Szinergia vizsgálatok

5. Laboratóriumi vizsgálatok során megállapítottam, hogy az őszi búza és az angol perje együttes fejlődése esetén mindkét növényen belül megnő az Pb és Zn akkumulációja.
- Az átlagos ólom akkumuláció mértéke angol perjénél 80 - 85 %-kal, míg az őszi búzában 34 - 48%-kal növekszik.
 - A cink akkumuláció mértéke angol perjénél 48%-kal, őszi búzában 45%-ban nő meg szinergia esetén.
 - E két toxikus elem akkumulációs helye főként a gyökérzet, az elemek megoszlási aránya a gyökér és levél között nem változik számottevően szinergia esetén.
6. Folyóparti környezetben gyökerező baracklevelű keserűfű és parti sás együttese következtében a keserűfű fém akkumulációs képessége elemtől függően 2-10%-kal, a sásé pedig 5-37%-kal csökkent.
- Együttélés hatására a nehézfémek akkumulációs helye a teszt növényekben a felsőbb növényi részek (felső szár, levél, virág) felé tolódik el.
 - A transzlokációs faktor (TF) átlagosan 1,5-szeresére nő a baracklevelű keserűfűben, és 2-szeresére a parti sásban szinergia esetén.

PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK

Külföldi folyóiratban megjelent publikációk:

- (1) Kovács-Bokor, É.; Domokos, E.; Biró, B. (2021): *Toxic metal phytoextraction potential and health-risk parameters of some cultivated plants when grown in metal-contaminated river sediment of Danube, near an industrial town*; ENVIRONMENTAL GEOCHEMISTRY AND HEALTH 43 : 6 pp. 2317-2330., 14 p.
- (2) Kovács-Bokor, É.; Domokos, E. (2019): *Phytoextraction potential of wheat and study on the applicable ratio of converter sludge in some soil-sludge mixtures*; JOURNAL OF APPLIED TECHNICAL AND EDUCATIONAL SCIENCES, 9: 4 pp. 88-100., 13 p.
- (3) Kovács-Bokor, É.; Domokos, E.; Kiss, E. (2019): *Effect of industrial sludge-soil mixtures on germination of white mustard and wheat*; JOURNAL OF APPLIED TECHNICAL AND EDUCATIONAL SCIENCES, 9: 1 pp. 66-78., 13 p.

Haza folyóiratban megjelent publikációk:

- (4) Kovács-Bokor, É. ; Kiss, E. (2021): *Vízparti növények nehézfém-akkumulációjának meghatározása a dunai üledékekben*; In: Nagy, András; Németh, István Péter; Czifra, Sándor (szerk.) Anyagtudományi terek; Dunaújváros, DUE Press, pp. 85-101., 17 p.
- (5) Kovács-Bokor, É. ; Kiss, E. (2020): *Folyóvízi iszapok szennyezettségének hatása a fehér mustár csíráképeségére*; DUNAKAVICS 8 : 12 pp. 43-51., 9 p.
- (6) Kovács-Bokor, É. ; Domokos, E. (2019); Kiss, E.: *Folyóvízi üledékek nehézfém tartalmának akkumuláció vizsgálata növényekkel*; INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING AND MANAGEMENT SCIENCES / MŰSZAKI ÉS MENEDZSMENT TUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK 4 : 2; Debrecen, pp. 46-53., 8 p.
- (7) Kovács-Bokor, É. ; Kiss, E. (2018): *Dunai iszapos üledék nehézfém tartalmának akkumuláció vizsgálata növényekkel*, INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING AND MANAGEMENT SCIENCES / MŰSZAKI ÉS MENEDZSMENT, TUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK 3 : 1; Debrecen, pp. 163-170., 8 p.

- (8) Kovács-Bokor, É.; Domokos, E.; Kovács, Zs. (2016): *Folyóvízi üledékek összehasonlítása nehézfém-tartalom alapján*; DUNAKAVICS 4 : 12; Dunaújváros, pp. 27-46., 20 p.

Konferencia részvétel, csak kivonatos megjelenéssel:

- (9) Kovács-Bokor, É.; Domokos, E.; Kiss, E. (2021): *Konverteriszapos talaj keveréken nevelt növények fitoextrakciós potenciáljának vizsgálata*; In: Kővári, Attila; Pázmán, Judit; Szabó, Attila (szerk.) MŰSZAKI KONFERENCIA 2021 „Tudomány: iránytű az élhető jövőhöz” Dunaújváros 2021. november 9. : programfüzet és absztraktkötet, Dunaújváros, Magyarország : DUE Press 33 p. pp. 27-28., 2 p.
- (10) Kovács-Bokor, É. ; Domokos, E. ; Kiss, E. (2020) : *Vízparti növények fitoextrakciós potenciál-vizsgálata dunai iszapok esetén*; In: Kővári, Attila; Pázmán, Judit; Szabó, Attila (szerk.) Műszaki Konferencia 2020 Jövőformáló tudomány: programfüzet és absztraktkötet Dunaújváros. 2020. november 9.; Dunaújváros, Magyarország: DUE Press 38 p. pp. 33-34., 2 p.
- (11) Kovács-Bokor, É. ; Domokos, E. ; Kiss, E. (2019) ; *Assessment of the phytoextraction experiments of industrial sludges - soil mixtures and wheat (Triticum aestivum)*; In: Diána, Koponiczné Györke; Róbert, Barna (szerk.) Abstracts of the International Conference on Sustainable Economy and Agriculture; Kaposvár, Magyarország : Kaposvár University, 153 p. pp. 142-142., 1 p.
- (12) Kovács-Bokor, É.; Domokos, E.; Kiss, E. (2018): *Iszapok nehézfém tartalom mobilizációjának monitorozása, a nehézfém tartalom csökkentése kémiai és biológiai módszerekkel*; I. Régiós Környezettoxikológiai PhD Konferencia, Veszprém, Pannon Egyetem
- (13) Kovács-Bokor, É.; Domokos, E. ; Kiss, E. (2018): *Növényi kísérletek ipari iszapokkal (2018)*; Tudományos Hét, III. East-West Cohesion Conference, Dunaújváros, EFOP-3.6.2.-16-2017-00018 Termeljünk együtt a természettel – az agrárerdészet, mint új kitérési lehetőség projekt workshop
- (14) Kovács-Bokor, É. ; Kiss, E. (2017): *Dunai iszapos üledék nehézfém tartalmának akkumuláció vizsgálata növényekkel (2017)*; Az Ipar napjai Debrecenben 2017 Környezetmérnöki Konferencia és Szakmai Nap, Debrecen, Debreceni Egyetem Műszaki Kar

