

# Bírálat

## **Mihucz Viktor Gábor TOXIKUS ÉS POTENCIÁLISAN TOXIKUS ALKOTÓK KÖRNYEZETI RENDSZEREKBE ÉS ÉLELMISZEREKBE című MTA doktori értekezéséről**

Mihucz Viktor MTA doktori értekezése 173 számozott oldalból áll, 8 nagy fejezetre tagolódik, 54 ábrát, 41 táblázatot és 566 irodalmi hivatkozást tartalmaz. A disszertáció tartalma a Jelölt 22 saját közleményén alapszik.

Az 1. fejezet az értekezésnek a címben megjelölt témaköréhez kapcsolódó Problémafelvetését tartalmazza.

A 2. fejezetben a Jelölt 46 oldalon keresztül az értekezésben az általa tanulmányozott rendszerek és vizsgálati módszerek TUDOMÁNYOS ELŐZMÉNYEIT részletezi abban a sorrendben, ahogy később az új tudományos eredményeit bemutatja.

A 3. fejezetben adja meg a saját kutatása CÉLKITŰZÉSÉT.

A 4. fejezetben a Jelölt 11 oldalon keresztül az ALKALMAZOTT MÓDSZEREK ÉS ELJÁRÁSOK széles körét ismerteti, amelyeket az új tudományos eredmények eléréséhez kidolgozott és felhasznált.

Az 5. fő fejezetben 81 oldalon keresztül került sor az EREDMÉNYEK ÉS TÁRGYALÁSUK bemutatására.

A 6. fejezet a tézisfüzettel egyező módon tartalmazza a 9 tézispontból álló ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEKET.

A 7. fejezet AZ ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK ALAPJÁT KÉPEZŐ SAJÁT KÖZLEMÉNYEK (SK) JEGYZÉKE

A 8. fejezet a FELHASZNÁLT IRODALOM jegyzéke, amely összesen 566 közleményt tartalmaz.

Az értekezést Köszönetnyilvánítás zárja.

Mihucz Viktor MTA doktori értekezése bár rendkívül széles vizsgálati területet ölel fel, minden kitűzött cél, és elvégzett vizsgálat egészségügyi, környezetvédelmi szempontból rendkívül aktuális. A vizsgálatokhoz kidolgozott és alkalmazott nagyszámú analitikai módszer mindegyike igen korszerű, és igen hatékonyak bizonyult a tervezett célok elérése érdekében.

A vizsgálatok a mintarendszerek igen széles körére terjedtek ki. A Jelölt a geoszféra mindhárom körét, a litoszférát (talajokat), hidroszférát (folyó- és ásványvizeket) és a szállóporokon keresztül az atmoszférát is vizsgálta. A bioszféra részeként növények (uborka, nyárfa, rizs, borok), élelmiszerként és gyógyhatású anyagként rizs, anyatej, ásványvíz, ájurvédikus szerek, táplálék kiegészítők vizsgálatára is sor került.

A vizsgált toxikus komponensek között kiemelt szerepet kaptak az arzénformák. Emellett a Jelölt több rendszerben vizsgálta a higany, kadmium, nikkell és egyéb toxikus elemek jelenlétét

és transzportfolyamatait. Külön elemcsoport volt a ritkaföldfémek jelenléte a borokba. A PET palackokban tárolt ásványvizekbe az antimon és a ftalátok beoldódásának mértéke manapság ugyancsak aktuális kérdés.

A célként megjelölt vizsgálatokhoz igen széles korszerű módszer- és műszerarzenált vonultatott fel.

A talajvizsgálatok során a kompozit képződését, illetve az arzénnek az aktívszénhez (AC) való kötődését Fourier-transzformációs infravörös (FT-IR) spektroszkópiával csillapított totál-reflexiós (ATR) üzemmódban követte. A talaj frakcionálását módosított BCR-féle talajkioldási eljárással végezte. A talajkivonatok elemanalíziséhez a Jelölt kettős fókuszálású induktív csatolású plazma tömegspektrometriás (ICP-SF-MS)- és totál-reflexiós röntgenfluoreszcens (TXRF) spektrometriás módszert alkalmazott.

