



## V. ÖKOTOXIKOLÓGIAI KONFERENCIA

### előadás és poszter kötete

A konferencia helye  
Fodor József előadóterem, Országos Kémiai Biztonsági Intézet  
1097 Budapest, Nagyváradi tér 2.

Időpontja  
2015. november 20. (péntek) 9:00-17:30

A konferencia szervezői  
*Darvas Béla, Major Jenő és Simon Gergely*



Vízi állatház a NAIK AKK-ban – fotó: Pasaréti Gyula<sup>©</sup>

A konferenciakötet főszerkesztője  
***Darvas Béla***

A konferenciakötet szerkesztő bizottságának tagjai  
*Bakonyi Gábor, Biró Borbála, Major Jenő, Mörtl Mária*  
*és Vehovszky Ágnes*

**ISBN 978-963-89452-5-9**

Kiadó  
***Magyar Ökotoxikológiai Társaság***

Budapest  
2015

## TARTALOMJEGYZÉK

<b>Baka Erzsébet, Krifaton Csilla, Risa Anita, Kriszt Balázs és Kukolya József</b> – Különböző citokróm P450 enzimet alkalmazó genotoxicitási teszt összehasonlítása aflatoxin és származékainak vizsgálata során	5
<b>Bakonyi Gábor és Szabó Borbála</b> – Epigenetikai kihívások az ökotoxikológiában	6
<b>Balázs Adrienn, Kriszt Balázs, Orosz Ivett, Szoboszlai Sándor, Kovács Róbert, Csenki Zsolt, Urbányi Béla és Krifaton Csilla</b> – A benzofenon-3 káros hatásai és biotransformációs lehetőségei	7
<b>Biró Borbála és Beczner Judit</b> – Tartós szennyvíziszap-terheltség hatásainak és korlátainak predikciója talaj-növénybiológiai és toxikológiai modellvizsgálatokkal	8
<b>Czakó-Vér Klára, Sipeky Csilla és Árvay Gyula</b> – Növekvő nehézfém dózisok hatóidő-függő vizsgálata talajmodellel dehidrogenáz és foszfatáz enzimaktivitás mérési tesztekkel	10
<b>Darvas Béla, Pasaréti Gyula, Cséffán Tamás, Gyurcsó Gergő, Vajdovich Péter, Szabó Bernadett, Baska Ferenc, Simon László, Bánáti Hajnalka, Takács Eszter, Klátyik Szandra, Fejes Ágnes, Juracsek Judit, Magyarósy Balázs, Ardó László és Székács András</b> – Egy- és háromhónapos takarmányozási kísérlet MON 810 és DAS-59122 GM-táppal amuron (Ctenopharyngodon idella) – [N <sup>o</sup> 1] tömegmérés és vérvégzés	11
<b>Domonkos Mónika, Kocsis Tamás, Kiss Endre és Biró Borbála</b> – Talaj- levegő-szennyezettségi indikátorok és monitorozás egy ipari város különböző területein	12
<b>Farkas Anna, Vehovszky Ágnes, Győri János és Ács András</b> – Dreissena kagylófajok környezeti stresszel szembeni tolerancia vizsgálata a balatonon	14
<b>Gruiz Katalin, Meggyes Tamás és Fenyvesi Éva</b> – Környezettoxológia a mérnöki gyakorlatban	15
<b>Kiss Lola Virág, Hrác Krisztina, Nagy Péter István és Seres Anikó</b> – Különböző szemcseméretű cink-oxid hatása talajlakó ugróvillás és fonálféreg testszervezetekre	16
<b>Kláttyik Szandra, Földi Angéla, Ács Éva, Cséffán Tamás, Pasaréti Gyula, Mörthl Mária, Takács Eszter, Bohus Péter, Székács András és Darvas</b>	

- Béla** – Balatoni és dunai biofilmek (kék-, zöld-, kovaalga) reakciója roundup készítményre és összetevőire (glyphosate, POEA) \_\_\_\_\_ 17
- Kocsis Tamás, Kotroczó Zsolt, Szalai Zita és Biró Borbála** – A bioszén és bioeffektor felhasználás dózis- és talajfüggő hatásai \_\_\_\_\_ 19
- Kovács Róbert, Bakos Katalin, Reining Márta, Appl Ádám, Gazsi Gyöngyi, Vera Garaj-Vrhovac, Ferincz Árpád, Horváth Ákos, Csenki Zsolt, Metka Filipic és Urbányi Béla** – Különböző anti-neoplasztikus gyógyszer molekulák rövid és hosszú távú hatásának vizsgálata zebradánió (*Danio rerio*) modellen \_\_\_\_\_ 20
- Kövesi Benjámín, Pelyhe Csilla, Kovács Balázs, Mézes Miklós és Balogh Krisztián** – T-2 toxin és deoxinivalenol terhelés rövidtávú hatása a gpx4 gének expressziójára ponty fajban (*Cyprinus carpio*) \_\_\_\_\_ 21
- Makádi Marianna, Aranyos Tibor, Demeter Ibolya, Fehér Bernadett és Tomócsik Attila** – Invertáz és kataláz aktivitás kapcsolata a talaj toxikus elemtartalmával 11 évi rendszeres szennyvíziszap komposzt alkalmazás után \_\_\_\_\_ 23
- Mörtl Mária, Juracsek Judit, Magor Csilla, Darvas Béla, Vehovszky Ágnes, Győri János és Székács András** – Thiacloprid felszívódása és megjelenése a kukorica guttációs foliadékában \_\_\_\_\_ 24
- Murányi Attila, Erdélyi Attila, Kontra Jenő, Várfalvi János, Magyar Tamás és Fajtli József** – Települési szilárd hulladéklerakó működésének jellemzése környezeti szempontból \_\_\_\_\_ 25
- Nechay Erzsébet, Simon László, Gyurcsó Gergő és Darvas Béla** – Az 1962 és 2014 között hazánkban alkalmazott zoocid hatóanyagok akut toxicitása [N<sup>o</sup>4] \_\_\_\_\_ 26
- Ottucsák Marianna, Takács Eszter, Klátyik Szandra, Darvas Béla és Székács András** – A környezet- és élelmiszer-biztonsági kockázatok súlyozása a glyphosate gyomirtó-hatóanyag és adjuvánsai példáján 28
- Papp Dalma, Harangi Sándor, Baranyai Edina, Tóthmérész Béla és Simon Edina** – Laboratóriumi módszerfejlesztés az urbanizáció hatásának hatékonyabb vizsgálatához az ízeltlábúak mikroelem összetétele alapján \_\_\_\_\_ 29
- Pelyhe Csilla, Kövesi Benjámín, Zándoki Erika, Kovács Balázs, Mézes Miklós és Balogh Krisztián** – Ochratoxin a és fumonizin B1 terhelés rövidtávú hatása a gpx4 gének expressziójára ponty fajban (*Cyprinus carpio*) \_\_\_\_\_ 31

<b>Pethő Ágnes, Bleicher Edit, Repkényi Zoltán és Dienes Dóra – Vízi monitorozásra javasolt növényvédőszer-hatóanyagok</b>	<b>32</b>
<b>Sebők Flóra, Dobolyi Csaba, Zágoni Dóra, Risa Anita, Krifaton Csilla, Hartman Mátyás, Cserhádi Mátyás, Szoboszlai Sándor és Kriszt Balázs – Aflatoxintermelő Aspergillus flavus és Aspergillus parasiticus törzsek jelenléte Magyarországon</b>	<b>33</b>
<b>Simon Gergely – Környezetanalitikai vizsgálatok a Budapesti Vegyiművek volt Illatos úti telephelye környékén</b>	<b>34</b>
<b>Szabó István, Zanker Angéla, Pentelényi Klára és Kriszt Balázs – Hazai anyatej minták aflatoxin M1 tartalmának vizsgálata</b>	<b>36</b>
<b>Szélig Bence, Nyisztor Zolt, Fekete Csaba, Gazdag Zoltán és Papp Gábor – A patulin citotoxikus hatásának csökkentése gyümölcslemben</b>	<b>37</b>
<b>Székács András, Mörtl Mária és Darvas Béla – Növényvédőszer-maradékok hazai felszíni vizekben: az elmúlt 25 év</b>	<b>38</b>
<b>Tóth Gergő, Háhn Judit, Kriszt Balázs, Krifaton Csilla, Radó Júlia és Szoboszlai Sándor – Gyomirtószer-hatóanyagok és biodegradációs maradékanyagaik citotoxicitásának vizsgálata</b>	<b>39</b>
<b>D. Tóth Márta, Kovacsics-Vári Gergely és Béni Áron – A környezetszennyezés és a parlagfű (Ambrosia artemisiifolia) pollen morfológiai és Amb a1 mennyiségi változásának kapcsolata</b>	<b>41</b>
<b>Vehovszky Ágnes, Farkas Anna, Székács András, Mörtl Mária, Csikós Vivien és Győri János – Neonikotinoid rovarölő szerek hatásai egy puhatestű modellszervezet (Lymnaea stagnalis) idegrendszeri folyamataiban</b>	<b>42</b>
<b>Index</b>	<b>44</b>

Adója társadalmi célra jutó 1%-át ajánlja fel a  
**Magyar Ökotoxikológiai Társaság Egyesületnek**  
 A kedvezményezett adószáma: **18220069-1-41**

## KÜLÖNBÖZŐ CITOKRÓM P450 ENZIMET ALKALMAZÓ GENOTOXITÁSI TESZT ÖSSZEHASONLÍTÁSA AFLATOXIN ÉS SZÁRMAZÉKAINAK VIZSGÁLATA SORÁN<sup>1</sup>

Baka Erzsébet,<sup>a</sup> Krifaton Csilla,<sup>b</sup> Risa Anita,<sup>b</sup> Kriszt Balázs<sup>b</sup> és Kukolya József<sup>a</sup>

<sup>a</sup> NAIK-AKK, Környezeti és Alkalmazott Mikrobiológiai Osztály, Budapest; <sup>b</sup> SZIE-MKK, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Környezetbiztonsági és Környezettoxikológiai Tanszék, Gödöllő

Az aflatoxin és származékai penészgombák másodlagos anyagcseretermékei, melyek káros biológiai hatását gerinces állatokon és az emberen is publikációk százai mutatták ki. Az aflatoxin-B1 (AFB1) genotoxikus hatását egy reaktív intermedieren (AFB1 8,9-epoxid) fejtí ki, mely a citokróm P450-es enzim reakciója során alakul ki az eredeti mikotoxinból. Az aflatoxin és származékainak vizsgálata analitikai, immunokémiai és biológiai módszerekkel kiemelkedő fontosságú napjainkban. Munkánk célja három mikotoxin- vizsgálatára alkalmas biomonitorozási teszt összehasonlítása volt azok érzékenysége szempontjából AFB1, aflatoxin-M1 (AFM1) és szterigmatocisztin toxinokra nézve.

