

Folyóvízi üledékek nehézfém tartalmának akkumuláció vizsgálata növényekkel

Determination of the accumulation of heavy metals of river sediment by plants

É. KOVÁCS-BOKOR¹, E. DOMOKOS², E. KISS³

¹Dunaújvárosi Egyetem, Műszaki Intézet, Természettudományi és Környezetvédelmi Tanszék,
kovacsbe@uniduna.hu,

²Pannon Egyetem, Műszaki Kar, Környezetmérnöki Intézet, domokose@uni-pannon.hu

³Dunaújvárosi Egyetem, Műszaki Intézet, Természettudományi és Környezetvédelmi Tanszék, kisse@uniduna.hu

*Absztrakt. A Duna országunk legnagyobb felszíni vízfolyása. A Duna, valamint árterei és holtágai ökológiai folyosóként működnek, de emellett jelentős ipari, logisztikai és turisztikai jelleggel is rendelkeznek. Köztudott, hogy a Duna forrásától kezdve a torkolatáig több ipari létesítmény is elhelyezkedik, amelyek szennyezése az elmúlt évtizedek alatt hatást gyakorolt a víz minőségére is. A kibocsátott szennyezőanyagok közül a legveszélyesebb összetevőket a nehézfémek jelentik, amelyek jelen lehetnek mind a vízben, mind az iszapos üledékben is. Ezek az elemek jelentős egészségügyi kockázattal rendelkeznek, hiszen képesek a táplálékláncon belül akkumulálódni. A kutatásunk fő célja, hogy a folyóvízi üledékekben található nehézfémek növényeken belüli akkumulációját meghatározzuk. Fő mintavételi területünk a Duna árterében található dunaújvárosi iszap meddő, amelyet 2009-ben hoztak létre a városi Szabadstrand rehabilitációja során. Méréseink során az üledék és növényminták kadmium, nikkelt, ólom, króm, réz és cink tartalmát határoztuk meg. Tesztnövényként a területen megtalálható, természetes növényeket választottunk, mint lósóskát (lóromot) (*Rumex patientia*), angol perjét (*Lolium perenne*), parti sást (*Carex riparia*), és keserűfűvet (*Persicaria maculosa*). Az iszap és növényminták nehézfém tartalmának feltárását MSZ szabvány szerint végeztük el salétromsavas és hidrogén-peroxidos módszer alkalmazásával. A nehézfém koncentrációkat AAS készülék segítségével határoztuk meg. Eredményeink alapján megállapítottuk, hogy a különböző növényfajták milyen mértékben és melyik részükben halmozzák fel a nehézfémeket. Eszerint például a lósóska a szárának felső részében tudja akkumulálni a kadmiumot, nikkelt, krómot és cinket, ezzel szemben a keserűfű inkább a levelében halmozza fel ezeket az elemeket. Ezek az ismeretek hozzájárulnak ahhoz, hogy a jövőben egyes növényfajták felhasználhatóak legyenek a szennyezett területek in-situ kármentesítésében.*

Abstract. Danube is the main river of Hungary. Danube and its floodplains and oxbow lakes are operating as ecological corridors, although their industrial, logistic and touristic role is not negligible. It is well known, that from the source to the estuary of the river Danube there are many industrial facilities. This heavy industrial pollution had effected on the water quality. The most dangerous components of the sewage water of these facilities are heavy metals, which can be found in the water as well as in the sediment. These toxic elements can cause significant health risks, because they can accumulate in the food-chain. The main aim of our research is to investigate the accumulation rate of the heavy metal content of the river sediment in the different parts of the test plants. The main sampling place of our research was a sediment dump was created by excavation from the Open Beach of

Dunaújváros in 2009. During our measurements we analysed the cadmium, nickel, lead, chromium, copper and zinc concentration of the sediment and the plants. The test plants, which are growing on this sampling place, were parella (Rumex patientia), perennial rye-grass (Lolium perenne), sedge (Carex riparia), bistort (Persicaria maculosa). The extraction of the heavy metal content of the samples was made according to the MSZ Hungarian standard. The concentration of heavy metals were analysed with AAS (atom absorption spectrometer). According to our results we determined that parella could accumulate cadmium, nickel, chromium and zinc in its upper stem, on the other hand bistort could accumulate these elements mainly in its leaves. These information will be important in the case of the in-situ remediation of a polluted area in the future.

