

**A Po-210, mint természetes nyomjelző vizsgálata dohánymintákban,
a vörösiszap katasztrófa sújtotta területeken**

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Pannon Egyetem

Vegyésszmérnöki és Anyagtudományi Doktori Iskola

Készítette:

Horváth Mária

okleveles környezetmérnök

Témavezető:

Dr. Kovács Tibor

egyetemi docens

Pannon Egyetem

Radiokémiai és Radioökológiai Intézeti Tanszék

Veszprém

2021

BEVEZETÉS

A 2010-es Ajkai vörösiszap katasztrófa nagy mennyiségű vörösiszappal árasztotta el a környező településeket, jelentős emberi, anyagi és környezeti károkat okozva ezzel. Körülbelül hat hónappal később megtörtént a terület remediációja, azonban a hasonló balesetek elkerülése végett a vörösiszap lerakóban technológiaváltás történt. A nedves tárolási technológiáról száraz eljárásra váltottak, a vörösiszap fölött már nem helyezkedik el technológiai lúgoldat, ami a vörösiszap kiszáradásához és kiporzásához vezethet. Az ebből adódó aeroszol koncentráció növekedés együtt jár a kiporzó vörösiszappal együtt mozgó természetes radionuklidok migrációjával és lehetőséget biztosít az elbomló radon hosszú felezési idejű bomlástermékeinek kitapadására is. A technológiaváltás hatásainak vizsgálatára és a lakosság és a környezet védelmének biztosítása érdekében ezt a megnövekedett mennyiségű és potenciálisan nagyobb aktivitás koncentrációjú por monitoringjára van szükség. Erre a dohánynövény által végzett biomonitoring alkalmasnak tűnik, mivel a dohánynövény egynyári, nikotintartalma miatt nem valószínű, hogy állatok elfogyasztják és nagy felületű, szőrös, ragadós levelekkel rendelkezik, melyek akumulálni képesek a kihulló aeroszolókat. Azonban a dohánynövény polónium és ólom felvételi útvonala még nem teljes mértékben tisztázott, mivel képes a gyökerén és a levelein keresztüli felvételre is.

CÉLKITŰZÉS

Jelen munka célja, a remediáció ellenőrzése, a radionuklidok migrációjának nyomon követése volt, emellett a dohánynövények a vörösiszaptározóból kiporzó Po(Pb)-210 aeroszol szennyezés biomonitorozásra való felhasználhatóságának megállapítása volt. Ennek érdekében vizsgáltam a talaj természetes radionuklid tartalmát a tározótól különböző távolságokban, ugyanazon pontokon a levegő Rn-222 koncentrációját és a kiültetett aktív biomonitor dohánynövényekben a Po(Pb)-210 időbeli változását, összefüggésüket a talajban megfigyelhető koncentrációval Ra-226 és Pb-210 koncentrációval, a levegő Rn-222 tartalmával és a vizsgálati időszak alatt bekövetkező időjárásbeli különbségekkel.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Munkám során 2011-es, 2012-es és 2014-es években vörösiszappal szennyezett területre és nem szennyezett területekre ültetett dohánynövények levelében és a talajmintákban mértem a Po(Pb)-210 izotóp aktivitás koncentrációját. 2012-ben és 2014-ben CR-39 detektor alkalmazásával határoztam meg a levegő Rn-222 koncentrációját. Valamint 2014-ben a talajminták Ra-226 koncentrációjának meghatározását is elvégeztem.

A minták radiológiai elemzése során alfa-spektrometriát alkalmaztam PIPS detektorral továbbá gamma spektrometriát HPGe detektor segítségével. A CR-39-es nyomdetektorokat maratás után szkener segítségével értékeltem ki.