Elsőként kolorimetriás mérésen alapuló *SOS-Chromo* teszt módszert alkalmaztunk, mely az *Escherichia coli* K12-es vad típusának PQ37-es mutáns törzsét alkalmazza genotoxikus hatás detektálására. Genotoxikus anyag hatására a sejtekben található és az *sfia* gén szabályozása alatt álló *SOS repair* rendszer aktivizálódik. Az *sfia* génszakasz irányítása alá vonták a  $\beta$ -galaktozidáz termelésért felelős *lacZ* gént, aminek következtében mutagén anyag hatására mindkét gén egyszerre expresszálódik. Az *SOS-Chromo* teszt során S9 patkánymáj-kivonatot adtunk a mintához, mely citokróm P450-es enzimeket tartalmaz, így alkalmas a mikotoxin metabolikus aktiválására és a toxinok indirekt hatásának a vizsgálatára.

Ezzel párhuzamosan teszteltük az *SOS-ExpressTest*<sup>TM</sup> törzset, mely szintén a PQ37-es *E. coli* törzset alkalmazza, de a sejtekben folyamatosan termelődik a humán P450 1A2 citokróm enzim, mely képes a toxin metabolikus aktiválására.

Vizsgálatokat végeztünk el a biolumineszcencián alapuló *SWITCH* (*Salmonella Weighting of Induced Toxicity Cyto/GenoTox for Human Health*) teszttel, mely a *Salmonella typhimurium* TA1535 törzset alkalmazza. Ebben a törzsből egy plazmidon kódolt *lux* operon található meg a *Photobacterium leiognathi* törzsből, mely az *SOS-promoter* kontrollja alatt áll. Ezen vizsgálatok során is S9 patkánymáj kivonatot alkalmaztunk.



<sup>1</sup> A szerzők köszönetüket fejezik ki *SWITCH* törzsért (Petra Rettberg), az *Environmental SOS-ExpressTest*<sup>TM</sup> törzsért (*Bio-Detection Products Inc.*). A munka a Kutató kari Támogatás 9878/2015/FEKUT, a KTIA-AIK\_12-1-2013-0017 és az OTKA K116631-es pályázatok támogatásával készült.

A mutagén kezeléssel provokált patkánymáj-enzimekkel végzett kísérletek során a mikotoxinokat alacsonyabb koncentrációban tudtuk detektálni, mint a humán citokróm kezeléssel. Az AFB1 esetében a kolorimetrián alapuló módszerek (*SOS-Chromo* és *SOS-ExpressTest<sup>TM</sup>*) bizonyultak érzékenyebbnak, míg az AFM1 és szterigmatocisztin vizsgálatánál a biolumineszcianán alapuló teszt (*SWITCH*) esetében tudunk alacsonyabb koncentrációkat detektálni.

**Kulcsszavak:** Baka Erzsébet, Krifaton Csilla, Risa Anita, Kriszt Balázs, Kukolya József, aflatoxin, szterigmatocisztin, citokróm, genotoxicitás

\*

## EPIGENETIKAI KIHÍVÁSOK AZ ÖKOTOXIKOLÓGIÁBAN

**Bakonyi Gábor és Szabó Borbála**

Szent István Egyetem, Állattani és Állatökológiai Tanszék, Gödöllő

Különböző xenobiotikumok egyre nagyobb mennyiségben és egyre hosszabb ideig tartózkodnak a környezetünkben. Emiatt hosszú távú hatásaikkal egyre komolyabban kell foglalkozni. A hosszú távú hatásokra vonatkozó vizsgálatok, illetve az ezekre alapozott hatósági előírások azonban még igencsak kezdetlegesek.

A xenobiotikumok multigenerációs és a transzgenerációs hosszú távú hatásait a legtöbb esetben nem, vagy kevéssé ismerjük. Multigenerációs hatásról beszélünk, amikor a hatás folyamatosan éri az egymást követő generációkat, így az egymást követő populációk vannak kitéve az adott terhelésnek. Előfordul ugyanakkor, hogy egy xenobiotikum hatása éri a szülőgenerációt és ez tovább adódik az utódpopulációkra és érvényesül is az utódokban anélkül, hogy azokat érte volna a szer. A kiváltott változás stabil, utódgenerációk során át érvényesül. Ezt a jelenséget nevezzük transzgenerációs hatásnak. A transzgenerációs hatások epigenetikai hátterének feltárását sürgető feladatnak tartják az ökotoxikológiában.<sup>2</sup>

Az epigenetika azokkal a kromoszómákhoz kötött mechanizmusokkal és öröklődés formákkal foglalkozik, amelyek nem járnak a DNS szekvencia megváltozásával, de a génexpresszió során változások lépnek fel és ezek a változások öröklődnek is. Számos adat gyűlt már össze arról, hogy az epigenetikai jelenségek fontos szerepet játszanak az öröklésben.

Az epigenetikus öröklés során megfigyelhető fontosabb, eddig alaposan vizsgált jelenségeket vesszük sorba a következőkben.

A transzkripció legfontosabb jelenségei: (a) DNS metiláció: a DNS citozin-guanin bázisaihoz metilgyökök kötődnek és fajtól függően gátolják vagy serkentik a transzkripciót. A kötődés mintázata jellegzetes. (b) Hiszton modifikáció: a nukleoszómát alkotó hisztonfehérjék farki részének módosulása befolyásolja a kromatin spiralizációját, ezzel géneket elérhetővé vagy épp elérhetetlenné téve a transzkripció enzimek számára.

<sup>2</sup> Vandegehuchte, M. B. & Janssen, C. R. (2014) *Mutation Res./Genetic Toxicol. Environ. Mutagen.* **764**: 36-45.

A transláció legfontosabb jelensége az, amikor mikro-RNS kapcsolódik az mRNS-hez és így gátolja az mRNS *turnover*-t. Változás jön létre a génexpresszió finom-hangolásában. A kromatinstruktúrában bekövetkező változások a kromoszómák telomerjeire is hatással vannak. A telomera nélküli kromoszómák hajlamosak a fúzióra. Mindezek a jelenségek xenobiotikumok hatására is bekövetkeznek. Jelentőségük, elterjedtségük és hatásuk az ökotoxikológiában azonban kevésbé ismert.

Az epigenetikai jelenségek figyelembe vétele a következő ökotoxikológiai következményekkel járhat:

(i) Környezeti hatásbecsléskor a hatás időtartamának kiterjesztése válik szükségessé.

(ii) A dózis-hatás vizsgálata során az ok és az okozat kapcsolata időben szétválik.

(iii) Ismeretlen ökotoxikológiai eseményt a következmények alapján detektálhatunk.

(iv) Stressz-rezisztencia alakul ki.

Mindezeket a jelenségeket a környezeti kockázatbecslés során szükségesnek látszik fokozottan figyelembe venni.

**Kulcsszavak:** Bakonyi Gábor, Szabó Borbála, epigenetika, multigenerációs hatás, transzgenerációs hatás, környezeti kockázatbecslés

\*

## A BENZOFENON-3 KÁROS HATÁSAI ÉS BIODETOXIFIKÁCIÓS LEHETŐSÉGEI<sup>3</sup>

Balázs Adrienn,<sup>a</sup> Kriszt Balázs,<sup>a</sup> Orosz Ivett,<sup>a</sup> Szoboszlai Sándor,<sup>a</sup> Kovács Róbert,<sup>b</sup> Csenki Zsolt,<sup>b</sup> Urbányi Béla<sup>b</sup> és Krifaton Csilla<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Környezetbiztonsági és Környezettóxicológiai Tanszék, Gödöllő; <sup>b</sup> Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Halgazdálkodási Tanszék, Gödöllő

A benzofenon-3 (*BP-3*) szerves UV-szűrő vegyület, melyet széles körben alkalmaznak naptejekben, kozmetikumokban, illetve polimer alapú termékekben. A *BP-3* jelenlétét igazolták felszíni vizekben, illetve kimutatták halak zsírszövetében és anyatejben is. A *BP-3 in vitro* vizsgálatok során hormonmoduláns hatásának bizonyult, továbbá hatására vitellogenin-szint emelkedést tapasztaltak halakban.

A *BP-3* környezeti jelenléte aggodalomra adhat okot, így célunk volt a *BP-3* hormonmoduláns és sejttoxikus hatásának vizsgálata biolumineszcens *Saccharomyces cerevisiae* törzsekkel, valamint a sejttoxikus hatást célunk volt standard vízi tesztszervezetekkel is igazolni. További célunk volt olyan eljárás

<sup>3</sup> A munkát a KTIA-AIK-12-1-2013-0017 pályázat és a Kutató Kari Kiválósági Támogatás – 9878/2015/FEKUT tette lehetővé. Krifaton Csilla kutatásait az MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatta. Köszönet a BLYES, BLYAS és BLYR tesztszervezetekért a *The University of Tennessee* (Knoxville, Tennessee) munkatársainak.

kidolgozása, mely lehetővé teszi e vegyület mikrobiális biodetoxifikációjának megvalósítását laboratóriumi körülmények között.

A *Saccharomyces cerevisiae* BLYES törzssel az ösztrogén és antiösztrogén, a BLYAS törzssel az androgén és antiandrogén, míg a BLYR törzssel a sejttoxikus hatást vizsgáltuk.<sup>4,5</sup> E tesztek során a BP-3 ösztrogén, antiandrogén és sejttoxikus hatásának bizonyult. A sejttoxikus hatást *Aliivibrio fischeri* tesztszervezettel vizsgáltuk tovább (3,65E-02 és 2,28E-03 mM között), melyre a BP-3 szintén toxikusnak bizonyult. Zebradánió (*Danio rerio*) embrió tesztben a BP-3 1,10E-01 és 4,38E-03 mM tartomány között koncentrációfüggő módon csökkentette az embriók túlélését és a kelési sikert, továbbá növelte a torz farkú és úszóhólyag nélküli embriók számát. Ezenkívül egyes embriókon állkapocs deformáció és ödémák is megfigyelhetők voltak. A biodetoxifikációs kísérlethez szükséges kiindulási BP-3 koncentráció oldódási problémák miatt módszerfejlesztést igényelt. A kívánt (2,19E-01 mM) BP-3 koncentrációt  $\beta$ -ciklodextrin (1,76 mM) alkalmazásával sikerült beállítanunk. A biodetoxifikációs kísérlethez öt *Rhodococcus* típus-törzset (*R. ruber* JCM 3205, *R. rhodochrous* JCM 3202, *R. pyridinivorans* JCM 10940, *R. maanstanensis* JCM 11374 és *R. aetherivorans* JCM 14343) választottunk ki, melyek 3 nap alatt csökkentették az antiandrogén hatást, míg a sejttoxikus hatást sikerült teljesen megszüntetniük.