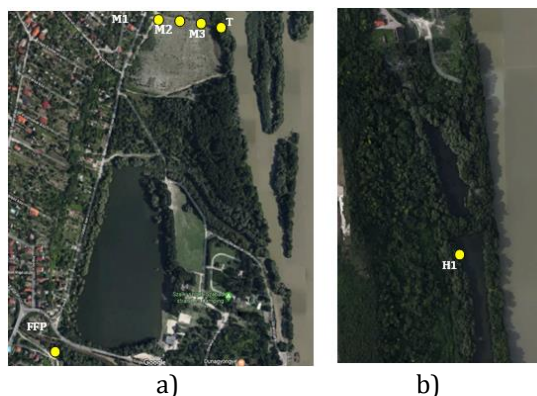
Bevezetés

Napjainkban hazánk felszíni, és felszín alatti vízfolyásairól elmondható, hogy a múltbeli és a jelenlévő ipari, illetve kommunális szennyezések jelentős hatást gyakorolnak a minőségükre. Környezeti állapotuk fenntartása, vagy rehabilitálása jelentős feladatot és nagy költségeket jelent. A felszíni vizeinkbe bekerülő szennyezőanyagok közül az egyik legveszélyesebb csoportot alkotják a nehézfémek, amelyek mind a vízben, mind az üledékbe rakódva jelen lehetnek. Innen a táplálékláncon keresztül képesek feldúsulni az élő szervezetekben, s kifejthetik toxikus, mutagén, karcinogén és teratogén hatásukat. Ezen szennyezők között egyes kémiai elemek (pl. réz) nélkülözhetetlen élettani hatásúak, de túlsúlyuk esetén mérgezővé, károsná válhatnak. A toxikus hatásuk azonban függhet a környezetükben előforduló többi elem jelenlététől vagy hiányától [1]. A szennyezett területek nehézfém mentesítésére jelenleg több fizikai, kémiai és biológiai módszer is rendelkezésre áll. Kutatásaink során az üledéken megtelepedett növényzet vizsgálatával igyekszünk bizonyítani a fitoremediáció pozitív hatását a folyóvízi iszapokban felhalmozódott toxikus anyagok koncentrációjának csökkentésére.

Anyag és módszer

A. Mintavételezés

Az egyik mintavételi helyszín a Dunaújváros északi részén kialakított iszap meddő (1. a. ábra) volt. Az iszap meddőt 2009-ben hozták létre a dunaújvárosi Szabadstrand rehabilitációja során. E folyamat részekén a területen megtelepedett ártéri erdő nagy részét kivágták, majd a területre szivattyúzták a Szabadstrand medréből kotrással eltávolított iszapos üledéket.



1. ábra: A dunaújvárosi iszap meddő (a) és a Dunai holtágak (b) mintavételi pontjai (Forrás: Google Earth)

Az iszap meddő körül kialakításra került egy vízvezető árok is, amely közvetlenül a Dunába torkollik, valamint a terület déli részén folyik egy kisebb patak is, amelyet a környező löszpart csurgalékvize táplál, és szintén a Dunában végződik. A második mintavételi helyszín ettől a területtől délebbre található, a Felső-Foki-patak (FFP) torkolatának vidékét jelenti. (1. b. ábra) Ez a vízfolyás a torkolata előtt számos mezőgazdasági művelés alá vont szántóföldön halad át. A harmadik mintavételi helyünk Dunaújváros déli területén található, a Duna árterében. A mesterségesen kialakított négy ártéri rekesz, holtág közül a második iszapos üledékéből és növényeiből vettünk mintákat.