A különböző vízmátrixokban előforduló arzénformák helyszíni elválasztását szilárdfázisú extrakciós (SPE) patronban erős anioncserélő (SAX) gyantán valósította meg. A vízminták anion tartalmát ionkromatográfiás (IC) készüléssel határozta meg. A vízminták arzén-tartalmának elemzéséhez folytonos spektrumú primer sugárforrásként xenon ívlámpát alkalmazó grafitkemencés atomabszorpciós (HR-CS-GFAAS) spektrométert alkalmazott. A geotermikus vízminták, közkutakból vételezett vizek nyomelemzéséhez kettős fókuszálású ICP-MS (ICP-SF-MS) készüléket használt.

A dél-alföldi vízművekből mintavételezett vizeket a folytonos sugárforrású grafitkemencés atomabszorpciós spektrométer (HR-CS-GFAAS) mellett totálreflexiós röntgenfluoreszcens (TXRF) mérés technikával is megelemezte.

Az uborka összes arzén koncentrációjának meghatározásához flow injection, azaz reagensáramban végzett injektálásos mintabeviteli (FIA) technikát alkalmazó ICP-SF-MS- készüléket használt. Az uborkanövények xilémnedvének arzén speciációjához nagynyomású folyadékromatográfia – ICP-MS (HPLC-ICP-MS) kombinált módszert alkalmazott és mind a tápoldatok, mind a xilémnedvek arzénelemzéséhez élközeli röntgenabszorpciós spektroszkópiás (XANES) méréseket is végzett. A növényi gyökerekben az arzén speciációhoz a kromatográfiás elválasztást túlnyomásos rétegekromatográf (OPLC) alkalmazásával oldotta meg poliéter-imid bevonatú vékonyréteg kromatográfiás (VRK) lemezeken. A vékonyrétegen elválasztott frakciók feltájának elemzéséhez off-line módon VRK – lézer-ablációs induktív csatolású plazma ütközési cellás tömegspektrometriai (LA-ICP-DRC-MS) módszert alkalmazott. Az abláció argon-fluorid (ArF) excimer típusú lézerrel történt.

Nyers és főtt rizsszemek a felület közeli rétegeiben végbemenő extrakciós folyamatokat a Jelölt konfokális mikro-röntgenfluoreszcens ( $\mu$ -XRF) mérés technikával is ellenőrizte. Az enzimatis extrakciónak alávetett rizsminták mikropróbas fókuszált ultrahangos kezelését Tiszonotródával felszerelt ultrahangos processzorral végezte.

A szilárd halmazállapotú élelmiszerminták arzén koncentrációját hidrid-fejlesztővel felszerelt lángatomabszorpciós spektrométerrel (HG-FAAS) határozta meg. A víz- és vizes alapú minták vizsgálatához kvadrupol ICP-MS-t használt.

Az ásványvizek PET palack falából kioldódó ftalát tartalmát GC-MS/MS módszerrel vizsgálta.

Teflonmembrán- és QFF-szűrőre napi 8 órában gyűjtött PM<sub>2.5</sub> szállópor minták elemkoncentrációit proton indukált röntgen emissziós (PIXE) berendezéssel elemezte. A

szállópor minták szerves (OC) és elemi (EC) szénttartalmának meghatározásához termooptikai transzmittancia analizátort alkalmazott.

Mint érzékelhető, az értekezés mind a vizsgált anyagi rendszerek, mind az alkalmazott vizsgáló módszerek száma tekintetében igen széles analitikai területet fog át. Több tízezerre tehető azoknak az analitikai adatoknak a száma, amelyből a Jelölt mértéktartó következtetéseket vont le. A bemutatott munka több helyen túl lép a szorosabban vett analitikai kémia feladatkörén. Ilyen területek például a toxikus elemeknek a talajokban történő megkötésének, immobilizációjának a vizsgálata, adott növények szerepe a fitoremediáció szempontjából, vagy elemeknek az élő szervezet számára való hozzáférhetőségi körülményeinek követése.

A Célkitűzésben körvonalazott tématerületeknek a Tudományos előzmények fejezetben összefoglalta gyakorlatilag a teljes nemzetközi irodalmát, amit jól érzékeltet a Felhasznált irodalom nagyszámú (566) hivatkozása is. A saját mérési eredményeit automatikusan összeveti a témában eddig megjelent legfrissebb irodalmi adatokkal.