EREDMÉNYEK

Az eredmények alapján elmondható, hogy jelentős radionuklid migráció nem történt a vörösiszap sújtotta területeken. Viszont a vörösiszap tárolás/lerakás 2011. február 28-án történő nedves technológiáról száraz eljárásra váltás, valamint 2012-ben a száraz időjárás következtében a légszennyezettség túllépte az egészségügyi határértéket, amely légszennyezés nyomon követésére a dohánynövény alkalmazható, mint bioindikátor. Emellett megállapítottam, hogy a levegő Rn-222 koncentrációja és a levélfelület Po(Pb)-210 aktivitás koncentrációja között nincs szoros kapcsolat, valamint a talaj Ra-226 és a talaj Po(Pb)-210, valamint a dohánylevél Po(Pb)-210 aktivitás koncentrációja között sincs szoros összefüggés. Ebből következtetem arra, hogy a dohánynövény levélfelületén megemelkedett Po(Pb)-210 koncentráció jelentős része egy külső forrásból, a vörösiszap kiporzásból származik. Azaz a dohánynövény alkalmazható légköri (por) szennyezések monitorozására.

A DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

I. TÉZIS

A Pannon Egyetem Radiokémiai és Radioökológiai Intézeti Tanszék munkatársai által megállapított, alacsony talaj Po(Pb)-210 aktivitás koncentráció (26,0-53,6 mBq/g) mellett kvázi lineáris jelleggörbe, azaz a talaj és a dohánynövény levelének Po(Pb)-210 aktivitás koncentrációja közötti szoros összefüggés a javasolt 20-100 mBq/g indikációs tartományon a megfigyelt területen nem áll fenn, és nem magyarázza a kutatásaim alatt megfigyelt aktivitás koncentrációkat.

A megfigyelt területen nincs jó korreláció a talaj Ra-226 tartalma, a talaj Po(Pb)-210 tartalma, illetve a levegő Rn-222 tartalma és a dohánylevelek Po(Pb)-210 koncentrációja között. A megfigyelt aktivitás koncentrációk azt jelzik, hogy valamilyen külső forrásból érkező, eltérő egyensúlyi állapotú, a helyben található magasabb Po(Pb)-210 aktivitás koncentrációjú aeroszol megnöveli a dohányleveleken megfigyelt Po(Pb)-210 koncentrációt a szennyezett területeken. Ez a külső forrás feltehetően a vörösiszap tározóból kiporzó többlet Po(Pb)-210.

II. TÉZIS

Igazoltam a dohánynövény Po(Pb)-210 aeroszol biomonitoringra való alkalmazhatóságát a vörösiszap tározó környékére, valamint a vörösiszap sújtotta településekre kiültetett dohánynövényekben mért Po(Pb)-210 aktivitás koncentrációk alapján. A 6-os mintavételi pont mutatja, hogy a gyökerén keresztül is vesz fel Po(Pb)-210-t, azonban talaj megemelkedett Ra-226 és Po(Pb)-210 tartalma nem emelte meg a vörösiszap kiporzásnak kitett területekhez hasonló mértékben a dohánylevél Po(Pb)-210 aktivitás koncentrációját. Ezzel szemben a tározótól való távolság és a vörösiszap tározóhoz közel ültetett növényekben mérhető Po(Pb)-210 a Pearson korrelációs koefficiens alapján összefügg, a közelebbi, nagyobb aeroszol terhelésnek kitett növények esetén magasabb. Ennek következtében a 2011-ben és

2012-ben kiszámolt átlagos Po(Pb)-210 látszólagos transzfer faktorok szignifikánsan nagyobbak voltak a szennyezett mintákban, mint a nem szennyezett területeken lévő mintákban. A kapott adatok alapján a porszennyezésnek kitett területeken a talajhoz képest aránytalanul megnövekedett a levelek aktivitás koncentrációja.

III. TÉZIS

Az eredmények alapján elmondható, hogy jelentős radionuklid migráció nem történt a vizsgált területeken, azonban jól megfigyelhető a kiporzás hatása.