Az üledékmintákat a rétegek felső, 0-10 cm mélységi rétegeből vettük standard kézi talajfúró segítségével. A mintavételi helyszínek átlagosan 1 m² nagyságúak voltak, minden helyről 5 db mintát gyűjtöttünk be. Az angol perje (*Lolium perenne*) (2/b ábra) növény mintákat, és a hozzájuk tartozó üledékmintákat az FFP helyekről (1/a. ábra) a parti sás (*Carex riparia*) (2/c ábra) növény és iszapmintákat a H1 (1/b. ábra) gyűjtöttük. Az 1./a ábrán jelölt M1, M2, M4 és T helyekről vettük a réti lósóska (*Rumex patientia*) (2/a ábra) növény- és üledék mintáit. A baracklevelű keserűfű (*Persicaria maculosa*) növénymintáit az iszapmeddő (1./a. ábra) T pontjáról gyűjtöttük be.



a. réti lósóska

b. angol perje

c. parti sás

d. baracklevelű keserűfű

2. ábra: A kutatás során vizsgált teszt növényfajok [Saját fotók]

B. Nehézfémek meghatározása

Az üledékek nehézfém tartalmát MSZ 12739/4-78 szabvány szerinti, salétromsavas hidrogén-peroxidos feltárással határoztuk meg. Ennek során a tömegállandóságig szárított üledékmintákat rotációs bepárlóban (Heidolph Laborota 400) tártuk fel, majd szűrés után a kapott szűrlet nehézfém tartalmát atom abszorpciós spektrométerrel (AAS, Perkin Elmer AAnalyst 400) mértük meg [2]. A nehézfémek közül kadmiumot, nikkelt, ólmot, (össz)krómot, rezet és cinket detektáltunk.

A növények nehézfém tartalmának mérése előtt a begyűjtött növénymintákat feldaraboltuk. Főbb részeik szerint elkülönítettük a gyökerüket, szárukat, levelüket, virágukat. A növényi részeket ezután kiszárítottuk és felaprítottuk, majd tömény salétromsavval, és hidrogén-peroxiddal kezeltük. A rotációs bepárlóban történő feltárással után a kapott szűrletek nehézfém tartalmát szintén AAS készülékben mértük meg [3].

A kapott mérési eredmények kiértékelésénél az iszapos üledékmintákat a „6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet mellékletének határértékeihez hasonlítottuk. A növényminták nehézfém

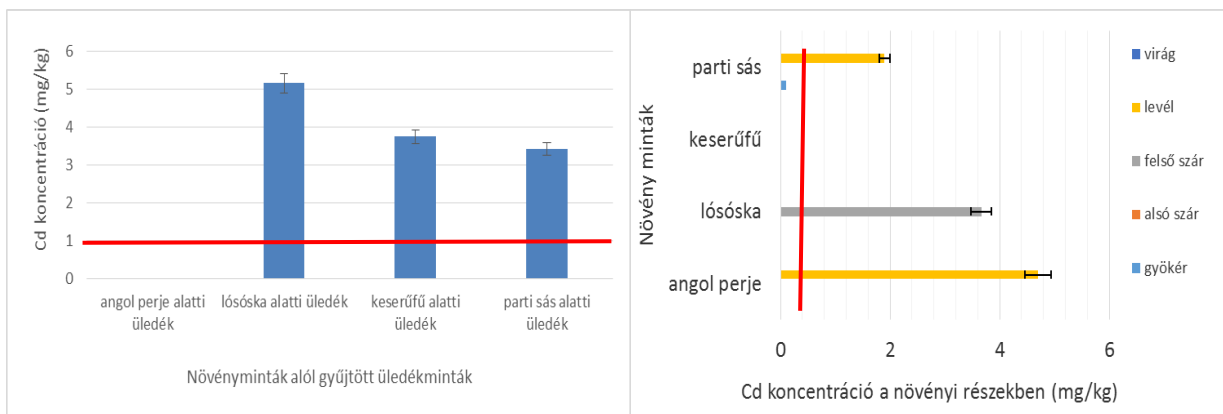
tartalmát a Magyar Takarmány Kódex (2003) mellékleteiben és a kapcsolódó szakirodalomban szereplő átlagértékekhez viszonyítottuk [4-7].