Az értekezés óriási mennyiségű mérési adatot, analitikai eredményt tartalmaz. Ekkora adattömeg feldolgozása, az eredmények teljes körű bemutatására való törekvés erősen feszegeti a disszertáció terjedelmi kereteit. Az értekezésben bemutatott gazdag információ-tömeg jelentősen megnehezíti az – egyébként elhanyagolható számú fogalmazási és gépelési hibát tartalmazó – szöveg olvasását. Bizonyára a helytakarékosság érdekében történt az is, hogy a Saját (SK) és Felhasznált irodalom listáját a szokásosnál zsúfoltabb módon szerkesztette meg.

A nagy vizsgálati adatból kiemelhető legfontosabb új tudományos eredmények az alábbiak.

1. ATR-FTIR vizsgálatokkal igazolta, hogy arzenáttal [iAsV]) szennyezett homokos, savas kémhatású talajhoz aktív szén (AC) adalékolásával az aktív szén karboxil-csoportjaiból és a dihidrogén-arzenátióból vegyes anhidrid As-karboxilát monodentát kötés jön létre.
2. Elsőként igazolta, hogy kontrollált körülmények között arzenitet vagy arzenátot tartalmazó szennyezett talajvizeinkben, mint tápoldatban nevelt uborkanövények xilémnedvében az iAs(III) mintegy 90%-ban fordul elő függetlenül a kezeléshez az eredetileg alkalmazott arzénformáktól, ami igazolja a növény redukáló képességét.
3. Konyhatechnológiai eljárások szimulálásával és konfokális  $\mu$ -XRF képalkotó rendszerrel végzett mérésekkel igazolta, hogy rizsszemek arzéntartalma akár 60%-kal csökkenthető szobahőmérsékletű és forrásban lévő ioncserélt vízzel végzett extrakcióval, mivel az arzén a rizsszemek felszínétől számított 80  $\mu$ m vastagságú felületi rétegben koncentrálódik.
4. Különböző élelmiszerek és azok elkészítéséhez felhasznált vízminták arzéntartalmának meghatározásával igazolta, hogy a nagyobb víztartalmú élelmiszerek (levesek, befőttek, üdítőitalok, szóдавíz, sör, savanyúságok, főzelék) és az előállításukhoz felhasznált vizek arzén-koncentrációi pozitívan korrelálnak.
5. Megállapította, hogy az anyatej Pb koncentrációja pozitívan korrelált a szoptató anyák életkorával. Az ólom koncentrációadatokból számolt expozíciós küszöbérték potenciális kockázatot jelent a kizárólag szoptatással táplált csecsemőkre.
6. Igazolta, hogy Cd(II)-, Pb(II)- és Ni(II)-tartalmú tápoldatokban fitoremediációs célból végzett kísérleteknél a közepes komplexstabilitású Fe(III)-citrát biztosít egyenletes és megfelelő vasellátottságot uborkanövény és nyárfa számára.

7. Megállapította, hogy a nyárfák fitoextrakciós képessége Ni-re és Cd-re mintegy 6-10%, ezzel együtt a nyárfák alkalmasak az Ni fitostabilizálására azáltal, hogy az Ni(II)-ionok kevésbé csökkentik a biomasza képződését.

8. PET-palackokban forgalmazott ásványvizek antimon, illetve bisz(2-etil-hexil)-ftalát (DEHP) koncentrációja szakszerűtlen tárolási körülmények esetén is jelentősen kisebb, mint az érvényben lévő jogszabályokban az ivóvizekre megállapított egészségügyi határértékek.

9. Moldovai újborok vizsgálatával elsőként állapította meg, hogy a borok megbízhatóan osztályozhatók a ritkaföldfém (REE) koncentrációprofil alapján. Ennek előfeltétele az ásványi anyagokkal végzett derítéskor a derítőszer helyes kiválasztása.