A környezeti koncentrációk bár alatta maradnak a vizsgált tartománynak, de a módszer finomításával a gyakorlatban alkalmazható eljárást lehet kifejleszteni. Tudományos szempontból fontos, hogy először sikerült toxikus hatást kimutatnunk BP-3 esetében egy magasabb rendű tesztszervezeten.

**Kulcsszavak:** Balázs Adrienn, Kriszt Balázs, Orosz Ivett, Kovács Róbert, Krifaton Csilla, benzofenon-3, biodetoxifikáció, antiandrogén, sejttoxicitás, *Danio rerio*

\*

## TARTÓS SZENNYVÍZISZAP-TERHELTSÉG HATÁSAINAK ÉS KORLÁTAINAK PREDIKCIÓJA TALAJ-NÖVÉNYBIOLÓGIAI ÉS TOXIKOLÓGIAI MODELLVIZSGÁLATOKKAL<sup>6</sup>

Biró Borbála<sup>a</sup> és Beczner Judit<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar, Talajtan és Vizgazdálkodás Tanszék;

<sup>b</sup> NAIK Agrár-környezettudományi Kutatóintézet, Budapest

A talajok termékenységét a szennyvíziszapokból készült komposztok is javítják (86/278/EEC). Az alkalmazást korlátozzák a táplálékláncba kerülő potenciális kórokozók és a toxikus elemek.<sup>7</sup> Ezek a biodiverzitás csökkenéséhez és

<sup>4</sup> Sanseverino, J. et al. (2005) *Appl. Environ. Microbiol.* **71** (8): 4455-4460.

<sup>5</sup> Eldridge, M. L. et al. (2007) *Appl. Environ. Microbiol.* **73** (19): 6012-6018.

<sup>6</sup> A kutatásainkat a Piac-13-1-2013-0274 sz. projekt támogatja.

<sup>7</sup> Biró, B. et al. (2004) In: Gawlik, B. M. & Marmo, L. (Eds) *Problems around Sludge. The accession countries perspectives.* Joint DG/JRC, DG ENV Workshop, EU-IES, ISPRA, Italy P. 31-36.



talaj funkcióvesztéséhez vezetnek.<sup>8</sup> A reakció függ a szennyezőktől, egyéb anyagokkal való kölcsönhatástól és a talaj funkcionális jellemzőitől is. Egyetlen tesztszervezet rosszul reprezentálja a teljes ökoszisztémát,<sup>9</sup> de a talaj-növény rendszerben több trofikus szint vizsgálata is lehetséges. A nehézfémek mennyiségét, a talaj saját kitenyészhető mikroba-csoportjait, a szimbioták kolonizációját és a teszt-növényekre kifejtett toxicitást tanulmányoztuk.

A tenyészedény-kísérletben 4 hazai reprezentatív talajt: meszes jellegű homok és csernozjom (CS, CC), savanyú jellegű homok és barna erdőtalaj (AS, AF) vontunk be. A 10 kg-os edényekbe növekvő (0; 2,5; 5; 10 és 20 g/kg, azaz 0; 7,5; 15; 30 és 60 t/ha talaj dózisban kétféle szennyvíz, egy börgyári és egy kommunális iszap komposztjait adagoltuk évente egyszer. Az iszapokkal rendre 13, 26, 52 és 104 mg/kg króm vagy 15, 30, 61 és 123 mg/kg cink is bekerült (MSZ 21470-50:1998). A vizsgálat 4 éve alatt 16 évig tartó általános kijuttatási talajterhelést valósítottunk meg. A nehézfémek bioakkumulációját *Sinapis alba* (MSZ 21976-17:1993; MSZ 22902-4:1990) és az évente vetett zöldborsó (*Pisum sativum* var. Rajnai törpe) felhasználásával teszteltük. Ellenőriztük a kitenyészhető: (i) heterotróf; (ii) penész, élesztő; (iii) coliform és *E. coli*; (iv) enterobaktérium; (v) szulfid-redukáló *Clostridium*; (vi) *Salmonella* spp. és *Listeria* spp. mikroorganizmusok abundanciáját. Az eredményeket főkomponens- (PCA), kanonikus diszkriminancia (CDA) analízissel és NIR scanning spektroszkópos vizsgálattal (Spectralyzer 1025; 2 nm-es léptékben) elemeztük.

A talaj saját mikroflórájának a mennyiségi és aktivitási mérése alkalmas a tényleges állapot jellemzésére. A toxikus elemek (Cr, Zn) hatásait mérsékeltek a szennyvíziszap-komposztokkal bekerült tápelemek, így a nitrogén mindkét iszapnál 70-, 140-, 280-, 600 mg/kg és a foszfor az ipari iszapnál 6-, 12-, 25-, 50-, a kommunális iszapnál pedig 60-, 120-, 240-, 480 mg/kg. A savanyú talajoknál (AS, AF) a komposztok okozta pH növekedés is puffer hatást okozott. A borsó zöldtömeg a kezdeti (1. év) alkalmazással átlagosan 10 g-ról 17,5 g/edény értékre nőtt. A savanyúbb talajok ugyanakkor fokozták az élelmiszer-minőségi és biztonsági kockázatot a potenciális patogének miatt, dóziszfüggő módon. A kísérlet 2. évében (értsd 8 évi tartós kihelyezés) a Zn-nek a borsó hajtásában 140 mg/kg, a Cr-nak pedig 4 mg/kg Cr akkumulációja következett be, amely utóbbi a biomassza zöldtömeg szignifikáns, 13 g-ról, 8 g-ra történő csökkenését okozta az ipari komposztjánál. A negatív hatások a szimbiota mikrobáknál jelentek meg legkorábban. Azok funkcionális tulajdonságai (arbuszkulum %, pseudo-gümők) korai figyelmeztető jelek. A NIR spektroszkópiával és a CDA analízissel a talaj kommunális iszapterhelése 91,8%-os módon volt kimutatható. A hatóidő követő komplex és integrált (fizikai-kémiai, biológiai, valamint toxikológiai tulajdonságok) vizsgálatának a szükségessége igazolódott.

**Kulcsszavak:** Biró Borbála, Beczner Judit, szennyvíziszap, tartamhatás, nehézfém



<sup>8</sup> Biró, B. et al. (1999) Proc. of 5<sup>th</sup> Internat Conf. Biogeochem. of Trace Elements pp. 178-179.

<sup>9</sup> Gruiz K. et al. (2001) Környezettoxikológia Műegyetemi kiadó, Budapest.

## NÖVEKVŐ NEHÉZFÉMDÓZISOK HATÓIDŐ-FÜGGŐ VIZSGÁLATA TALAJMODELLEN DEHIDROGENÁZ ÉS FOSZFATÁZ ENZIMAKTIVITÁS MÉRÉSI TESZTEKKEL

Czakó-Vér Klára, Sipeky Csilla és Árvay Gyula

Pécsi Tudományegyetem, TTK, Biológiai Intézet, Általános és Környezeti Mikrobiológiai Tanszék, Pécs

A talajokat ért fémszennyezések esetén a természetes mikroflóra érzékenyen reagál a fémionok jelenlétére. Az indukált talajlégzést vizsgálva igazolták,<sup>10</sup> hogy fizikai féleségében eltérő talajokon, réz és nikkel ionok jelenlétében a talajok természetes mikroflórájának respirációs aktivitása jelentősen változott. A toxikus hatás következtében megváltozó mikrobiális metabolizmus monitorozására felhasználható a mikroorganizmusok mennyiségének mérése, a talajlégzés, a talajenzimek aktivitásának mérése vagy napjainkban a mikrobiális diverzitás meghatározása is.

Mészlepedékes csernozjom talajon, laboratóriumi modellkísérletben teszteltük a réz-, és a nikkel- és különböző koncentrációinak toxikus hatását a talaj közösségi mikrobiális aktivitására. A talaj Bicsédről, a magyarországi Talaj Információs és *Monitoring* (TIM) Rendszer egyik pontjáról, (I27021) származik. A talajok felső, 0-15 cm szintjéről begyűjtött mintákat levegőn szárítottuk, majd növekvő mennyiségű, réz-szulfát ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) és nikkel-klorid ( $\text{NiCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) vízben oldódó sóit adtuk a tesztelt talajokhoz, 0, 50-, 200- és 800 kg/ha száraz talaj mennyiségben. Az inkubációs időszak idején a talajt a szárazföldi vízkapacitás 60%-án tartottuk, 22°C hőmérsékletű termosztátban. A kezelések 3 ismétlésben folytak. A mintavételt követően, az enzimméréseket az *OECD* szabvány által előírt 28 napos kísérleti periódusban, a 0, 7, 14 és 28. napon végeztük.<sup>11</sup> A dehidrogenáz enzim aktivitásának (*DHA*) mérése fotometriásan, 1,3,5-trifenil-formazán formájában, a MSZ-08-1721-3:1986 számú szabvány szerint, a foszfatáz enzim aktivitásának meghatározása Tabatabai és Bremner módszerével történt.<sup>12</sup>

A modell-kísérlet elemzésekor bebizonyosodott, hogy a vizsgált fémek hatása erősen függött az alkalmazott fém típusától és mennyiségétől. A kísérletben alkalmazott 50 kg/ha rézszennyezés a *DHA* 20%-os csökkenését eredményezte, míg 200 kg/ha dózisonál már 40%-kal kisebb enzimaktivitást mértünk. Az idő függvényében vizsgálva az oxido-reduktáz típusú enzim, a *DHA* (mg formazán/g talaj/24 h) szignifikáns csökkenését igazoltuk. Rézionok jelenlétében a 28. napon a legnagyobb dózis mellett, a kontrolhoz viszonyítva 80%-os enzimaktivitás csökkenést detektáltunk. A nikkel kezelés hatására szignifikáns csökkenést nem tapasztaltunk a *DHA* értékekben. A hidroláz típusú foszfatáz enzim aktivitások (mg p-nitro-fenol/g talaj/h) időfüggését vizsgálva 800 kg/ha kezelés mellett 28 nap után mind a réz-, mind a nikkel sók toxikus hatása igazolható volt. A 0 időpontban mért aktivitás 52%-át mértük. A vizsgálatok igazolták, hogy mind a dehidrogenáz-, mind

<sup>10</sup> Sipeky Cs. *et al.* (2007) *Talajvédelem* különszám, Talajvédelmi Alapítvány, Budapest, pp. 278-284.

<sup>11</sup> OECD Guideline for the testing of chemicals. Soil microorganisms: Carbon Transformation test 217.

<sup>12</sup> Tabatabai, M. A. & Bremner, J. M. (1969) *Soil Biol. Biochem.* 1: 301-307.

a foszfatáz-enzimaktivitás mérés alkalmas a réz vagy nikkel szennyezés talajokra kifejtett toxikus hatásának vizsgálatára. Havária esetén a foszfatáz-enzim vizsgálatát javasoljuk, mivel az a talaj-minőséggel összefüggésben már 6-8 óra múltán eredményt szolgáltat.