Eredmények

Az iszapos üledékmintákból és a növényi részekből az alábbi nehézfémeket határoztuk meg: kadmium (Cd), nikkel (Ni), (össz-)króm (Cr), ólom (Pb), cink (Zn) és réz (Cu),

1. Az üledék és növényminták kadmium tartalma

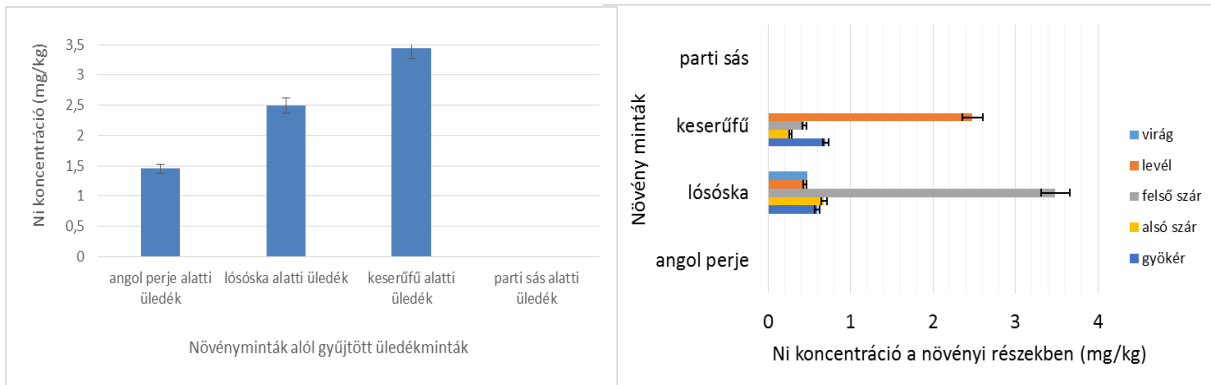
A 3. ábra alapján megállapíthatjuk, hogy a lósóska, a parti sás és a keserűfű alól gyűjtött üledékminták kadmium tartalma mindenhol meghaladta a „6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendeletben” meghatározott határértéket (1 mg/kg). Az angol perje alól vett iszapminta a gyűjtés idejében (2017. júliusában) nem tartalmazott kadmiumot, de a kora tavaszi hónapokban ez az elem még jelen volt az üledékben. A három vizsgált növény közül a szennyező a parti sás és az angol perje levelében, valamint a lósóska felső szár részében volt mérhető. A kadmium koncentráció a növények számára elviselhető 0,5 mg/kg értéket meghaladta [4-7]. Összeadva az üledékben és a növényben mért koncentrációkat (100%) elmondható, hogy ez az elem inkább az üledékben maradt, és a kadmium tartalom mintegy 30-40 %-a tudott a növényekben felhalmozódni.



3. ábra: Az üledék- és növényminták kadmium tartalma

2. Az üledék és növényminták nikkel tartalma

A négy növényfaj alól vett üledékminta közül csak a parti sás iszapmintájából nem mutattuk ki ezt az elemet (4. ábra). A kapott koncentrációk nem haladták meg az előírt határértéket (40 mg/kg). A három növény közül a lósóska és a keserűfű növényi részeiben tudtuk ezt a szennyezőt detektálni. A növényi részekben sehol sem haladta meg a tűréshatárt (10-100 mg/kg) a nikkel koncentráció. Legnagyobb mértékben a lósóska felső szár részében, illetve a keserűfű levelében halmozódott fel. Ha az iszapminták és a növényminták összkoncentrációját (100%) vesszük alapul, akkor a keserűfű a nikkel tartalom 53%-át, a lósóska pedig 70%-át tartalmazta.[4-9]



4. ábra: Az üledék- és növényminták nikkeltartalma

3. Az üledék és növényminták ólom tartalma

Az üledékben található ólom jogszabály szerinti határértéke 100 mg/kg. Az 5. ábra alapján megállapítható, hogy a mért koncentrációk a lósóska és a keserűfű üledék mintájában határérték feletti voltak.