Konferencia részvétel, teljes szövegű (legalább 4 oldal) megjelenéssel:

- (15) Kovács-Bokor, É. ; Domokos, E. ; Kiss, E. (2020): *Növényi kísérletek ipari iszapokkal*; In: Kővári, Attila; Kiss, Endre; Németh, István Péter (szerk.) Termeljünk együtt a természettel : az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség 3. kötet; Dunaújváros, DUE Press; 111 p. pp. 59-70., 12 p.
- (16) Kovács-Bokor, É. ; Kiss, E. (2020): *Folyóvízi iszapok szennyezettségének hatása a fehér mustár csíráképessegére*; In: Kővári, Attila; Kiss, Endre; Németh, István Péter (szerk.) Termeljünk együtt a természettel : az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség 2. kötet; Dunaújváros, DUE Press; 111 p. pp. 69-77., 9 p.
- (17) Kovács-Bokor, É. ; Domokos, E. ; Kiss, E. (2020): *Konverteriszapos talajkeveréken nevelt angolperje fitoextrakciós potenciáljának vizsgálata*; In: Kővári, Attila; Kiss, Endre; Németh, István Péter (szerk.) Termeljünk együtt a természettel : az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség 2. kötet; Dunaújváros, DUE Press; 111 p. pp. 59-68., 10 p.
- (18) Kovács-Bokor, É. ; Domokos, E. ; Kiss, E. (2020): *Újabb növényi kísérletek ipari iszapokkal*; In: Kővári, Attila; Kiss, Endre; Németh, István Péter (szerk.) Termeljünk együtt a természettel : az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség 1. kötet; Dunaújváros, DUE Press; 103 p. pp. 79-91., 13 p.
- (19) Kovács-Bokor, É. ; Kiss, E. (2018): *Felszíni vízfolyások iszapos üledékének nehézfém-tartalom vizsgálata, valamint az üledékeken gyökerező növények nehézfém akkumulációjának meghatározása*; In: Bidló, A; Facskó, F (szerk.) Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VI. Kari Tudományos Konferencia; Sopron, Soproni Egyetem Kiadó; 266 p. pp. 74-80., 7 p.
- (20) Kovács-Bokor, É. ; Domokos, E. ; Kiss, E. (2018) : *Determination of the accumulation of heavy metals of river sediment by plants*; Proceedings Book of 9th ICEEE -2018 International Conference on Climate Change and Environmental (Bio) Engineering; Budapest, Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar; pp. 228-238., 11 p.
- (21) Kovács-Bokor, É. ; Domokos, E. (2017): *Determination of heavy metal content of river sediment and analysis of the accumulation of heavy*

metals by plants; Proceedings of International Conference on Global Environmental Changes and Environmental Health: Environmental and Economic Impact on Sustainable Development: 7th International Conference of ICEEE; Budapest, Óbuda University 230 p. pp. 33-40., 8 p.

Könyvrészlet:

- (22) Kovács-Bokor, É. (2020): *Folyóvízi és konverter iszap hatása a fehér mustár csírázóképeségére*; In: Petrovickijné A. I.; Tóth,T.; Szántó, K.; Tóth, L.; TÁJÉKOZTATÓ Dunaújváros MJV környezeti állapotáról: 2020; Dunaújváros, Dunaújváros MJV Önkormányzata; pp. 122-130., 9 p.
- (23) Kovács-Bokor, É. (2019): *Dunai iszapos üledékek hatása a fehér mustár (Sinapis alba) csírázására*; In: Petrovickijné A. I.; Tóth,T.; Szántó, K.; Tóth, L.; Tájékoztató Dunaújváros MJV környezeti állapotáról: 2019; Dunaújváros, Dunaújváros MJV Önkormányzata; pp. 109-117., 9 p.
- (24) Kovács-Bokor, É. (2018): *Dunai iszapos üledék nehézfém tartalmának akkumuláció vizsgálata réti lósóskával (Rumex obtusifolius L.) és keserűfűvel (Persicaria)*; In: Petrovickijné A. I.; Tóth,T.; Szántó, K.; Tóth, L.; TÁJÉKOZTATÓ Dunaújváros MJV környezeti állapotáról: 2018; Dunaújváros, Dunaújváros MJV Önkormányzata; pp. 106-113., 8 p.