**Kulcsszavak:** Czakó-Vér Klára, Sipeky Csilla, Árvay Gyula, talajszennyezés, nehézfém, talajenzim, foszfatáz, dehidrogenáz

\*

## EGY- ÉS HÁROMHÓNAPOS TAKARMÁNYOZÁSI KÍSÉRLET *MON 810* ÉS *DAS-59122* GM-TÁPPAL AMURON (*CTENOPHARYNGODON IDELLA*) – [N<sup>0</sup>1] TÖMEGMÉRÉS ÉS VÉRKÉMIA

Darvas Béla,<sup>a</sup> Pasaréti Gyula,<sup>a</sup> Cséffán Tamás,<sup>a</sup> Gyurcsó Gergő,<sup>a</sup> Vajdovich Péter,<sup>b</sup> Szabó Bernadett,<sup>b</sup> Baska Ferenc,<sup>c</sup> Simon László,<sup>a</sup> Bánáti Hajnalka,<sup>a</sup> Takács Eszter,<sup>a</sup> Klátyik Szandra,<sup>a</sup> Fejes Ágnes,<sup>a</sup> Juracsek Judit,<sup>a</sup> Magyarósy Balázs,<sup>a</sup> Ardó László<sup>d</sup> és Székács András<sup>a</sup>

<sup>a</sup> NAIK Agrár-környezettudományi Kutatóintézet, Budapest; <sup>b</sup> SzIE ÁOTK Kórélettani és Onkológiai Tanszék, Budapest; <sup>c</sup> SzIE ÁOTK Patológiai Tanszék, Budapest; <sup>d</sup> NAIK Halászati Kutatóintézet, Szarvas

A szárított levelekből (*MON 810* – **M**, *MON 810* közel izogenikus – **Mi**, *DAS-59122* – **D**, szudánifű – **Sz**) készített táp kazein, vörös szúnyog, zselatin, kukoricakeményítő mellett aszkorbinsavat és egyéb vitaminokat (JOLOVIT) tartalmazott. A visszaduzzasztott növényi összetevő a táp ~30%-ának felelt meg. A vizsgálatainkban használt, a kukorica-bibenyulás kezdetén (R1-fázis) gyűjtött levél nagyságrenddel több Cry1Ab-toxint tartalmaz (~10-50 µg/g), mint a szem (~1 µg/g).<sup>13</sup> A *DAS-59122*-nél a Cry34Ab1-/Cry35Ab1-toxinok mennyiségei a levélben szintén magasabbak (~80/50 és ~75/1 µg/g levélben és szemben).<sup>14</sup> Így a kezelések jelentős Cry-toxinterheléssel jártak. Három kissé eltérő testtömegű (átlag: ~25-26 g/egyed – **A**, ~27-28 g/egyed – **K** és ~31-32 g/egyed – **N**), 11 hónapos amurcsapatokkal kezdtünk párhuzamos kísérleteket. Az állatokat előkísérletben (6-10 hónapos kor) ciklopsz, sórák, vízibolha és vörös szúnyog, valamint változó (5-40%) alगतartalmú (*Spirulina* sp.) lemezes tápon, majd hínáron (*Najas* sp.) szoktattuk rá a **Mi** tápra. Egy-egy 200 literes akváriumba (túlszűrés, heti 20%-os vízcsere) 20 halat helyeztünk, ebből az első hónap után 10-et dolgoztunk fel. A testtömeg értékeket nagyságrendi sorrendbe rendeztük a változás követéséhez. ANOVA és Tukey-/Spjotvoll-Stoline tesztekkel értékeltük az adatokat.

A boncolás minden csoportban (**A**, **K** és **N**) súlyos (40-60%) *Bothriocephalus acheliognathi* galandférgességet (átlagosan 4-10 db/állat) mutatott ki. Táptól függő fertőzöttség-különbség nem alakult ki. A testtömeg az etetés alatt nem változott (-2 - +2 g/állat) jelentősen. Az első hónapban az **A**-csoportban a

<sup>13</sup> Székács et al. (2010) *Environ. Toxiol. Chem.* **29**: 182-190; Székács et al. (2010) *Anal. Bioanal. Chem.* **396**: 2203-2211; Székács et al. (2012) *Food Agric. Immunol.* **23**: 99-121.

<sup>14</sup> EPA (2010) *DAS-59122* BRAD. [PC Code: 006490](#); Takács et al. (2012) *IOBC Bull.* **73**: 121-132.

szudánifű etetése csökkenéssel ( $-4,93 \pm 2,49$  g) járt, ami mérsékelt volt a galandférgeseknél ( $-2,53 \pm 2,14$  g). A 3. hónapra a fertőzetlenek ( $-3,66 \pm 0,85$  g) és fertőzöttek ( $-4,06 \pm 1,48$  g) is visszamaradtak. *MON 810* etetésekor a hasüregi szervek tömegében, az *N*-csoportban szignifikáns különbséget mértünk a fertőzetlen ( $1,49 \pm 0,17$  g) és a galandférges egyedek ( $2,29 \pm 0,49$  g) között. A 3-hónapos etetési kísérlet végére nem fordult elő pusztulás annak ellenére, hogy a galandférgesség hatására károsult a bélnyálkahártya, ami a Cry-toxinfehérjék belépését segíthette a szervezetbe. A vérplazma kémiai paramétereinek mérése azt igazolta, hogy az első hónap után a máj állapotára utaló epesav-koncentráció az *A*-csoportban a galandférges *Mi* táppal etetettek esetében volt szignifikánsan magasabb ( $33,20 \pm 17,51$   $\mu\text{mol/l}$ ) a nem fertőzöttekhez képest ( $10,07 \pm 2,77$   $\mu\text{mol/l}$ ). Az *AST*- ( $\sim 50$ - $200$  U/l) és az *ALT*-értékekben ( $\sim 1$ - $11$  U/l) nem mutattunk ki jelentős különbségeket. A stressz jelzésére használt fruktózamin-értékek ( $\sim 150$ - $250$   $\mu\text{mol/l}$ ) egyik csoportban sem voltak elkülöníthetők. A 3. hónap után az *N*-csoportban a *MON 810* kezelésben az albumin- ( $8,19 \pm 0,88$  g/l), az anorganikus foszfát- ( $2,75 \pm 0,35$  mmol/l) és a Ca-tartalom ( $2,26 \pm 0,19$  mmol/l) szignifikánsan alacsonyabb volt, mint a *Mi*-ben (sorrendben:  $9,21 \pm 0,88$ ;  $3,13 \pm 0,22$ ;  $2,52 \pm 0,18$ ). Nem volt kimutatható eltérés a triglicerid ( $\sim 2$ - $3$  mmol/l) és koleszterin ( $\sim 3$ - $6$  mmol/l) adatok között.

**Kulcsszavak:** Darvas Béla, Pasaréti Gyula, Cséffán Tamás, Gyurcsó Gergő, Vajdovich Péter, Baska Ferenc, *MON 810*, *DAS-59122*, *Ctenopharyngodon idella*, *Bothriocephalus acheliognathi*

\*

## TALAJ-LEVEGŐ-SZENNYEZETTSÉGI INDIKÁTOROK ÉS MONITOROZÁS EGY IPARI VÁROS KÜLÖNBÖZŐ TERÜLETEIN<sup>15</sup>

Domonkos Mónika,<sup>a</sup> Kocsis Tamás,<sup>a</sup> Kiss Endre<sup>b</sup> és Biró Borbála<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar, Talajtan és Vizgazdálkodás Tanszék, Budapest;

<sup>b</sup> Dunaujvárosi Főiskola, Műszaki Intézet, Természettudományi és Környezetvédelmi Tanszék, Dunaujváros

Dunaujváros több országos jelentőségű ipari cég telephelye és logisztikai központ. A város levegőminőségét egy ponton vizsgálják. A porszennyezettség ( $\text{PM}_{10}$ ) mérése mellett a legfontosabb szennyező gázok ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ ,  $\text{CO}_2$ ) mennyiségét is ellenőrzik napi szinten. Vizsgáltuk, hogy milyen mérhető paraméterek jelzik a levegő- és/vagy a talajminőség alakulását, illetve a tartós kitétségekből adódó toxikusságot, veszélyeztetettséget?

Tíz dunaujvárosi helyszín levegő- és talajszennyezettségét vizsgáltuk három éven keresztül. A levegő-minőséget, a porszemcsék felületén megtapadt mikroorganizmusok számát, mennyiségét, stratégiáit (*r*, *K*, *I*) mikrobiológiai vizsgálatokkal havonként ellenőriztük. A kitenyészhető összes baktérium és gomba szám megállapításához szelektív táplemezeket (Nutrient, RB agar) használtunk. A telepkepző egységek (*CFU*) számát 3 nap inkubáció után számoltuk. A talajminőség

<sup>15</sup> A kutatásokat a TÁMOP-4.2.2-08/1/2008-0016 számú projekt támogatta.

vizsgálatához évente vettünk talajmintákat a 0-20 és a 20-40 cm-es talajrétegekből a 10 mérési ponton. A szervetlen szennyezőanyagokat (nehézfémeket/toxikus elemeket) *ICP* analízissel (MSZ 21470-50:2006) elemeztük. A szerves szennyezők közül az összes szénhidrogén-mennyiséget (*TPH*) és a poliaromás szénhidrogének (*PAH*) teljes mennyiségét mérték az MSZ 21470-94:2001 és MSZ 21470-84:2002 szabványok szerint. A talajok kitenyészhető baktérium és gomba csíraszám értékei mellett az összes katabolikus enzimaktivitást fluorescens-diacetát (*FDA*) analízissel határoztuk meg.<sup>16</sup> A talajok toxikusságát mustármag (*Sinapis alba*) csíratesztel ellenőriztük az MSZ-21978-8:1985 módszer alapján. Összefüggéseket kerestünk a levegő mikrobiológiai állapota és a talajminőség között matematikai-statisztikai módszerek (*ANOVA*, Pearson féle korreláció) segítségével.