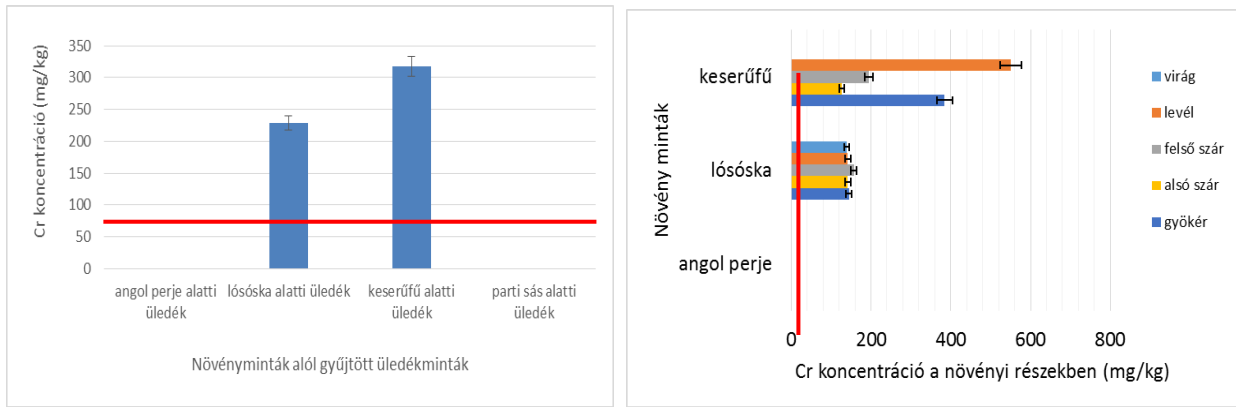


5. ábra: Az üledék- és növényminták ólom tartalma

A vizsgált növényfajok közül csak a keserűfű tartalmazott ólmot. A növény részei közül a legtöbb ólmot a levélből és a gyökérből detektáltunk, ahol a mért koncentráció meghaladta a tūrési értéket (30-300mg/kg-ot). Az üledék-növény rendszer összólom tartalmának 88 %-át mutattuk ki a növényből [4-9].

4. Az üledék és növényminták króm tartalma

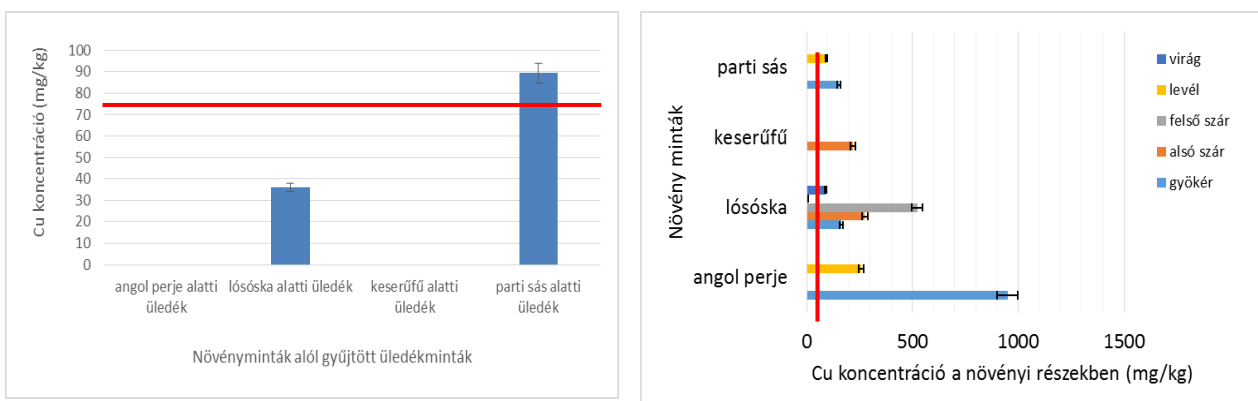
Az üledékek esetén csak a lósóska és a keserűfű alól vett minták tartalmaztak krómot. Az iszapokban mért koncentrációk meghaladták az előírt határértéket (75 mg/kg) (6. ábra). A réti lósóska és a keserűfű növényi részeiben mindenhol megtalálható volt ez az elem. A lósóskaán belül a megoszlás egyenletesnek mondható. A keserűfű szerkezetét tekintve a gyökérzet és a levelek halmozta fel krómot nagyobb mennyiségben. A króm koncentráció mennyisége többszörösen túllépte a növények számára tolerálható 1-10 mg/kg értéket. Az üledék és a növény rendszer összkróm tartalma alapján elmondható, hogy a lósóska és a keserűfű közel 80 %-át halmozta fel ennek az elemnek. [4-9].