A három vizsgált év meteorológiai adatait és a dohánynövényben megfigyelt Po(Pb)-210 aktivitás koncentrációkat összehasonlítva megfigyelhető, hogy **a száraz és szeles időjárás jelentős mennyiségű porterheléssel jár, melyet mind a közeli meteorológiai állomás által mért porterhelésben, mind a dohánylevelek Po(Pb)-210 aktivitásának növekményében megfigyelhető.** A 2012-es év volt a legmelegebb, a legszárazabb és a legszelesebb a vegetációs időszakot illetően, ekkor a porterhelés többször meg is haladta az egészségügyi határértéket. Ebben az évben a dohánylevelek Po(Pb)-210 aktivitásának átlagos koncentrációja a szennyezett területeken termesztett dohánylevelekben szignifikánsan magasabb volt, mint 2011-ben és 2014-ben.

A csapadék ezzel szemben megnöveli a légköri kihullást, így a tározó okozta aeroszol és Po(Pb)-210 terhelés a tározó közvetlen környezetére korlátozódott. A 2014-es év volt a legcsapadékosabb és ebben az évben volt a legkisebb a szélsébség, ezáltal nagyobb volt a nedves kihullás és kisebb az aeroszol terhelés. 2014-ben a talaj Po(Pb)-210 aktivitás koncentrációja és a távolság között az eredmények mérsékelt korrelációt mutattak, viszont a tározók közvetlen közelében lévő talajban és a dohánylevelekben a Po(Pb)-210 aktivitás koncentráció tovább nőtt a 2012-es évhez képest.

ÉRTEKEZÉS ALAPJÁT KÉPEZŐ TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK JEGYZÉKE / PUBLICATIONS THAT POSE THE BASE OF THE DISSERTATION

Nemzetközi referált folyóiratban megjelent idegen nyelvű publikációk / Publications in foreign languages

Kovács, T., Horváth, M., Csordás, A., Bátor, G., Tóth-Bodrogi, E., **Tobacco plant as possible biomonitoring tool of red mud dust fallout and increased natural radioactivity.** Heliyon. 6: 3 p. e03455 Paper: e03455 (2020)

Horváth, M., Shahrokhi, A., Bátor, P., Tóth-Bodrogi, E., Kovács, T., **Determination of Po-210 content in cigarette smoke using a smoking machine: A case study of Iranian cigarettes.** Journal of Environmental Radioactivity. 174 pp. 66-70. 5 p. (2017)

Kovács, T., Horváth, M., Sas, Z., Dung, B.D., Minh T.K., **Determination of 210Po content of vietnamese tobacco samples.** Central European Journal of Chemistry. 12: 11 pp. 1127-1132. 6 p. (2014)

Máté, B., Horváth, M., Somlai, J., Kovács, T., **Using tobacco plants as biomonitors of contaminated norm areas.** Journal of Radiological Protection. 33: 1 pp. 81-89. 9 p. (2013)

Egyéb, az értekezéshez nem szorosan kapcsolódó tudományos közlemények/ Other publications, not tightly connected to the dissertation

Nemzetközi referált folyóiratban megjelent idegen nyelvű publikációk / Publications in foreign languages

Konferencia kiadványok/ Conference publications

Jónás, J., Horváth, M., Bátor, G., Kovács, T., Somlai, J., **Radiological survey and monitoring of special remediated area in Hungary.** In: T, Kovács; E, Tóth-Bodrogi; G, Bátor (szerk.) V. Terrestrial Radioisotopes in Environment: International Conference on Environmental Protection, Veszprém, Magyarország: Social Organization for Radioecological Cleanliness p. 48. (2016)

Horváth, M., Hegedűs, M., Csordás, A., Somlai, J., Kovács, T., **Preliminary study of polonium intake of tobacco plant: adsorption path.** In: Proceedings of the 3rd International Conference on Po and Radioactive Pb isotopes p. 141. (2015)

Kovács, T., Horváth, M., Csordás, A., Bátor, G., Tóth-Bodrogi, E., Somlai, J., **Po-210 and Pb-210 concentrations of tobacco plant grown on contaminated areas.** In: Proceedings of the 3rd International Conference on Po and Radioactive Pb isotopes (2015)

Egyéb publikációk/ Other publications:

Cikkek/ Article:

Ozden, B., Guler, E., Vaasma, T., Horvath, M., Kiisk, M., Kovacs, T., **Enrichment of naturally occurring radionuclides and trace elements in Yatagan and Yenikoy coal-red thermal power plants, Turkey.** Journal of Environmental Radioactivity. 188: 8 pp. 100-107., 8 p. (2018)

Horvath, M., Ipbuker, C., Hegedus, M., Kovacs, T., Tkaczyk, A.H., **Development of measurement system for adsorption of long-lived radon decay products on the leaf surface of tobacco plants.** Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 313: 2 pp. 391-400., 10 p. (2017)

Csordás, A., Fábíán, F., Horváth, M., Hegedűs, M., Somlai, J., Kovács, T., **Preparation and characterisation of ceramic-based thoron sources for thoron calibration chamber.** Radiation Protection Dosimetry. 167: 1-3 p. 151 (2015)

Kovács, T., Horváth, M., Tóth-Bodrogi, E., Somlai, J., ^{210}Po , ^{210}Pb , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K and ^{137}Cs **Concentration of Medicinal Herbs.** Radiation Emergency Medicine. 4: 2 pp. 40-44., 5 p. (2015)

Gregorič, A., Vaupotič, J., Kardos, R., Horváth, M., Bujtor, T., Kovács, T., **Radon emanation of soils from different lithological units.** Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences. 8: 2 pp. 185-190., 6 p. (2013)

Máté, B., Horváth, M., Somlai, J., Kovács, L., Kovács T., **^{210}Po activity concentration of blood samples after the radon inhalatoric therapy.** Radiation Emergency Medicine. 1: 1-2 pp. 121-126., 6 p. (2012)

Kovács, T., Somlai, J., Máté, B., Horváth, M., Csordás, A., **Növény- és gombaminták ^{210}Po és ^{210}Pb koncentrációjának meghatározása alfa-spektrometriai módszerrel.** Magyar Tudomány, 2012, Vol. 2 146 – 151.

Máté, B., Csordás, A., Horváth, M., Somlai, J., Kovács, T., **Pb(Po)-210 concentration of tobacco samples grown in the vicinity of a remedied uranium mine.** Radioprotection. 46: 6 pp. S161-S165. (2011)

Konferencia kiadványok/ Conference publications

Ozden, B., Guler, E., Vaasma, T., Horvath, M., Kiisk, M., Kovács, T., **The enrichment of NORM in Yatagan and Yenikoy coal_red thermal power plants, Turkey.** In: 7th International Symposium on IN Situ NUClear METrology as a tool for redioecology - INSINUME 2017 : Book of Abtracts p. 52 (2017)

Horváth, M., Jónás, J., Szántó, J., Shahrokhi, A., Kelmen, Sz., Begy, R., Kovács, T., **Results of laboratory intercomparison of Ra-226 measurements in drinking water.** In: T, Kovács; E, Tóth-Bodrogi; G, Bátor (szerk.) V. Terrestrial Radioisotopes in Environment: International Conference on Environmental Protection, Veszprém, Magyarország: Social Organization for Radioecological Cleanliness p. 94 (2016)

Horváth, M., Bátor, P., Tóth-Bodrogi, E., **Kovács, T., Determination of Po-210 content in cigarette smoke using smoking machine.** In: Proceedings of the 3rd International Conference on Po and Radioactive Pb isotopes p. 63 (2015)

Tóth-Bodrogi, E., Horváth, M., Csordás, A., Shahrokhi, A., Kovács, T., **Determination of Po-210 concentration of iranian cigarettes.** In: Proceedings of the 3rd International Conference on Po and Radioactive Pb isotopes p. 140 (2015)

Csordás, A., Fábíán, F., Horváth, M., Hegedűs, M., Somlai, J., Kovács, T., **Preparation and characterization of ceramic based thoron sources for thoron calibration chamber.** The 9th International Symposium on the Natural Radiation Environment (NRE-IX) 22 – 26 September, 2014, Hirosaki, Japán (2014)