Vizsgálataink során egyes légszennyező anyagok, az ózon és a  $\text{NO}_x$  vegyületek koncentrációjában határozott szezonális dinamikát állapítottunk meg, míg a porszennyezettség évjáráti szinten is egyenletesnek adódott. A porhoz tapadó mikroba-csoportok előfordulását az ipari szennyezés befolyásolta, főleg gyors szaporodású, heterotróf *r* strategistákkal a papíripar, lassú és oligotróf *K*-val a vasipari tevékenység hatására. A nehézfémek, toxikus elemek mennyiségében az egyes mintavételi pontok között akár háromszoros eltérések is adódtak. A cink ( $\text{Zn}$ ) értéke 44,6-126,5 mg/kg között bizonyult a legkritikusabbnak. A poliaromás szénhidrogének (*PAH*) mennyisége a közlekedés-terheltséggel összefüggésben nőtt, 0,05-ről 0,75 mg/kg értékre a 0-20 cm-es felső talajrétegben. Pozitív korreláció adódott a talaj kitenyészhető összes baktérium és gombaszáma, valamint a levegőszennyezettség között is. A fluorescens diacetát (*FDA*) enzim-aktivitás a  $\text{Zn}$ -el arányosan fokozódott 44,0-ről 251,1  $\mu\text{gFl/h}$  értékekre. A Pearson-analízis alapján a várost statisztikailag is igazolt módon kevésbé- és jobban szennyezett helyekre lehetett felosztani,<sup>17</sup> amely tény indokolta, hogy további monitorozási módszereket és helyszíneket, illetve vizsgálati gyakoriságot javasoljunk.

**Kulcsszavak:** Domonkos Mónika, Kocsis Tamás, Kiss Endre, Biró Borbála, fluorescens diacetát analízis, *Sinapis alba*, poli-aromás szénhidrogén, cink, talajszennyezés

\*



Növendék amurok – fotó: Pasaréti Gyula<sup>o</sup>

<sup>16</sup> Villányi, I. et al. (2006) In. *Handbook of Methods used in Rhizosphere Research*. Swiss Federal Research Institute WSL, Birmensdorf. p. 441-442.

<sup>17</sup> Biró, B. et al. (2012) *Rev. Appl. Sci. Engeneering*, **3**: 1-6.

## **DREISSENA KAGYLÓFAJOK KÖRNYEZETI STRESSZEL SZEMBENI TOLERANCIA VIZSGÁLATA A BALATONON<sup>18</sup>**

**Farkas Anna, Vehovszky Ágnes, Győri János és Ács András**

MTA Ökológiai Kutatóközpont Balatoni Limnológiai Intézet, Összehasonlító Állattani Osztály, Környezet-Toxicológiai Témacsoport, Tihany

A Balatonban az utóbbi néhány évtized során az idegenhonos vándorkagyló (*Dreissena polymorpha*) és quagga kagyló (*Dreissena bugensis*) nagymértékű elterjedése jellemző, melynek egyik oka lehet e szervezetek antropogén eredetű szennyezőkkel szembeni nagy tűrőképessége.

Vizsgáltuk a *Dreissena* spp. kagyló kolóniák általános kondícióját és biokémiai stresszmarkereket: metallothionein (MT), etoxirezorufin-O-deetiláz (EROD), lipid peroxidáció (LPO), DNS száltörés, vitellogenin (Vtg) szintjét. 2014-ben két alkalommal (június, október) négy hajókikötő területén (Siófok, Tihany-rév, Badacsony, Keszthely), valamint a sajkodi öbölben (mint zavarástól védett referencia helyen) végeztünk gyűjtéseket. Az adatok területi- és évszakos különbségeinek szignifikanciáját,  $p < 0,05$  valószínűségi szinten Student T teszt alkalmazásával ellenőriztük.

A kikötők területén a *Dreissena* spp. kolóniák egyedeinek átlaghossza (6,9 - 10,8 mm) szignifikánsan kisebb volt a sajkodi élőhelyet benépesítő kolóniák átlagához képest (13,2 mm), és 5-10%-al kisebb volt a testtömeg/testhossz arányuk is (Fulton kondíció faktor). A kolóniák koreloszlási mutatója a sajkodi öbölben kiegyenlített volt, míg a kikötői egyedeknél feltűnő volt az idősebb (nagyobb méretű) kagylók gyér előfordulása, illetve a keszthelyi kikötőnél a legkisebb méretcsoport (0-5 mm) teljességgel hiányzott.

A kikötői kőszórást benépesítő kagyló kolóniákat érő kémiai stressz tényét júniusban a siófoki, badacsonyi és keszthelyi állománynál a sajkodi kagylókhoz viszonyítva a kétszeresen magasabb értékű DNS száltörés (97-117  $\mu\text{g}/\text{mg}$  összfehérje) jelezte. Szignifikánsan magasabb (50-80%) metallothionein tartalom jellemezte a siófoki és keszthelyi kagylóállományt (1,61 illetve 2,63  $\text{nM}/\text{mg}$ ), és 2-2,7-szeresen magasabb EROD aktivitást mértünk a keszthelyi illetve a tihanyi kikötői kagylókban (23,3 illetve 39,4  $\text{pM}/\text{perc}/\text{mg}$ ).

Októberben jelentős romlást észleltünk a hajózási idényt megelőző állapothoz mérten, mely a siófoki és badacsonyi kagylók DNS száltörésében (190-213  $\mu\text{g}/\text{mg}$ ) és lipid peroxidáció szintjében (4,23-6,34  $\mu\text{g}$  TBARS/mg), a tihanyi révkikötőnél az EROD aktivitás megduplázódásában látszott (52,3  $\text{pM}/\text{perc}/\text{mg}$ ). Összel a kagylók metallothionein- ill., vitellogenin szintje minden vizsgálati területen 3-4-szeres növekedést mutatott, ami a kagylók szaporodási ciklusát kísérő anyagcsere folyamatokkal állhat összefüggésben.

Eredményeink azt mutatják, hogy a balatoni kikötők területén megtelepedett *Dreissena* spp. kagylók általános kondícióját az antropogén terhelés szignifikánsan

<sup>18</sup> Munkánkat a 2014 – 2015-ös Akadémiai Posztdoktori Program, a „Megújítás 2012 – 2014” Balaton kutatási program, valamint az OTKA K109865 és K112712 programok támogatták.

befolyásolja, így a terhelés mértéke a kolóniák fennmaradását hosszú távon már veszélyeztetheti.

**Kulcsszavak:** Farkas Anna, Vehovszky Ágnes, Győri János, Ács András, *Dreissena polymorpha*, *Dreissena bugensis*, antropogén terhelés, stresszmarkerek

\*

## KÖRNYEZETTOXOLÓGIA A MÉRNÖKI GYAKORLATBAN

Gruiz Katalin,<sup>a</sup> Meggyes Tamás<sup>a</sup> és Fenyvesi Éva<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék, Környezeti Mikrobiológiai és Biotechnológiai Kutató Csoport; <sup>b</sup> Cyclolab Kutató-Fejlesztő Laboratórium Kft.

A környezettoxikológia szerepe egyre növekszik a környezetvédelmi szabályozás, irányítás és döntéshozatal, valamint a környezetmérnöki gyakorlat területén. A növekvő igény mutatott rá a jelenlegi környezettoxikológiai gyakorlat gyenge pontjaira és fejlesztendő területeire. A bemutatásra kerülő könyvsorozat<sup>19-20</sup> a környezettoxikológia strukturált alkalmazási lehetőségeit és módjait mutatja be, kiemelt hangsúlyt adva a szennyezett környezet monitorozásában szerepet játszó direkt toxicitás mérésnek (*Direct Toxicity Assessment, DTA*).

A **könyvsorozat** fontosabb témakörein kívül tipikus példákat mutatunk be a *DTA*-eredmények felhasználásáról, elsősorban a szennyezett területek menedzsmentjében. A könyvsorozat **Környezettoxikológia** című kötetében érintett témák: **(i)** A környezettoxikológia szerepe a környezetmenedzsmentben és a jogi szabályozásban; **(ii)** A környezettoxikológiában alkalmazott modellek: *in silico*, kémiai, biológiai, ökológiai; **(iii)** A vegyi anyagok sorsa, viselkedése, biológiai hozzáférhetősége a környezetben; **(iv)** A humán, a vízi és a szárazföldi toxikológia módszerei, lehetőségei; **(v)** Kémiai analitikai és ökotoxikológiai és ökológiai eredmények összefüggései; **(vi)** Innovatív víz- és talajtesztek, alternatív teszt módszerek, a 3R elv; **(vii)** Direkt toxicitás mérés, interaktív és dinamikus talajtesztelés, pesszimizmus a tesztelésben; **(viii)** Ökotoxikológiai eredmények értékelése, interpretálása és statisztikája.

A *DTA* előnye így összegezhetőek: **(a)** A valódi környezetet jellemzi, a teljes talaj, üledék vagy hulladék aktuális toxicitását méri; **(b)** Vegyi anyagkeverékek összesített toxicitását méri; **(c)** A mérési eredmény a nem azonosított vegyi anyag/szennyezőanyag hatását is tartalmazza; **(d)** Az összes expozíciós útvonalon keresztüli hatást összegzi; **(e)** A mért válasz arányos a szennyezőanyagok biológiailag hozzáférhető hányadával; **(f)** A *DTA* növeli a biztonságot azzal, hogy kémiai analitikai módszerekkel negatívnak bizonyult, mégis

<sup>19</sup> Gruiz, K. et al. (Eds.) (2014) *Engineering Tools for Environmental Risk Management. Vol. 1., Environmental Deterioration and Contamination – Problems and their Management*. Leiden: CRC Press/Balkema, 447 p.

<sup>20</sup> Gruiz, K. et al. (Eds.) (2015) *Engineering Tools for Environmental Risk Management – Vol. 2. Environmental Toxicology*. Leiden: CRC Press/Balkema, 563 p.

toxikus mintákat képes azonosítani mind a környezetben, mind környezettechnológiákban.

A DTA-t a környezetmenedzsmentben szűrővizsgálatként, az integrált monitorozás részeként, vagy önálló, döntéshozatalra alkalmas eredményt produkáló módszerként alkalmazzák. A minta mért toxicitását a referenciával vagy a káros hatást már nem mutató mintahányaddal összevetve a kockázatot mennyiségileg jellemző mérőszámot kapunk. A környezeti minták hatását ismert toxikus anyaghoz viszonyítva ekvivalens koncentrációban is kifejezhetjük a minta toxicitását.

A CRC/Balkema Press által kiadott kötet szakmai őse Gruiz Katalin, Horváth Beáta és Molnár Mónika által írt, 2001-ben kiadott magyar nyelvű [Környezettoxikológia](#) című könyv volt.<sup>21</sup> A kötet szerzői magyar kutatók, egyetemi oktatók és gyakorlati szakemberek. Az előremutató elvek és tudományos újdonságok mellett – a sorozat címének megfelelően – az innovatív mérnöki alkalmazások kerültek a könyv fókuszába.