6. ábra: Az üledék- és növényminták króm tartalma

5. Az üledék és növényminták réz tartalma

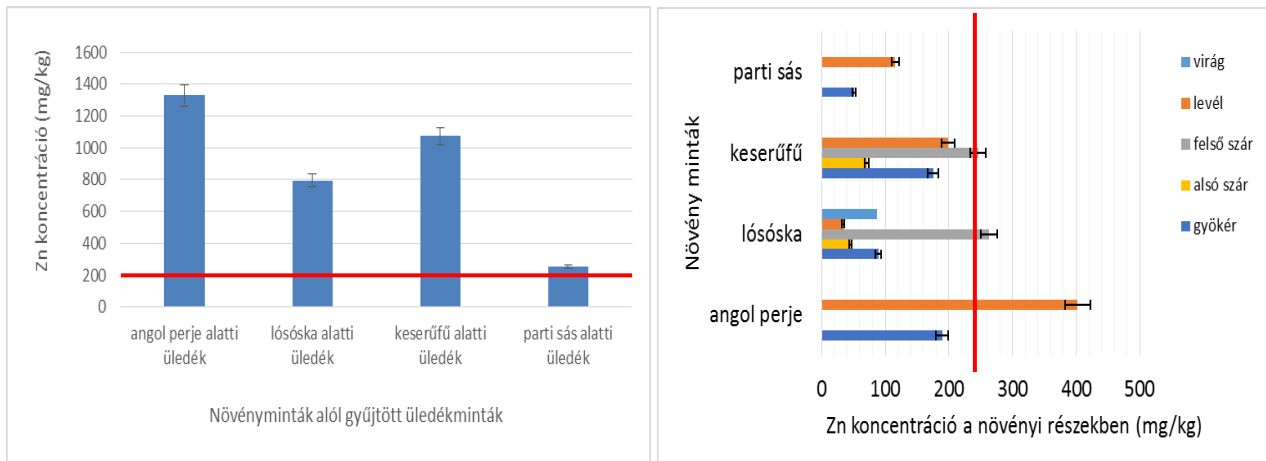
Az üledékminták réz tartalom eloszlásánál (7. ábra) megállítható, hogy a parti sás mintavételi helyén vett üledék esetén volt a szennyező határérték (75 mg/kg) felett detektálható. Az üledékmintákban meghatározott réz koncentrációknál nagyobbakat mértünk a növényi részekben. Mind a négy növény akkumulálta ezt a szennyezőt, amely az angol perje és a parti sás gyökerében, valamint a lósóska felső szár részében, és a keserűfű alsó szárában tudott nagyobb mértékben felhalmozódni. A szennyező a növényekben meghaladta az ajánlott mértéket (35 mg/kg). Ha a növény-üledék rendszerben mért összes réz tartalmat tekintjük 100%-nak, akkor megállapítható, hogy 70-90%-ban a növényekben halmozódott fel ez az elem [4-9].