Horváth, M., Tóth-Bodrogi, E., Bátor, G., Ujhidy, A., **Kovács, T., Study of polonium content in cigarette smoke.** The 9th International Symposium on the Natural Radiation Environment (NRE-IX) 22 – 26 September, 2014, Hirosaki, Japán, Megjelenés: Japán (2014)

Horváth, M., Csordás, A., Hegedűs, M., Kovács, T., **Radionuklidok feldúsulása ipari termékekben és melléktermékekben és azok környezeti hatásai.** PhD hallgatók anyagtudományi napja XIV., 2014. november 24., Veszprém, Hungary

Csordás, A., Horváth, M., Hegedűs, M., Kovács, T., **Kerámia alapú toron források készítése és minősítése.** PhD hallgatók anyagtudományi napja XIV., 2014. november 24., Veszprém, Hungary

Hegedűs, M., Somlai, J., Kovács, T., Horváth, M., Csordás, A., **NORM anyagokból való kioldódási vizsgálatok a vörösiszap példáján.** PhD hallgatók anyagtudományi napja XIV., 2014. november 24., Veszprém, Hungary

Máté, B., Várhegyi, A., Horváth, M., Somlai, J., Kovács, T., **Study of uranium, radium and lead isotope migration on the Mecsek remediated uranium mine sites.** In: Tibor, Kovács; János, Somlai; Borbála, Máté (szerk.) III. Terrestrial Radioisotopes in Environment: International Conference on Environmental Protection, Veszprém, Magyarország: Pannon Egyetemi Kiadó, pp. 99-102., 4 p. (2012)

Máté, B., Horváth, M., Somlai, J., Kovács, T., **Using tobacco plant as bioindicator of the contaminated NORM areas.** In: Mirosław, Janik; Masahiro, Hosoda; Atsuyuki, Sorimachi; Shinji, Tokonami (szerk.) International Symposium on Natural Radiation Exposures and Low Dose Radiation Epidemiological Studies, Hirosaki, Japán: Hirosaki University, pp. 113-113. Paper: P-79, 1 p. (2012)

Máté, M., Horváth, M., Somlai, J., Kovács, L., Kovács, T., **^{210}Po activity concentration of blood samples after the radon inhalatoric therapy.** In: Prof, Dr. Goran Ristic (szerk.) Proceedings of the First International Conference on Radiation and Dosimetry in Various Fields of Research Nis, Szerbia: University of Nis, Faculty of Electronic Engineering, pp. 153-156., 4 p. (2012)

Fábián, F., Kardos, R., Csordás, A., Horváth, M., Kovács, T., **Determination of uranium in human urine samples using alpha spectrometry: A preliminary study.** In: Tibor, Kovács; János, Somlai; Borbála, Máté (szerk.) III. Terrestrial Radioisotopes in Environment: International Conference on Environmental Protection, Veszprém, Magyarország: Pannon Egyetemi Kiadó, pp. 149-152., 4 p. (2012)

Vaupotič, J., Gregorič, A., Kardos, R., Horváth, M., Bujtor, T., Kovács, T., **Radon emanation from soils of different lithological units.** In: Constantin, Cosma; Dan, Constantin Nita; Alexandra, Cucos Dinu (szerk.) First East European Radon Symposium Cluj-Napoca, Románia: Editura Risoprint, pp. 25-25., 1 p. (2012)

Horváth, M., Csordás, A., Máté, B., Fábián, F., Kardos, R., **Po-210/Pb-210 equilibrium measurements in tobacco samples.** In: Tibor, Kovács; János, Somlai; Borbála, Máté (szerk.) III. Terrestrial Radioisotopes in Environment : International Conference on Environmental Protection, Veszprém, Magyarország: Pannon Egyetemi Kiadó, pp. 153-156., 4 p. (2012)

