

MOHÁBÓL FELTÁRT HOLYVÁK (STAPHYLINIDAE)
NEHÉZFÉM-FELHALMOZÁSÁNAK ELEMZÉSE RÖNTGEN
RADIOGRÁFIÁS MÓDSZERREL*

Varga János¹, Naár Zoltán¹, Kőrösi Ferenc^{2**}

Abstract

In an earlier study, the authors have been analyze the cadmium accumulation of spiders originating from mosses, and in the present paper they investigated the possible ways of lead accumulation by rove beetles (Staphylinidae) with x-ray radiography. The results strenghtened the observations that although the ingestion may the predominant way of heavy metal accumulation of invertebrates, the heavy metal absorption through the body surface may also contribute to a limited extent.

Bevezetés célkitűzés

A mohák az ásványi anyagokat és a légkörben feldúsuló szennyező anyagokat egész felületükön, szelektivitás nélkül veszik fel, kiválasztási lehetőség híján a légkörszennyező anyagokat (pl. nehézfémeket) is felhalmozzák szervezetükben (Rao, 1982; Markert et Weckert, 1994). Bizonyos határok között lényegesen érzékenyebben reagálnak a környezetszennyezésre, mint a virágos növények (Taoda, 1972; Raeymakers et Glime, 1986). Ezért egyes környezeti faktorok hatáselemzésénél, mint lehetséges indikátor tesztorganizmusok igen jól felhasználhatók. A nehézfémek közül a mohamintákból kimutatható ólomot elsődlegesen a gépkocsi forgalom kipufogógázai eredményezik, de emellett a légkörben előforduló természetes eredetű ²¹⁰Pb izotóp is szerepet játszik az összólomtartalom alakításában. A mohákban akkumulálódott ólom viszonylag könnyen mobilizálható, híg savak is nagy hatékonysággal oldják ki azt (Varga, 1992; Varga és Oldal 1997).

A mohák változatos táplálékforrást biztosítanak a bennük élő állati szervezetek számára. Az itt élő herbivor és szaprofág szervezetek élő és elhalt mohaszöveteket, a mohák mikrobiotáját és detrituszt egyaránt fogyaszthatnak. A nehézfémek felvétele a mohákban időszakosan előforduló

* A munka az OTKA F 034665 sz. projekt támogatásával készült.

**¹ Eszterházy Károly Főiskola, TTK Eger, Leányka u. 6.

² Szent István Egyetem, Gödöllő, Páter Károly út 1.

invertebráták esetében elsősorban a táplálék elfogyasztásával történik, de valószínűsíthető, hogy néhány mohalakó gerinctelen esetében a test felszínén keresztül is lehetséges nehézfémfelvétel (Ireland, 1979, 1983; Paoletti és Bertonecello, 1985; Jansen et al. 1993.). Az ízeltlábúak (Crustacea, Araneida) testét borító kitinre keresztül megvalósuló nehézfém-abszorpcióra (Zn, Pb, Cd) vonatkozóan is vannak kísérleti adatok (Krantz-Rulcker et al. 1995., Varga et al. 2004), amelyek arra hívják fel a figyelmet, hogy a testüket borító kitinrétegen keresztül is képesek nehézfémeket absorbeálni. A mohákban élő invertebráták eltérő trofikus szinteken (közvetlen vagy közvetett formában) reagálnak a légkörszennyezésből származó nehézfém-akkumuláció okozta stresszre. A mohákban felhalmozódott nehézfémek kifejthetik hatásukat a mohákra épülő tápláléklánc egyes kompartmentjein (herbivora, detritivora, predátor stb.) keresztül, de továbbadhatnak és beépülhetnek más, mohákon kívüli táplálékláncokba is. A mohák felületén megtapadó, szálló porhoz kötött nehézfémeket a mohák felületi abszorpcióval veszik fel és halmozzák fel testükben. A mohapárnák időszakonként nagy mennyiségben tartalmaznak vizet, így a rájuk rakódó por (és ennek ólomtartalma), vízben elkeveredve (és oldódva), oldat formájában veszi körül a mohákban élő szervezeteket. A testfelületen megvalósuló nehézfém-abszorpció elvileg ilyen formában is végbemehet a mohákban élőforduló invertebráták esetében.

