

Prof. Dr. habil. BAYOUMI HAMUDA HOSAM
Opponens kérdéseire adott válaszok a

**ISZAPOK NEHÉZFÉM TARTALOM MOBILIZÁCIÓJÁNAK MONITOROZÁSA, A
NEHÉZFÉM TARTALOM CSÖKKENTÉSE KÉMIAI ÉS BIOLÓGIAI
MÓDSZEREKKEL**

c. PhD értekezés nyilvános vitájához

Tisztelt Prof. Dr. habil. Bayoumi Hamuda Hosam!

Köszönöm az értekezésem tudományos szempontú átnézését és értékelését.

Köszönöm az opponensi véleményét, amely szerint a téma tudományosan jelentős, és a témaválasztás jól ötvözi mind a terepen, mind a laboratóriumban végzett kísérleteket. Köszönöm továbbá, hogy a szinergia, valamint a konverter iszappal végzett kísérleteim eredményeit egyaránt fontosnak tartja.

Köszönöm a dolgozat szövegére, stílusára, szerkezeti felépítésére tett pozitív értékelését, továbbá a tézispontok kedvező véleményezését, s ezúton szeretnék a feltett kérdésekre válaszolni.

1. Hogyan tervezi tovább folytatni a kutatásait?

A folyóvízi iszapok toxikus elem tartalmának akkumulációját tovább kívánom kutatni másfajta, főként endemikus növényfajok elemzésével, illetve ezek szinergiájának vizsgálatával. Érdekesnek tartom folytatni a vízi menta és a baracklevelű keserűfű bioakkumulációs potenciáljának, valamint a keserűfű és a sás szinergiájának további tanulmányozását.

A jövőben a laboratóriumi kísérleteim során továbbra is a konverter iszappal szeretnék foglalkozni. Napjainkban ér véget egy már korábban elkezdett fitoextrakciós kísérlet, amelyhez a korábbi pozitív tapasztalatok miatt 15%-os konverter iszap bekeverési arányt alkalmaztam biohumuszos virágföldbe. Az iszap/talaj keverékeken szárazbabot (*Phaseolus vulgaris* L. var. *Coco*), bazsalikomot (*Ocimum basilicum* L. var. *Genovese*) és mezei tarsókát (*Thlaspi arvense* L.) nevelek. Ezen növényfajok mellett továbbra is alkalmaznám a kisvirágú bársonyvirágot (*Tagetes patula* L.) más talajtípusokba (pl. feketeföld) való bekeverés mellett. A bársonyvirág akkumulációs képességét szinergiában is tervezem megvizsgálni. A bársonyvirág és a tarsóka alkalmazását főként azért tartom célravezetőnek, mivel ezek az őszirózsafélék (*Asteraceae*) és a tarsókafélék (*Thlaspi*) családjába tartoznak, s a kapcsolódó szakirodalmak szerint e két család növényfajai jó hiperakkumulátornak számítanak (Simon, 2014; Singh et al, 2017).

A folyamatos fitoextrakciós módszer mellett úgy gondolom, hogy érdemes lenne az indukált fitoextrakciót is alkalmazni az iszap/talaj keverékeken, melynek során kelátképzők (pl. EDTA) bejuttatásával előidézhető lenne a cink és ólom nagyobb mértékű növényi akkumulációja.

Mivel jelenleg a konverter iszap cink és ólom tartalmának ilyen jellegű fitobányászatára még nincs alkalmazott módszer, ezért egyrészt tervezem a laboratóriumban nevelt, nagytömegű biomassza égetése után kapott hamut elemezni, továbbá a hamuban található cinket és ólmot a jelenleg ismert kicsapatásos, illetve redukáló kemencében történő hevítéses módszerrel elválasztani, kinyerni.

2. Milyen kutatásokat ismer a konverter iszapban található cink és/vagy ólom tartalom kivonására?

A konverter iszap egy értékes vas-tartalmú alapanyag, amely 57-65%-ban tartalmaz vasat, amely főként Fe_2O_3 formájában van jelen. Az iszap újrahasznosításának egyik módszere, amikor termo-kémiai kokszosítást végeznek el szén bekeverésével. Eredményként az ún. ferrokoks jön létre, amelyben a vas-oxid redukálódik. Az iszapban található cink gőz formájában távozik a folyamat során, amit a füstgáztisztítás során gázleválasztókban fognak fel. A keletkező ferrokoks jól alkalmazható ezután a nagyolvasztó kemencében, illetve a tömörítőben és elektromos ívkemencében (Kuznetsov et al, 2017).

Egy másik tanulmány szerint az iszap cink és ólom tartalmának csökkentésére forgókemencét alkalmaznak (klinker) (Das et al, 2006). A kemencébe töltés előtt az iszapot vízzel, kalcium-hidroxiddal és koksz darával keverik össze, majd beadagolják. A szén és a bázikus anyagok elősegítik a cink mentesítést és a vas-oxid redukcióját. 44% Fe, 4,5% Zn, 2% Pb és 7% szenet tartalmazó keverékből 95% Zn, 95% Pb, 30% kén és 30% kálium-oxidot párologtattak el. Az elpárolgó gőzöket ciklonokon és nedves gázleválasztókon vezetik át, ahol a cink és ólom oxid formájában válik le a füstgázból.