Kardos, R., Máté, B., Horváth, M., Csordás, A., Gyöngyösi, Cs., Kovács, T., **Survey of uranium in spring waters from Budapest, Bábaapáti waters (industrial area) and Torna, Stream (disaster affected surface water)**. In: Tibor, Kovács; János, Somlai; Borbála, Máté (szerk.) III. Terrestrial Radioisotopes in Environment: International Conference on Environmental Protection, Veszprém, Magyarország: Pannon Egyetemi Kiadó, pp. 45-49., 5 p. (2012)

Máté, B., Csordás, A., Horváth, M., Somlai, J., Kovács, T., **Pb(Po)-210 concentration of tobacco samples grown in the vicinities of a remedied uranium mine**. ICRER2011, Hamilton, Canada, 19-24. 06. 2011., (2011)

Máté, B., Horváth, M., Csordás, M., Somlai, J., Kovács, T., **Pb(Po)-210 levels of tobacco and soil samples at remedied uranium mine**. In: Dumitru, Ristoiu; Melinda-Haydee, Kovacs; Adrian, Piticar; Andreea, Dragus (szerk.) International Conference Environment & Progress : Environment - Research, Protection and Management Cluj-Napoca, Románia: Babes-Bolyai University, Faculty of Environmental Science and Engineering, pp. 79-79., 1 p. (2011)

Csordás, A., Horváth, M., Máté, B., Somlai, J., Kovács, T., **A déli-bakonyból származó ehető gombafajok Po-210 koncentrációjának meghatározása**. In: Kovács, Tibor; Somlai, János (szerk.) II. Földkérgi radioizotópok a környezetünkben : Környezetvédelmi Konferencia, Veszprém, Magyarország: Pannon Egyetemi Kiadó, pp. 115-123., 9 p. (2011)

Kardos, R., Horváth, M., Bujtor, T., Vaupotic, J., Kovács, T., **Radon emanation of slovenian soil samples**. In: Kovács, Tibor; Somlai, János; Szabó, Csaba (szerk.) VI. Magyar Radon Fórum: A Radon a Környezetben Nemzetközi Workshop, Veszprém, Magyarország : Pannon Egyetemi Kiadó, pp. 249-254., 6 p. (2011)

Horváth, M., Csordás, A., Máté, B., **Dohánynövény alkalmazása remediált uránbánya területek vizsgálatában**. In: Üveges, Viktória (szerk.) Pannon Egyetem, Mérnöki Kar Bagoly Almanach (CD), Veszprém, Magyarország : Pannon Egyetem, pp. 54-59. (2011)

Horváth, M., Csordás, A., Máté, B., Somlai, J., Kovács, T., **Dohánynövény alkalmazása remediált uránbánya területek vizsgálatában**. In: Kovács, Tibor; Somlai, János (szerk.) II. Földkérgi radioizotópok a környezetünkben: Környezetvédelmi Konferencia, Veszprém, Magyarország: Pannon Egyetemi Kiadó, pp. 125-132., 8 p. (2011)

Kovács, T., Somlai, J., Máté, B., Horváth, M., Csordás, A., **Növény- és gombaminták ^{210}Po és ^{210}Pb koncentrációjának meghatározása alfa-spektrometriai módszerrel**. MTA Tudományos Ülés, 2011. május 04., MTA székház, Budapest (2011)

Máté, B., Horváth, M., Somlai, J., Kovács, T., **A mecseki uránbánya rekultivációjának ellenőrzése bioindikációs módszerrel.** In: Szentmiklósi, L (szerk.) Őszi Radiokémiai Napok 2011, Budapest, Magyarország: Magyar Kémikusok Egyesülete (MKE), pp. 65-70. , 6 p. (2011)

Máté, B., Csordás, A., Horváth, M., Somlai, J., Kovács, T., **Remediált uránbánya környékén termesztett dohányminták Po-210 koncentrációja.** In: Szentmiklósi, L (szerk.) Őszi Radiokémiai Napok 2010: A konferencia programja és előadás kivonatai, Budapest, Magyarország : Magyar Kémikusok Egyesülete (MKE), pp. 69-69., 1 p. (2010)