Anyag és módszer

Szarvaskő (Bükk-hegység, Magyarország) területéről, *Tortella tortuosa* mohafajból gyűjtött hollyvák nehézfémfelhamozásának elemzéséhez a *Stenus erichsoni* Rey, *Stenus bimaculatus* Gyll., *Stenus cicindeloides* Schall. és a *Gabrius femoralis* Hochuth. hollyvafajokat használtuk fel. Azért volt szükség több faj alkalmazására, mert a gyűjtőhelyekről a kísérlethez szükséges mennyiségben azonos faj nem állt rendelkezésre. A kísérlet során a szervezetükben már korábban felhalmozódott ólomeloszlását vizsgáltuk röntgen radiográfiás eljárással. Ehhez a sugárforrás Liliput 140 készüléket (Medicor) használtuk, amit 30 kV gyorsító feszültségre és 1, 5 mA áramerősségre állítottunk be BALASKÓ-SVÁB et al. (1994). A méréshez speciálisan kialakított alumínium mintatartóra rögzítettük az elölt egyedeket. A minta mögötti sugárzás-eloszlási kép („radiográfiai image”) speciális filmen (StructurX-D7) alakult ki. A felvételeket ezt követően – sajátosan a rendszerünkre adaptált és kifejlesztett – képelemző programmal (Quantel, Iman 2 β version) elemeztük (BALASKÓ-KÖRÖSI et al., 1999). A feldolgozáskor a röntgen radiográfiás felvételeken az egyes koncentráció tartományokat kifejezésre juttató szűrkeségi értékeket elemezzük: 0-255 intenzitás-tartományban, ahol 0 a

fekete, 255 a fehér. A standard filmelőhívási eljárás után, a filmet elemezve, a képen a fehér és világos szürke színek a nagyobb, a sötétedő szürke színek, az alacsonyabb koncentrációt jelezik. A méréseket a Budapesti 10 MW VVR-SM Kutatóreaktor Dinamikus Radiográfiai állomásán dolgoztuk fel.

Vizsgálati eredmények

A mohapárnákból származó holyvák igen jó lehetőséget adtak a testükben található ólom eloszlásának felderítésére, és az ólom szervezetükbe jutásának lehetséges módjainak feltárására is. A holyvák a módszer alkalmazhatóságának (a szükséges képfelbontásnak) megfelelően nagy testmértűek, illetve a korábbi vizsgálatokban nagy ólomakkumulációs tulajdonságuk volt megállapítható. A röntgensugárral végzett átvilágítás során az 1. ábrán látható radiogramot kaptuk. A képet elemezve a világosabb foltok nagyobb ólomkoncentrációra utalnak. Ez jól tanulmányozható a 2. ábrán is, amely a koncentráció-változás felületi diagramját tünteti fel, és melyen jól elkülönülő felhalmozási csúcsok figyelhetők meg a holyva testében.

A 3. ábrán sötét foltok jelölik az ólomfelhalmozódást a holyva szervezetében. Az izoeloszlás és a nehézfém felhalmozódási pontjainak a kiértékelésére, a koncentráció tartományokat csökkenő formában is feltüntető képek adnak részletesebb lehetőséget. A jobboldali képeken az izoeloszlást – az azonos koncentrációjú helyeket – jelölik a sötét pontok. A baloldali ábrákon a nehézfémfelhalmozódás magjai vannak jelölve, melyeket fraktálemzéssel határoztunk meg. Az azonos koncentráció tartományokhoz tartozó bal – és jobboldali képek információtartalma kölcsönösen kiegészíti egymást.