7. ábra: Az üledék- és növényminták réz tartalma

7. Az üledék és növényminták cink tartalma

A 8. ábra alapján látható, hogy mindegyik üledékminta cinktartalma meghaladta a határértéket (200 mg/kg). A négy növényfaj mindegyike fel tudta halmozni ezt a szennyezőt. Az angol perje és a parti sás a levelében, a lósóska és a keserűfű a felső szárrészében tárolta el a cinket. A növények számára tolerálható értéket (250 mg/kg) csak a lósóska felső szárrészében és az angol perje levelében mért koncentráció haladta meg [4-9]. Ha összeadjuk az üledékekben és a növényi részekben található cink koncentrációkat (100%), akkor megállapíthatjuk, hogy a növények 30-40%-ban tartalmazzák ezt az elemet.



8. ábra: Az üledék- és növényminták cink tartalma

Következtetések

Az üledék- és növényminták (réti lósóska, angol perje, parti sás, keserűfű) kadmium tartalmát vizsgálva megállapítottuk, hogy ez az elem nehezen mobilizálódik, nagyrészt az üledékben maradt, és csak kis mértékben (30-40%-ban) akkumulálódott a növények részeiben (felső szár, levél). Nikkelt és krómot a növényfajok közül a réti lósóska és a keserűfű halmozott fel. Az akkumuláció főként a felső növényi részekben volt a legnagyobb mértékű. A minták ólom tartalmát elemezve elmondható, hogy ezt az elemet a négy növény közül csak a keserűfű tudta akkumulálni nagyobb mértékben. A réz és a cink is könnyen felvehető a növények számára. A réz főként a növények alsóbb részeiben, míg a cink inkább a felső növényi részekben volt nagyobb koncentrációban megtalálható.

A teszt növények nehézfém tartalmának eredményei alapján a réti lósóska és a keserűfű javasolható a vizsgált Dunai iszapok üledék fitoremediációjára.

A jövőben további növényfajokkal végzett terepi és laborkísérleteket tervezünk elvégezni, amely során mind folyóvízi üledékek, mind ipari iszapok fémtartalmának folyamatos fitoextrakcióját vizsgáljuk meg.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel - az agrárerdészet, mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Hivatkozások

- [1] I. Kádár (1995) *A talaj-növény-állat-ember tápláléklánc szennyeződése kémiai elemekkel Magyarországon* (Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete Budapest. ISBN 963 04 5362
- [2] *MSZ 12739/4-78 szabvány*
- [3] L. Simon (2006) *Toxikus elemek akkumulációja, fitoindikációja és fitoremediációja a talaj-növény rendszerben*. Doktori értekezés.

- [4] 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet a földtani közeg és a felszín alatti víz szennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről
- [5] 44/2003 (IV. 26.) FVM rendelet a Magyar Takarmánykódex kötelező előírásairól
- [6] L. Simon (2004) *Fitoremediáció. Környezetvédelmi Füzetek*. Azonosító: 2318. BMKE OMIKK, Budapest. 1-59. old. ISBN:963 593 429 0, ISSN 0866-6091
- [7] L. Szegedi (2011) *Toxikus nehézfém-szennyezés utóhatásának vizsgálata barna erdőtalajon*. Doktori PhD értekezés, SZIE, Gödöllő.
- [8] É. Kovács-Bokor – E. Kiss (2017) *Dunai iszap nehézfém tartalmának akkumuláció vizsgálata lóromban (Rumex obtusifolius)*. Dunakavics 5 (7) pp. 5-22.
- [9] É. Kovács-Bokor – E. Kiss – M. Szydłowska – J. Sledz (2017) *Felszíni vizek iszapos üledékeinek nehézfém tartalom monitorozása Dunaújvárosban*. Tájékoztató Dunaújváros MJV környezeti állapotáról, ISSN 1786-7592, pp. 159-168.