**Kulcsszavak:** Gruiz Katalin, Meggyes Tamás, Fenyvesi Éva, környezettoxikológia, CRC Press, direkt toxicitásmérés, DTA, szennyezett terület, ekvivalens toxicitás

\*

## KÜLÖNBÖZŐ SZEMCSEMÉRETŰ CINK-OXID HATÁSA TALAJLAKÓ UGRÓVILLÁS ÉS FONÁLFÉREG TESZTSZERVEZETEKRE

**Kiss Lola Virág, Hrács Krisztina, Nagy Péter István és Seres Anikó**

Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Állattani és Állatökológiai Tanszék, Gödöllő

A nanotechnológia elterjedté válása indokolja, hogy az így előállított anyagok környezeti és egészségügyi kockázatát megfelelőképpen vizsgáljuk. A nanoanyagok közé tartoznak azok az anyagok, amelyek legalább egy dimenzióban az 1–100 nm-es mérettartományba esnek, ami miatt minőségileg új tulajdonságokkal rendelkeznek, így más kockázattal is járhatnak, mint a nagyszemcsés megfelelőjük.

Vizsgálatunkban nagy szemcseméretű és nanoméretű cink-oxid (ZnO) toxicitását vizsgáltuk két talajlakó állaton, a *Folsomia candida* ugróvillás- és a *Panagrellus redivivus* fonálféregfajon. Mindkét fajnál az állatok mortalitása volt az elvégzett tesztek végpontja. Az ugróvillás fajnál a ZnO reprodukcióra gyakorolt hatását is megvizsgáltuk. Kereskedelmi forgalomban kapható, Sigma-Aldrich cég által gyártott, nagyszemcsés és nano mérettartományba sorolt (a gyártó szerint 50 nm részecskeátmérőnél kisebb) készítményt hasonlítottuk össze. A nano ZnO előzetes vizsgálata alapján kiderült, hogy a szemcsemérete nem egyezik meg a gyártó által megadott adatokkal, hanem annál jóval nagyobb (legnagyobb mennyiségben 100-200 nm, 300-500 nm) részecskéket tartalmaz.

<sup>21</sup> Gruiz K. *et al.* (2001) Környezettoxikológia – Vegyi anyagok hatása az ökoszisztémára. Budapest: Műegyetemi Kiadó, 159 old.



Az ugróvillás tesztben irodalmi adatok alapján határoztuk meg a koncentrációkat (400, 800, 1600, 3200 és 6400 mg/l). A *F. candida* fajra a nagyszemcsés ZnO esetében már a legkisebb koncentrációban (400 mg/l) is szignifikáns mortalitás növekedést és reprodukció csökkenést tapasztaltunk. A két anyag hatása között marginálisan szignifikáns különbséget találtunk a reprodukció vizsgálata esetében ( $F=3,1150$ ;  $p<0,086$ ). Ebben a kísérletben nagyszemcsés anyag bizonyult relatíve toxikusabbnak.

A *P. redivivus* szabadon élő, bakterivor fonálféregfaj esetén – az előkísérletek alapján – alacsonyabb koncentrációkkal dolgoztunk (3,125, 6,25, 12,5, 25, és 50 mg/l). Mindkét anyag, tehát a nagyszemcsés és a nano ZnO is már a legalacsonyabb koncentrációban (3,125 mg/l) szignifikáns hatást gyakorolt a mortalitásra a kontrollcsoporthoz képest. Kísérleteink alapján kijelenthetjük, hogy a két talajlakó testszervezet közül a fonálféregfaj bizonyult érzékenyebbnek a nano ZnO-al szemben, ami az eltérő érzékenységgel és a különböző tesztközeggel magyarázható.

A továbbiakban szükséges lenne egységes, ismételhető tesztelési rendszert kidolgozni a nanoanyagok és azon belül a nano ZnO vizsgálatára. Fontos lenne az is, hogy pontos méret meghatározás történjen az anyagok forgalomba hozatala és/vagy kísérleti alkalmazása előtt. Kijelenthető, hogy mind a nano, mind a nagyszemcsés ZnO toxikus hatást fejthet ki talajállatokra, ezért a környezetbe nagy mennyiségben kijutatott anyag hosszútávon megváltoztathatja a talaj életközösségeinek a szerkezetét, és negatívan befolyásolhatja a talajban zajló ökológiai folyamatokat.

**Kulcsszavak:** Kiss Lola Virág, Hrács Krisztina, Nagy Péter István, Seres Anikó, *Folsomia candida*, *Panagrellus redivivus*, nano cink-oxid, nanotechnológia

\*

## BALATONI ÉS DUNAI BIOFILMEK (KÉK-, ZÖLD-, KOVAALGA) REAKCIÓJA ROUNDUP KÉSZÍTMÉNYRE ÉS ÖSSZETEVŐIRE (GLYPHOSATE, POEA)<sup>22</sup>

Klátyik Szandra,<sup>a,b</sup> Földi Angéla,<sup>c</sup> Ács Éva,<sup>c,d</sup> Cséffán Tamás,<sup>a</sup> Pasaréti Gyula,<sup>a</sup>  
Mörtil Mária,<sup>a</sup> Takács Eszter,<sup>a</sup> Bohus Péter,<sup>e</sup> Székács András<sup>a</sup> és Darvas Béla<sup>a,c</sup>

<sup>a</sup> NAIK Agrár-környezettudományi Kutatóintézet, Budapest; <sup>b</sup> Szent István Egyetem BTDI, Gödöllő;

<sup>c</sup> ELTE KDI, Budapest; <sup>d</sup> MTA Ökológiai Kutatóközpont DK1, Budapest; <sup>e</sup> Lamberti SpA, Albizzate, Olaszország

A növényvédelemben alkalmazott formulációs segédanyagokat sokáig inaktívnak minősítették. A piacvezető gyomirtószer-hatóanyag, a *glyphosate*, illetve az azt tartalmazó készítmények formázása során alkalmazott polietoxilált faggyúaminok (*POEA*) esetében viszont számos esetben igazolták a *POEA* önálló toxicitását.<sup>23</sup> A biofilmek fontos szerepet játszanak a vízi ökoszisztémák

<sup>22</sup> A vizsgálatokat az OTKA K 109865 (2013-2017) támogatja.

<sup>23</sup> Székács *et al.* (2014) *World Acad. Sci. Eng. Technol.* **87**: 213-218; Mesnage *et al.* (2014) *Biomed. Res. Int.* 179691, doi: 10.1155/2014/179691

biogeokémiai ciklusaiban, és mivel a biofilm-közösségek jelentős részét különböző fotoautotróf bentikus algafajok alkotják, így a herbicidek biofilmekre gyakorolt hatásainak vizsgálata különös figyelmet érdemel.<sup>24</sup>

Vizsgálataink során tavasszal, két víztestben – Duna, Zöld-sziget (47.481641, 19.057645) és Balaton, Tihanyi-öböl (46.914190, 17.892916) – 6 héten keresztül saját fejlesztésű, AKK-1<sup>®</sup> (Cséffán, Darvas és Pasaréti) típusú bójás szerkezeteken elhelyezett üveglapokon biofilmet növesztettünk. Az üveglapokat, amelyek egyik oldalon homokfűvott, a másik oldalon sima felületűek voltak, laboratóriumi körülmények között a bója helyéről származó, vízzel feltöltött akváriumokban helyeztük el, ahol 6 héten keresztül a kontrollegységen kívül az akváriumok vizét 100 µg/l *glyphosate*-tal, illetve a választott dózissal ekvivalens mennyiségű ROUNDUP-pal vagy POEA-val szennyeztük. A 6. héttől a dózist 1000 µg/l *glyphosate*-ekvivalens kezelésekre emeltük. Az akváriumokban biztosítottuk a megfelelő vízkeringetést, megvilágítást (15:9 világos-sötét periódusok), hőmérsékletet (22±2°C), és a rendszeres vízcserét. A kontroll és kezelt biofilmekben a kova-, kék- és zöldalgafajok összetételét BBE MOLDAENKE BENTOTORCH algafáklyával határoztuk meg. A kiugró értékeket Grubbs-tesztel kizártuk, a kezelések hatását ANOVA, Tukey- és Spjotvoll- Stoline-tesztekkel vizsgáltuk. A hatékonyságot Henderson-Tilton-képlettel határoztuk meg.

Az üveglapokon 6 hét alatt egyenletes, túlnyomó többségében kovaalga fajokat tartalmazó biofilmréteg alakult ki. Az üveglapok homokfűvott és sima felszínű oldalai között a 6 hetes expozíció során a kialakult bevonat összevetésekor egyik esetben sem találtunk szignifikáns eltéréseket. A dunai és balatoni biofilm eltérő érzékenységgű volt. A laboratóriumi körülményekhez a dunai biofilm jól alkalmazkodott, és a kezeletlen kontroll folyamatosan gyarapodott (1,9-ről 5,5 µg/cm<sup>2</sup>), míg a balatoniak esetében (2,6-ről 1,5 µg/cm<sup>2</sup>) leépülés volt megfigyelhető. A 100 µg/l *glyphosate*-dózis 6 hét alatt a kékalgákon 30%, míg a kovaalgákon 39% hatékonyságot mutatott a dunai biofilmekben, míg a ROUNDUP hatékonysága jóval ez alatt maradt. A meghatározott értékek a dózis emelésével nem változtak. A balatoni biofilm csak 2 hétig volt statisztikai szempontból értékelhető. Ebben a 100 µg/l *glyphosate*-ekvivalens ROUNDUP hatékonysága kékalgákon 31%, míg kovaalgákon 20% volt. A POEA negatív hatását egyik esetben sem észleltük, viszont a világszerte mérhető *glyphosate*-vízszennyezés a biofilmekben képes átrendezni az algaközösségeket, ugyanis a dunai biofilmekben az érzékenyebb kova- és kékalgafajok helyét fonalas zöldalga fajok vették át.

**Kulcsszavak:** Klátyik Szandra, Földi Angéla, Ács Éva, Bohus Péter, Székács András, Darvas Béla, algafilm, ROUNDUP, *glyphosate*, POEA



<sup>24</sup> Characklis, W. G. & Marshall, K. C. (1990) Biofilms. John Wiley & Sons, New York

## A BIOSZÉN ÉS BIOEFFEKTOR FELHASZNÁLÁS DÓZIS- ÉS TALAJFÜGGŐ HATÁSAI<sup>25</sup>

Kocsis Tamás,<sup>a</sup> Kotroczó Zsolt,<sup>a</sup> Szalai Zita<sup>b</sup> és Biró Borbála<sup>a</sup>

Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar, <sup>a</sup> Talajtan és Vízgazdálkodás-; <sup>b</sup> Ökológiai és Fenntartható Mezőgazdasági rendszerek Tanszék, Budapest

A bioszén az elhalt növényi illetve állati biomassza reduktív pirolízise során létrejött magas széntartalmú anyag. Előállítására mezőgazdasági és ipari szerves hulladékokból egyre elterjedtebb. Szerkezeti tulajdonsága és minősége függ a reduktív „égés” során elszenesedett kiindulási szerves anyagoktól és az előállítás körülményeitől.<sup>26</sup> A bioszén fiziko-kémiai tulajdonságai, összetétele, felülete, szemcsemérete és pórusterei meghatározzák a talajra gyakorolt hatásokat. A pirolízis során az anyag szerkezete megváltozik, a bioszén tápanyagszolgáltató-képessége és egyéb fizikai-kémiai tulajdonságai is módosulnak, toxikus molekulák (pl. PAH 19) is létrejöhetnek. Kérdésként merül fel, hogy a bioszén mezőgazdasági alkalmazásával növekszik-e a talajokban a potenciális patogén mikrobák kockázata? Van-e a bioszénnek talajfüggő felhasználási limitje? A növény növekedésére kedvezően ható bioeffektor baktériumok (*Azotobacter* sp., *Bacillus* sp., *Pseudomas* sp. stb.) képesek-e mérsékelni a bioszén tápanyag-felvételre kifejtett negatív következményeit?