A nagy koncentrációtartományokhoz tartozó 1–3. baloldali képeken, a sötét pontok a felhalmozódási magokat jelölik, láthatóan a feji szakaszban lokalizálódva, az agydúc területén. Az egymás alatt elhelyezkedő (fedésben lévő) szervek ólomtartalmának röntgensugár elnyelése összegződik, ez jól megfigyelhető az ólomkoncentráció eloszlását térben ábrázoló képen is. Emiatt, teljes bizonyossággal azonosítani nem lehet az adott koncentrációhoz tartozó szerveket. A holyva anatómiai felépítésére alapozva, azonban feltételezhető, hogy a 4–5. képen a potrohban látható sötét foltok által jelölt szervek: a legyező izmok, *parietális* és *viscerális* zsírtestek, és kisebb valószínűséggel a hasi idegdúcok.

A 4–6. jobboldali képen látható, hogy az előtor (prothorax) és a fej izesülésének szakaszán határozottabb, a fejen a csápok izesülésénél, valamint a potroh fedőszárnyakkal nem fedett területén, kisebb mértékű abszorpció figyelhető meg. Szembetűnik azonban, hogy a fejtető valamint, a tor előháti (prnotum) szakaszának és fedőszárnyaknak testet borítóénál, vastagabb kitértege az oldatban lévő ólom abszorpcióját nem teszi lehetővé.

A jobboldali 6-7. képen jól látható, hogy a holyva testszegélyein és a test *dorsalis* tájain, abszorbeálódott az ólom. Az abszorbeálódást az valószínűsíti, hogy nem vékony felületi vonalként (felületi lerakódás) jelentkezik a képen az ólom, hanem az azonos koncentráció értéket jelölő sötét sávoknak mélysége is van. Jól kirajzolódnak az egyes testtájak: a fej, a tor és a potroh egymáshoz ízesülése, a hátoldalon fedőszárnyak illeszkedési vonala. A potroh hátlemezeinek és oldallemezeinek ízesülési szakaszai is kivehetők. Néhány ponton jól felismerhetők a potrohon elhelyezkedő légnyílások is. Az ábrát áttekintve megállapítható, hogy a felületi abszorpció a testet borító kitinrétegen keresztül nem túlzottan hatékony (de kimutatható!) és, hogy a stigmák nyílásain keresztül az ólom csak kis mennyiségben juthat be az állat szervezetébe.

Megvitatás

A röntgen radiográfias vizsgálatok alapján megállapítható volt, hogy kisebb mértékben lehetséges felületi abszorpcióval is nehézfémfelvétel a mohákhoz kötődő rovarok esetében, amelyre a holyvák vizsgálata során tapasztaltak is következtetni engednek. A szervezetükben kimutatható ólom mennyiség nagyobb részét azonban a táplálékkal elfogyasztását követő ólomakumuláció eredményezi. A mohákban akkumulálódott ólom a mohákra épülő tápláléklánc különböző trofikus szintjeire tovább adódik (VARGA et OLDAL, 1997). A mohákban élő invertebrátákban felhalmozódott ólom mennyiségnek, a nagyobb hányada a táplálékkal kerül be szervezetükbe. Kisebb mértékben azonban felületi abszorpcióval is lehetséges nehézfémfelvétel a mohákhoz kötődő rovaroknál, ahogy ezt korábbi vizsgálatunkban, mohából feltárt pókok kadmium felhalmozódását neutron radiográfias módszerrel elemezve megállapítottuk. A kadmium is alapvetően a táplálékkal juthatott be pókok szervezetébe, mivel azoknak is a belső szerveiben halmozódott fel (VARGA et al., 2004), mint ahogy ezt jelen munkánk során a holyvák ólomfelhalmozásánál megfigyelhettük.