10. Megállapította, hogy mesterséges tüdőfolyadékban inkubált légköri aeroszol finomfrakciójának oxidatív potenciálja (OP) szempontjából az elemösszetétel fontosabb tényező, mint az aeroszol tömegkoncentrációja. Pozitív rangkorrelációt állapított meg oxidatív potenciál (OP) és a PM<sub>2.5</sub> beltéri szállópor Cr- és Zn-koncentrációi között.

Előbbieken túl egyéb fontos következtetések is kiolvashatók a jól szerkesztett diagramok és táblázatok adataiból, tendenciáiból a tématerületet vizsgáló szakemberek számára.

Az értekezés eredményei alapján megfogalmazott tézisek mindegyikét elfogadom új kutatási eredménynek.

A dolgozat áttanulmányozása során felvetődő megjegyzéseim és kérdéseim az alábbiak:

1. Az 5. ábrán a felső két térképen az arzénnel szennyezett helyeket jelölő színes pontok túlzottan kicsik, nehezen azonosíthatóak.
2. Elképzelhetően helytakarékosági okokból a szövegek közötti többes hivatkozási számok között a szokásostól eltérő módon, nincs szóköz, csak vessző.
3. A 17. ábrán az ábra jobb oldalán szereplő pontozott vonal pontjai túl kicsik és túl sűrűek.
4. Több ábra és táblázat viszonylag messze van a róla szóló szövegrésztől.
5. Az 5.1.5.1 fejezetben az Élelmiszerek és feldolgozásukhoz használt víz arzéntartalma című fejezetben mit kell érteni a tej előállításához felhasznált vízen? Ugyanez a kérdés a tojás esetén is.
6. Miért épp ezt a két (Fe-citrát és Fe-EDTA) vas-komplexet választotta ki a fitoremediációs kísérletekhez?
7. Ahogy a Jelölt a toxikus elemek növényi részekben történő eloszlásáról részletes adatokat közöl, vannak-e hasonló adatok a vas eloszlásáról a növényekben?
8. Milyen technológiával történik a PET palackok újrahasznosítása? Miért növekszik meg az újrahasznosított palackok falából az antimon és ftalát kioldódott koncentrációja?
9. Van-e adat arról, hogy a PET palackokból kioldódó ftalátok bomlása hogyan függ a hőmérséklettől és a tárolási időtől?
10. A 20. táblázatban, a lábjegyzetben a 17/1999 (VI.16.) EüM rendelethez „c” helyett hibásan „d” jelölést írt.
11. A 22. táblázatban nincs jelölve a zöldborsó pörköltre vonatkozóan az arzénkoncentráció határértéke.
12. Az 51. ábrán a HU1 – HU5 mellett jelölte a szűrő típusát. A 37. táblázatban viszont nincs jelölve, hogy HU1 – HU5 jelű kvarcszálal vagy teflonszűrőn gyűjtött aeroszol adatairól van szó.

13. A 93. oldalon hogyan kell értelmezni az adatok szórásértékeit az idézett [173] számú közleményben, ahol az „átmeneti tej, korai érett tej és érett tej As átlagkoncentrációjára vonatkozóan rendre  $0,68 \pm 1,09 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ,  $0,27 \pm 1,26 \mu\text{g}/\text{dm}^3$  és  $0,16 \pm 0,24 \mu\text{g}/\text{dm}^3$  értékekről számoltak be.”
14. A talaj kezeléssel kapcsolatos tanulmánya mennyiben lenne átvihető nagyobb földterületek talaj rehabilitációs technológiájára?
15. A saját vizsgálatok tükrében a Magyarországi ivóvizekre mely arzénmentesítési eljárás tekinthető a leghatékonyabbnak és leggazdaságosabbnak?

Mihucz Viktor MTA doktori értekezésében a mértékadó következtetéseket modern eszközökkel kapott nagyszámú hiteles analitikai adatból vonta le. A doktori munka eredményeit bőven elegendőnek tartom az MTA doktori cím megszerzéséhez. Az értekezés téziseinek mindegyikét elfogadom új tudományos eredménynek. A doktori értekezést nyilvános vitára alkalmasnak tartom, a nyilvános vita kitűzését javaslom.

Debrecen, 2022. április 02.

Dr. Posta József  
professzor emeritus  
az MTA doktora