Vizsgálataink során bioszén dózisokat vizsgáltunk gyengén humuszos homoktalajon a BCE Talajtan és Vízgazdálkodás tanszékén, valamint a Kertészettudományi Kar soroksári, Ökológiai Gazdálkodási Ágazatában. A bioszén az Ausztriai *Land Management* cég állította elő növényi anyagokból. A szabadtéri kísérletek során 4 és 10 t/ha kezelést alkalmaztunk,<sup>27</sup> míg a tíz hetes tenyészedény kísérletben a dózist, a bemért talaj 0,5, 1, 2,5, 5 és 10%-ában határoztuk meg négy ismétlésben. Tesztnövényként paradicsom (*Solanum lycopersicon* var. 'Mobil') szolgált. A talaj mintavételi időpontokat a tízhetes kísérlet indulására, félidejére és a bontására időzítettük. A vizsgálatok során a talajmintákból csíraszám meghatározást [*Colony Forming Unit (CFU)*, *Most Probable Number (MPN)*] valamint mikrobiális enzimaktivitás (dehidrogenáz, fluorescein diacetát) méréseket végeztünk a termés/biomassza adatok felvételezése mellett.

Megállapítottuk, hogy a 0,5-5%-os bioszén dózisok kedvezően hatottak a talaj összes csíraszámára és a vizsgált talajenzimek aktivitására, ugyanakkor a 10%-os dózis csökkenést eredményezett. Az optimálisnak nevezhető mennyiség számos talajtani paramétertől (szerves anyagtartalom, kationcsere kapacitás, pH) függ. A bioszén megköti a növény által felvehető tápelemeket, ezért a növény tápanyagigénye és a környezeti körülmények (pl. a csapadék mennyisége,

<sup>25</sup> Munkánkat a Piac-13-1-2013-0274 „Biochar” és az EU-KP7 CA 312117 „Biofactor” projektek támogatják.

<sup>26</sup> Kocsis T. és Biró B. (2015) *Agrokémia és Talajtan* **64**: 257-272.

<sup>27</sup> Revell, K. T. (2011) In. Dept. of Crop and Soil Environm. Sciences, Virginia Polytech. Institute and State Univ. 76 pp.

hőmérséklet) egyaránt befolyásolják az adszorpció hatékonyságát<sup>28</sup>. A gyenge termőképességű (1,5 H%) homoktalajon az általunk alkalmazott kisebb, 4 t/ha dózishoz viszonyítva a nagyobb mennyiség (10 t/ha) már negatívan hatott a paradicsom termésére és növekedésére. Egy általunk izolált *Pseudomonas putida* (bioeffektor talajbaktérium),  $1,5 \times 10^8$  CFU/cm<sup>3</sup> titer mellett  $2 \times 5$  cm<sup>3</sup> mennyiségben történő talajba oltása képes volt mérsékelni a nagyobb dózis negatív következményeit. A kombinált talajkezeléssel a potenciális talajeredetű kórokozó mikroorganizmusok (*Clostridium* sp., *Enterobacter* sp.) előfordulása két nagyságrenddel csökkenthető volt és javult (23%) a fogyasztásra alkalmas paradicsomok aránya is.

**Kulcsszavak:** Kocsis Tamás, Kotroczó Zsolt, Szalai Zita, Biró Borbála, biochar, bioszén, bioeffektor, talajtermékenység, *Pseudomonas putida*

\*

## KÜLÖNBÖZŐ ANTI-NEOPLASZTIKUS GYÓGYSZER MOLEKULÁK RÖVID ÉS HOSSZÚ TÁVÚ HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA ZEBRADÁNIÓ (*DANIO RERIO*) MODELLEN

Kovács Róbert,<sup>a</sup> Bakos Katalin,<sup>a</sup> Reining Márta,<sup>a</sup> Appl Ádám,<sup>a</sup> Gazsi Gyöngyi,<sup>a</sup> Vera Garaj-Vrhovac,<sup>b</sup> Ferincz Árpád,<sup>a</sup> Horváth Ákos,<sup>a</sup> Csenki Zsolt,<sup>a</sup> Metka Filipic<sup>c</sup> és Urbányi Béla<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Szent István Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Halgazdálkodási Tanszék, Gödöllő;

<sup>b</sup> Mutagenesis Unit, Institute for Medical Research and Occupational Health, Zagreb, Horvátország;

<sup>c</sup> Department of Genetic Toxicology and Cancer Biology, National Institute of Biology, Ljubljana, Szlovénia

A citosztatikumokat, az egyik legveszélyesebb vegyületcsoportként tartják számon a medicinában. Nagyon keveset tudunk ugyanakkor ezeknek a vegyületek környezetben való viselkedéséről, valamint az élőlényekre gyakorolt hosszú távú hatásáról. Az általunk végzett munka egy nemzetközi projekt részét képezi, melynek célja több anti-neoplasztikus vegyület akut és krónikus vizsgálata vízi szervezeteken. A tesztek során zebradánió modellen vizsgáltuk négy vegyület toxicitását, hal modellen.

A munka első lépéseként meghatároztuk a vizsgált anyagok: *5-fluorouracil* (*5-FU*), *cisplatin* (*CIS*), *imatinib mesylate* (*IM*) és az *etoposide* (*ET*) akut toxicitását mind zebradánió embriókon, mind felnőtt halakon. Ezen vizsgálatok tervezésénél a hatályos *OECD* protokollokat vettük alapul. A kapott akut eredmények alapján a kísérleteink második lépcsőjében az *5-FU* és az *IM* szub-krónikus hatásait vizsgáltuk fiatal zebradániókon az *OECD* 210 protokoll alapján tervezett kísérletekben. A projekt következő lépcsőjében került sor az *5-FU* alacsony koncentrációkkal (0,01-, 1- és 100 µg/l) történő vizsgálatára több generáción keresztül. A vizsgálat a szülő (P) állományok kezelésével kezdődött, majd az F1 generációt kezeltük tovább. Az F1 halakat ivarérettségük elérése után

<sup>28</sup> Rékási M. és Uzinger N. (2015) *Agrokémia és Talajtan* **64**: 239-256.

többször szaporítottuk az F2 generációt pedig 30 napig neveltük. A többgenerációs vizsgálatok során mintákat vettünk genotoxikológiai és molekuláris biológiai vizsgálatokhoz, valamint mértük a halak testparamétereit is.

Felnőtt halakon az *5-FU* és *ET* nem bizonyult toxikusnak. A *CIS* vizsgálatok az  $LC_{50}$  érték 64,5 mg/l, míg az *IM*  $LC_{50}$  értéke 70,8 mg/l volt 96 expozíció esetében. Az embriókon végzett vizsgálatok során több expozíció során is meghatároztuk az  $LC_{50}$  értékeket. A legkevésbé toxikusnak az *5-FU* bizonyult ( $LC_{50} > 2000$  mg/l), ezt követte az *ET* (421,9 mg/l) és az *CIS* (123,7 mg/l). A legtoxikusabb vegyület 96 órás expozíciónál az *IM* volt (118,0 mg/l). A szub-krónikus vizsgálatok során az *5-FU* 1 mg/l-es koncentrációjánál tapasztaltunk szignifikáns különbséget a halak testhosszában, míg az *IM* 10 mg/l-es koncentrációjánál tapasztaltuk a mortalitás szignifikáns mértékű megnövekedését.

A többgenerációs vizsgálatnak nem volt hatása az egyik vizsgált generációnál sem a mortalitásra, vagy a szaporodási képességre. Az F1 generáció felnőtt halainál 4 hónap után a máj, valamint a vörös véresejteknel a DNS állomány károsodása volt látható *comet assay* és *micro nucleus* módszerrel. A két legalacsonyabb koncentrációnál a máj vizsgálatok több, a DNS károsodását jelző gén és onkogén (pl. *jun*, *myca*) vizsgálatok is dóziszfüggő expresszió növekedést tapasztaltunk.

A tesztelt molekulák akut és szub-krónikus toxicitása alacsony a halakra nézve. Többgenerációs kitettségnél azonban már a környezeti koncentrációz közelítő tartományban is tapasztalható volt genotoxikus hatás.

**Kulcsszavak:** Kovács Róbert, Horváth Ákos, Csenki Zsolt, Metka Filipic, Urbányi Béla, anti-neoplasztikus szerek, *Danio rerio*, *comet assay*, többgenerációs vizsgálat

\*

## T-2 TOXIN ÉS DEOXINIVALENOL TERHELÉS RÖVIDTÁVÚ HATÁSA A *GPX4* GÉNEK EXPRESSZIÓJÁRA PONTY FAJBAN (*CYPRINUS CARPIO*)<sup>29</sup>

Kövesi Benjámin,<sup>a</sup> Pelyhe Csilla,<sup>a</sup> Kovács Balázs,<sup>b</sup> Mézes Miklós<sup>a</sup> és Balogh Krisztián<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Szent István Egyetem, Takarmányozástani Tanszék, Gödöllő;

<sup>b</sup> Szent István Egyetem, Halgazdálkodási Tanszék, Gödöllő

A T-2 toxin és a deoxinivalenol (*DON*) *Fusarium* penészek másodlagos anyagcsere termékei, amelyek dóziszfüggő mértékű toxikus reakciókat váltanak ki az állati szervezetben. A *DON* gabonamagvakban világszerte a leggyakrabban előforduló mikotoxin, míg a T-2 toxin a leginkább toxikus trichotecénvázis mikotoxin. Mindkét mikotoxin jellemzője, hogy gátolják a DNS és fehérjeszintézist, gyulladáshoz vezető folyamatokat indukálnak a bélcsatornában és immundepresszáns

<sup>29</sup> A kutatás az OTKA PD 104823, a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj (BO/261/13 és BO/499/13), valamint a Kutató Kari Kiválósági Támogatás 9878-3/2015/FEKUT támogatásával valósult meg.

hatásúak. Irodalmi adatok alapján ismert, hogy hosszú távú terhelés során növelik a reaktív oxigén gyökök (ROS) képződését, indukálják a lipidperoxidációs folyamatokat, valamint az expozíció időtartamának függvényében aktiválják vagy gátolják a biológiai antioxidáns rendszer működését. Az általam vizsgált glutation-peroxidáz 4 (GPx4) nem csak a H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-ot, hanem egyes lipid hidroperoxidokat és a foszfolipid hidroperoxidokat is képes semlegesíteni, ami halakban azért lényeges, mert az oxidációra érzékeny telítetlen zsírsavak mennyisége nagyobb, mint a szárazföldi gerincesekben. Feltehetően emiatt halakban a GPx4 a teljes GPx aktivitás közel egyharmadáért felelős, ami a hidrofób sejtmembránokat alkotó többszörösen telítetlen zsírsavak oxidációval szembeni védelme szempontjából érthető. Az enzim génexpressziójának mértéke a májban a legnagyobb mértékű. Lényeges továbbá az is, hogy halakban valószínűleg a *gpx4a* a kulcsfontosságú szeloenzimet kódoló gén, míg emlősökben a kizárólag H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-re specifikus GPx1-et kódoló *gpx1*.