Hidrometalurgiai eljárással is kinyerhető a cink és az ólom tartalom. Az eljárásban az iszapot kilúgozzák savas és oxidáló körülmények során. A szén és a vas kioldódása után a maradék oldatot egy anioncserélőn vezetik át, ahol a cink és az ólom leválik az oldatból (Das et al, 2006). A legjobb kioldódási arányt (70%) 80 °C-on, 15 perc alatt 1 mol koncentrációjú kénsavval érték el (Wang et al, 2020).

Egy másik eljárást jelent, amikor kohósalakot és konverter iszapot kevertek össze 3:1 arányban kénsavval (Arslan et al, 2002). A keveréket ezután 2 órán keresztül, 150 °C-on pörkölték, majd

forró vízzel kilúgozták. A folyamat végén a réz 88%-át, a kobalt 87%-át, a cink 93%-át, és a vas 83%-át sikerült kivonniuk.

3. Volt-e hatása a konverter iszap bekeverésének a teszt növények hajtásnövekedésére?

A laboratóriumi kísérleteim alatt a konverter iszap/talajkeverékeken nevelt teszt növények hatásnövekedését is megmértem.

Ez alapján megállapítható, hogy az őszi búza és angol perje szinergia kísérletek során a 100 %-os bioföldben növekedett növények hosszához képest a 15-20%-os keverékek esetén 2-4 cm-rel hosszabb búza, és 1-3 cm-rel hosszabb angol perje hajtáshosszúságok voltak megfigyelhetők. Szinergia esetén tehát a nagyobb bekeverési arányok pozitívan hatottak a hajtásnövekedésre.

Ha a búza és a perje külön cserépben növekedett, akkor a növekvő (5-20%) konverter iszap bekeverési arányok csak kismértékben gyakoroltak hatást a hajtások hosszúságára. A búzánál 1-2 cm-rel mértem hosszabb hajtásokat, a perje esetén nem volt számottevő különbség a hajtáshosszúságokban.

A 100%-os biohumuszos virágföldön nevelt növényekhez képest a 15% konverter iszap és biohumuszos virágföld keveréken nevelt díszdohány esetében 1 cm-rel, a bazsalikom esetén 7,5 cm-rel voltak kisebbek, a bársonyvirág esetén 1 cm-rel voltak nagyobbak a hajtások. A 15%-os iszap bekeverési aránynál elmondható, hogy a bársonyvirágnál kismértékben pozitív, míg a díszdohány és a bazsalikom esetében negatív hatást gyakorolt a hajtásnövekedésre az iszap jelenléte a keverékben.

4. Jelenleg mi történik az acélgyártás során keletkező konverter iszappal?

Az acélgyártási folyamat során jelentős mennyiségű konverter iszap keletkezik, ez 10-30 kg/tonna. A keletkező konverter iszapot jelenleg a gyárak területén gyűjtik és lerakják, amely jelentős területeket foglal el (*Wang et al, 2020; Márkus et al, 2011*).

Ezúton még egyszer köszönöm Opponensemnek a bírálat elkészítésével töltött munkáját és idejét!

Veszprém, 2022. július 12.



Kovács-Bokor Éva
doktorjelölt

Felhasznált szakirodalom:

Arslan, C., Arslan, F. (2002): Recovery of copper, cobalt, and zinc from copper smelter and converter slags. *Hydrometallurgy*, 67(1-3), 1–7. doi:10.1016/s0304-386x(02)00139-1

Das, B., Prakash, S., Reddy, P. S. R., Misra, V. N. (2007): An overview of utilization of slag and sludge from steel industries. *Resources, Conservation and Recycling*, 50(1), 40–57. doi:10.1016/j.resconrec.2006.05.008

Kuznetsov, S.N., Shkoller, M. B., Protopopov, E. V., Kazimirov, S. A., Temlyantsev, M. V. (2017): Processing of converter sludges on the basis of hermaloxidative coking with coals, *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 84 012043, doi :10.1088/1755-1315/84/1/012043

Márkus, R., Grega, O. (2011): Veszélyes hulladéknak minősülő ipari eredetű porok és más hulladékok veszélyességének megszüntetése, hasznosítási lehetőségeik kidolgozása; <http://anyagokvilaga.hu/tartalom/2011/1/osszefoglalo.pdf>

Simon, L. (2014): Potentially harmful elements in agricultural soils. In: Bini, C. & Bech, J. (eds.), *PHEs, Environment and Human Health. Potentially Harmful Elements in the Environment and the Impact on Human Health*. Springer, Dordrecht, Heidelberg, New York, London (ISBN 978-94-017-8964-6), pp. 85-137, 142-150.

Singh, H., Verma, A., Kumar, M., Sharma, R., Gupta, R., Kaur, M., Negi, M., Sharma, S.K. (2017): Phytoremediation: A Green Technology to Clean Up the Sites with Low and Moderate Level of Heavy Metals, *Austin Biochem.*; 2(2): 1012

Wang, Y., Liu, Z., Zhang, J., Mao, R., Zhang, Y. (2020): Advanced converter sludge utilization technologies for the recovery of valuable elements: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 381, 120902. doi:10.1016/j.jhazmat.2019.120902