Röntgen radiográfias eljárással ugyan viszonylag jól be lehetett határolni az ólomfelhalmozás által érintett területeket, de az egyes a szervek akkumulációjának az elemzése csak hisztológiai és hisztokémiai metodikákkal valósítható meg. Ezek a vizsgálatok deríthetnek fényt azokra a fiziológiai és a szöveti szerkezetben bekövetkező változásokra, amelyeket az egyes nehézfémek okoznak.

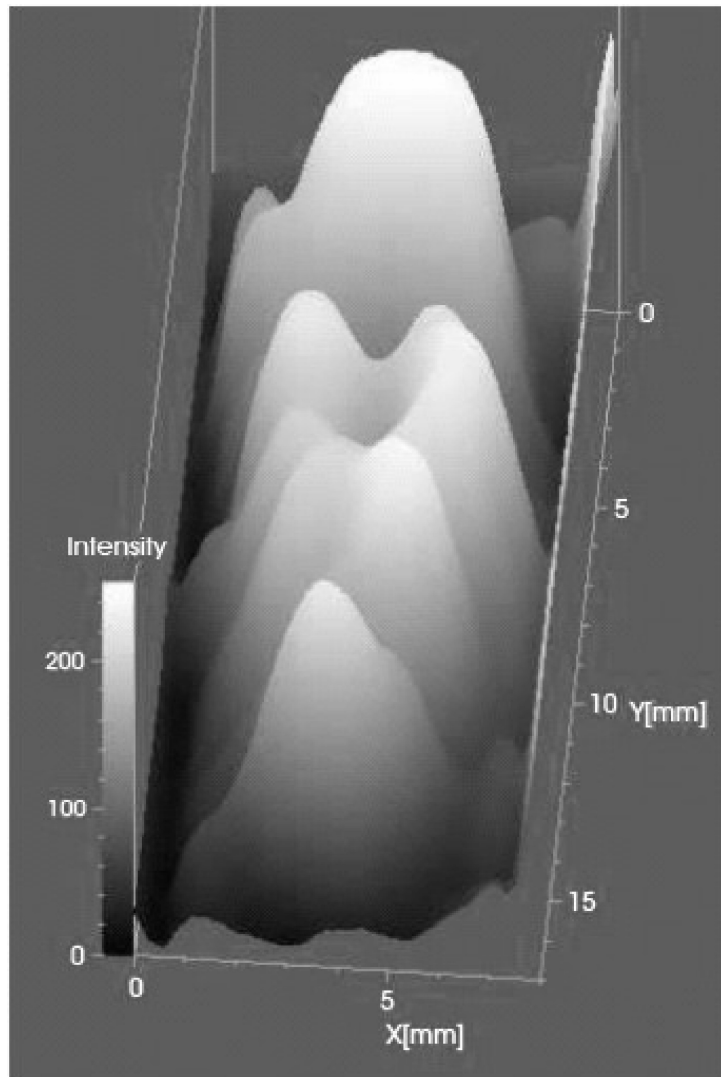
Feji vég



Farki vég

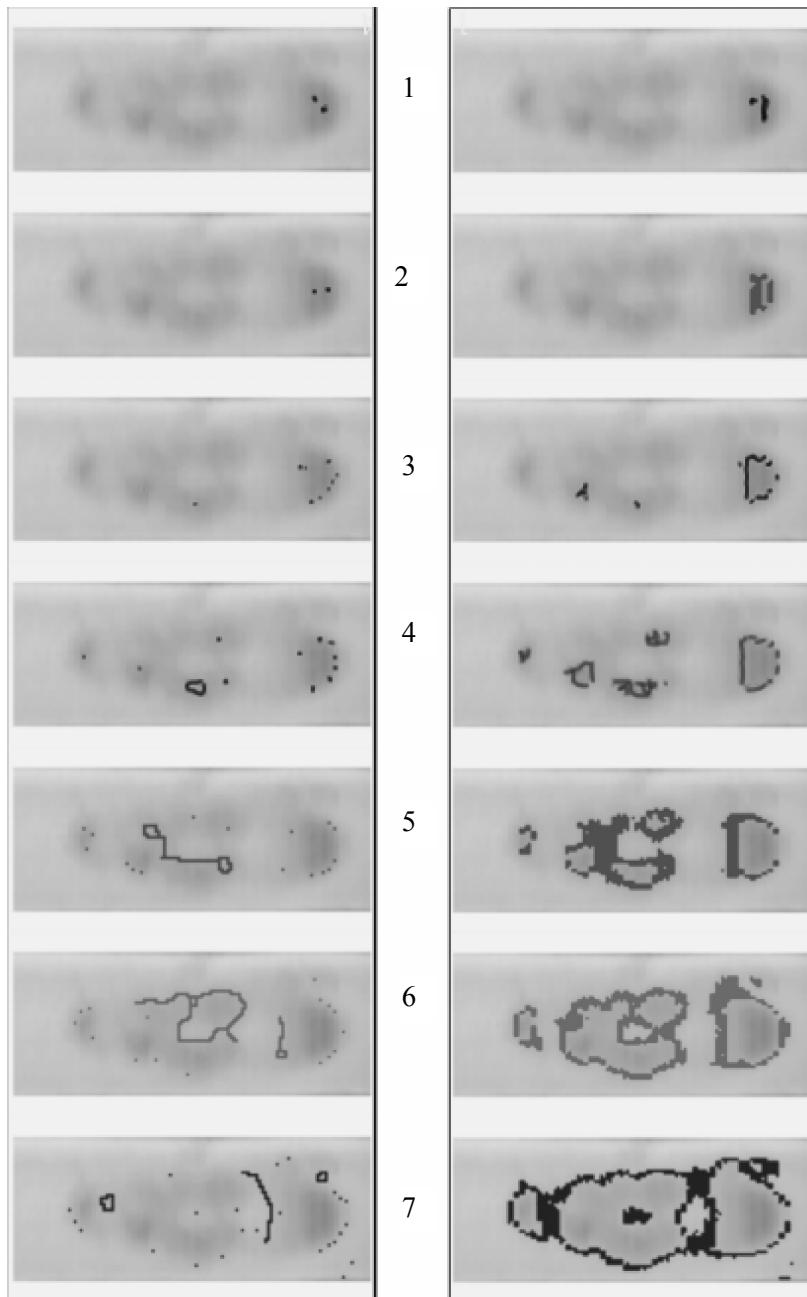
1. ábra: A holyva testének radiogramja

Feji vég



Farki vég

2. ábra: A sugárelnyelés intenzitása a test különböző tájain.



3. ábra: Az ólomkoncentráció alakulása holyva testében
(a koncentráció fentről lefelé csökken)

Irodalom:

- BALASKÓ, M., SVÁB, E., CSERHÁTI, I., OZSVÁRI, F., OLÁH, J. (1994): Applications of dynamic neutron and gamma radiography at the Budapest Research Reactor. *Acta Phys. Hun.* **75**, 227–230.
- BALASKÓ, M., KÖRÖSI, F., SVÁB, E., EÖRDÖGH I. (1999): A novel type Epitermic Neutron Radiography detecting and imaging system Nuclear Instruments and Methods in *Physics Research Elsevier*, A **424**, (1), 263–269.
- IRELAND, M. P. (1979): Metal accumulation by the earthworm *Lumbricus rubellus*, *Dendrobaena veneta* an *Eiseniella tetraedra* living in heavy metal polluted sites. *Environ. Pollut.*, **19**: 201–206.
- IRELAND, M. P. (1983): Heavy metal uptake and tissue distribution in earthworms. In: J. E. Saichell (editor), *Earthworm Ecology*, Chapman, pp. 247–266.
- JANSEN, MP. M. and R. F. HOGERVORST (1993), Metal accumulation in soil arthropods in relation to micro-nutrients. *Environ. Pollut.* **79**, 181–189.
- KÖRÖSI, F., BALASKÓ, M., SVÁB, E. (1998): Water uptake, distribution and accumulation as determined by dynamic radiography during germination of bean seed p.116. Budapest Neutron Centre, Progress Report on the activities at the Budapest Research Reactor. 1993–1997.
- KÖRÖSI, F., BALASKÓ, M., SVÁB, E. (1999a) A distribution pattern of cadmium, gadolinium and samarium in *Phaseolus vulgaris* plants as assessed by dynamic neutron radiography *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Elsevier*, A **421**,(1), 129–135.
- KÖRÖSI, F., BALASKÓ, M., SVÁB, E. (1999b) Gadolinium Transport and Distribution in Bean Tissues Studied by Dynamic Neutron Radiography pp. 120–121. Osaka, Japan, May 17–21, 1999. The Sixth World Conference on Neutron Radiography. Abstract of the sixth WCNR final program.
- MARKERT, B., WECKERT, V. (1994): Higher lead concentrations in the environment of former West Germany after the fall of the Berlin Wall.
- PAOLETTI M. G. and BERTONCELLO, (1985): Side effects of fungicide residues (Cu, Zn) on soil invertebrates in vineyard and meadow agrosystem in North East Italy. FAO Co-operative Network on pesticide with special reference to their impact on the environment. Versailles, 4–7 June 1984. Behavior and side effects of pesticides in soil. In: M. Hascoet, Schuepp H. and E. Steen (Editors), *Colloq. INRA*, 31: 233–254.
- KRANTZ–RULCKER C, FRANDBERG, E, SCHNURER, J. (1995): Metal loading and enzymatic degradation of fungal cell walls and chitin. *Biometals*, **8**, (1): 12–18.
- PAOLETTI, M. G. (1988): Soil invertebrates in cultivated and uncultivated soils in northeastern Italy. *Redia*, **71**: 501–563.
- PAOLETTI, M. G., FAVRETTO, M. R., STINNER, B. R., PURRINGTON, F. F. and BATER, J. E. (1991): Invertebrates as bioindicators of soil use. *Agricultura, Ecosystems and Environment*, **34**, 341–362.
- PAOLETTI M. G. and BERTONCELLO, (1985): Side effects of fungicide residues (Cu, Zn) on soil invertebrates in vineyard and meadow agrosystem in North East Italy. FAO Co-operative Network on pesticide with special reference to their

- impact on the environment. Versailles, 4-7 June 1984. Behavior and side effects of pesticides in soil. In: M. Hascoet, Schuepp H. and E. Steen (Editors), Colloq. INRA, 31: 233–254.
- RAO, D. (1982): Responses of Bryophytes to air pollution. *Bryophyte Ecology*. pp. 445-471. Chapman and Hall London-New York
- RAEYMAKERS, G., GLIME, J. M. (1986): Effects of simulated acidic rain and lead interaction on the phenology and chlorophyll content of *Pleurozium schreberi* (Bird). *Mitt. Journ. Hattori Bot. Lab.* 61: pp. 525–541.
- TAODA, H. (1972): Mapping of atmospheric pollution in Tokyo based upon epiphytic bryophytes. *Jap. J. Ecol* **22**: pp. 125–133.
- VARGA, J. (1992): Analysis of the fauna of protected moss species. *Biological Conservation, Elsevier* **59**, 171–173.
- VARGA, J.–OLDAL V. (1997): A légkörszennyezés hatása a mohák állatközösségére. *Acta Acad. Paed. Agr. Nova Series Tom. XXII. Sectio Zoologica* p.83–92.
- VARGA, J, KÖRÖSI, F., MÁRTON BALASKÓ, NAÁR, Z. (2004): Assessing cadmium distribution applying neutron radiography in moss trophical levels, located in Szarvaskő, Hungary. *Applied Radiation and Isotopes*, 61: 647–651.