Munkánk során a T-2 toxin és a DON hatásait vizsgáltuk növendék pontyok (n=154, testtömeg: 35,92±2,82 g) szervezetére 0,25, 0,50 és 3,00 mg/kg testtömeg koncentrációban, két ismétlésben. A mikotoxinokkal szennyezett, illetve kezeletlen takarmányt egy hét akklimatizációs időt követően szondán keresztül juttattuk a halak gyomrába. A mintavételek a takarmány bejuttatását követően 8 óránként történtek 24 órán keresztül. Kezelésenként és mintavételenként 6-6 egyedből vettünk májmintákat. A kísérlet során a foszfolipid hidroperoxid glutation peroxidáz gének (*gpx4a* és *gpx4b*) expressziós változásait követtük nyomon.

A legnagyobb (3 mg/kg ttm) T-2 toxin terhelés hatására 18%-os mortalitást tapasztaltunk. A takarmány tápcsatornán való áthaladásának ideje, amelyet metil-narancs indikátorral színezett takarmánnyal mértünk 16 óra volt. A mikotoxinok hatására a *gpx4a* és *gpx4b* esetén hasonló tendenciájú expressziós változásokat figyeltünk meg. Az első mintavételi időpontban (8 h) a génexpresszió minden kezelt csoportban csökkent, 16 h elteltével a legkisebb dózis (0,25 mg/kg ttm) esetén emelkedést tapasztaltunk, azonban 24 óra elteltével a felszívódásnak és a metabolizációnak köszönhetően érdemi hatás már nem volt kimutatható. A nagyobb dózisoknál az expressziós változások elnyújtottan jelentkeztek, amelyben a nagyobb mennyiségben felszívódott mikotoxin játszott szerepet. A két toxin hatását összevetve a T-2 nagyobb mértékű változásokat idézett elő, mint a DON.

**Kulcsszavak:** Kövesi Benjámin, Pelyhe Csilla, Balogh Krisztián, Kovács Balázs, Mézes Miklós, T-2 toxin, deoxinivalenol, *Cyprinus carpio*, foszfolipid-hidroperoxid glutation-peroxidáz, génexpresszió



## INVERTÁZ ÉS KATALÁZ AKTIVITÁS KAPCSOLATA A TALAJ TOXIKUS ELEMTARTALMÁVAL 11 ÉVI RENDSZERES SZENNYVÍZISZAP KOMPOSZT ALKALMAZÁS UTÁN

**Makádi Marianna, Aranyos Tibor, Demeter Ibolya, Fehér Bernadett és  
Tomócsik Attila**

Debreceni Egyetem ATK Nyíregyházi Kutatóintézet, Nyíregyháza

Talajaink szervesanyag tartalma az intenzív gazdálkodás hatására folyamatosan csökken és az egyik legfontosabb degradációs folyamattá vált. A különböző minőségű szerves anyagok részt vesznek a talaj megfelelő szerkezetének és jó vízháztartásának kialakításában, a megfelelő tápanyag-ellátottság biztosításában.<sup>30</sup> A strukturált szerves anyag bevitele a hagyományos agrotechnika során elengedhetetlen. A régen megfelelő mennyiségben rendelkezésre álló almos istállótrágya pótlására ma fel kell használni a szervesanyag tartalmú hulladékokat, így a kommunális szennyvíziszapot, de elsősorban az abból készült komposztokat is, amelyek nehézfém, toxikus elem feldúsulást okozhatnak.

A DE ATK Nyíregyházi Kutatóintézetében 2003 óta fenntartott tartamkísérletben vizsgáljuk a NYÍRKOMPOSZT néven termésmenővelő anyagként engedélyezett komposzt rendszeres, három évenkénti felhasználását 9, 18 és 27 t/ha dózisban, öt ismétlésben, a kezeletlen kontroll parcellához viszonyítva. A 12 x 18 m-es parcellákban tritikálé, kukorica és zöldborsó tesztnövényeket vetünk kiterített vetésforgóban. Talajmintát minden év szeptemberében a 0-30 és 30-60 cm-es talajrétegekből gyűjtünk. A szitált (2 mm) mintákat a mikrobiológiai vizsgálatok előtt fagyasztyjuk, a kémiai vizsgálatokig légszáraz állapotban tartjuk. A mintákból mértük az invertáz aktivitást,<sup>31</sup> a mintákhoz adott szacharóz bontásából származó glükóz mennyiségével jellemezve azt. A kataláz aktivitását az MSZ-08-1721/4-1986 szabvány szerint, a hidrogén-peroxid bontásából származó O<sub>2</sub> mennyiségének mérésével határoztuk meg. A talaj toxikus elem tartalmát (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Se, Pb, Zn) az MSZ-08-0012 és MSZ-08-1744 szabványok megfelelő fejezetei szerint mérték.

A tartamkísérlet 11. évében a toxikus elemtartalomban szignifikáns növekedés csak a molibdén (Mo) elemnél volt kimutatható a 0-30 cm-es talajrétegben minden kezelésnél, a 30-60 cm-es talajrétegben a 27 t/ha-os dózissal. A kontrollban 0,298 ppm, a kezelésekből 0,441-0,569 ppm volt a Mo koncentrációja a felső rétegben, míg az alsóban 0,386 és 0,376-0,536 ppm. A többi toxikus elem általában gyenge negatív kölcsönhatásban volt a talaj kémhatásával, ami a komposztkezelés hatására folyamatosan növekvő tendenciát mutat pH (H<sub>2</sub>O) 5,57-ről 6,72-7,40 értékekre a felső rétegben. A vizsgált enzimek aktivitása mindkét talajrétegben nőtt a kezelt parcellákban, a felső rétegben az aktivitás (0,296-0,378 mg glükóz/g talaj és 1,306-2,262 mg O<sub>2</sub>/g talaj) kb. duplája a mélyebb rétegének (0,192-0,319 mg glükóz/g talaj és 0,547-0,908 mg O<sub>2</sub>/g talaj). A mért aktivitás

<sup>30</sup> Lal, R. (2005) *Soil & Tillage Research* **81**: 137-142.

<sup>31</sup> Mikanová, O. et al. (2001) *Rostlinna Vyroba* **47**: 117-122.

értékek mindkét talajrétegben gyenge pozitív korrelációban (0-30 cm-es réteg: 0,301-0,633; 30-60 cm-es réteg: 0,325-0,496) voltak a toxikus elemekkel, ami arra utal, hogy a kontrollhoz képest mért néhány %-os koncentrációváltozás inkább serkentőleg, mint gátlólag hatott a mért enzimek aktivitására.

A rendszeresen kijuttatott komposztok hatására 12 év után nem tapasztaltuk a toxikus elemtartalom növekedését, a szennyvíziszap komposzt felhasználható a talaj mikrobiológiai folyamatainak a serkentésére, ezáltal a termékenység javítására az adott homoktalajon, amely szerves anyagokban igen szegény.

**Kulcsszavak:** Makádi Marianna, Aranyos Tibor, Demeter Ibolya, Fehér Bernadett, Tomócsik Attila, szennyvíziszap komposzt, invertáz, kataláz

\*

## **THIACLOPRID FELSZÍVÓDÁSA ÉS MEGJELENÉSE A KUKORICA GUTTÁCIÓS FOLYADÉKÁBAN<sup>32</sup>**

**Mörtl Mária,<sup>a</sup> Juracsek Judit,<sup>a</sup> Magor Csilla,<sup>a</sup> Darvas Béla,<sup>a</sup> Vehovszky Ágnes,<sup>b</sup> Győri János<sup>b</sup> és Székács András<sup>a</sup>**

<sup>a</sup> NAIK Agrár-környezettudományi Kutatóintézet; <sup>b</sup> MTA ÖK BLI Környezet-toxikológiai Munkacsoport

Az EU 2013-ban megszigorította három neonikotinoid hatóanyag felhasználását és a veszélyekre tekintettel felfüggesztette csávázó szerként történő alkalmazásuk engedélyét. A korábban elterjedten használt *thiamethoxam* (TMX) és *clothianidin* (CLO) helyett a méhekre kevésbé toxikus, szintén neonikotinoid *thiacloprid* (TCL) rovarölőszer-hatóanyag alkalmazható. Felszívódó hatású szerként megjelennek a növényi nedvben, talajban perzisztensek, és jó vízdoldhatóságuk miatt felszíni vizek szennyezőiként is detektálhatók.<sup>33</sup> A xilém nedv eredetű guttációs folyadék is tartalmazza a neonikotinoid hatóanyagokat a méhekre veszélyes koncentrációban.<sup>34</sup>

Jelenlegi munkánkban a *TCL* hatóanyag felszívódását és megjelenését vizsgáltuk a kukorica guttációs cseppeiben. Vizsgálatainkban kétféle, egy egyedileg csávázott és egy kereskedelmi forrásból származó vetőmagot használtunk. Utóbbinál a használt csávázó szer *TCL* hatóanyag mellett *triticonazol*, *metalaxyl* felszívódó gombaölő szereket és *fludioxonil* kontakt hatású fungicidet is tartalmazott, melyek koncentrációját szintén mértük. A hatóanyagok koncentrációját folyadékkromatográfiás elválasztást követő UV-detektálással határoztuk meg. Szabadföldön és laboratóriumi körülmények között nevelt növényekről gyűjtöttük a guttációs cseppeket a levelek csúcsáról. Először egyedileg, az előírtnál kisebb dózissal (0,054 mg/mag) csávázott magról kelt kukoricát vizsgáltunk laboratóriumi körülmények között. A kelés után eleinte jellemzően néhány µg/ml szintet határoztunk meg. Még az ötödik héten is 0,31 és 0,56 µg/ml közötti értékeket

<sup>32</sup> Munkánkat az OTKA K112978 program támogatta.

<sup>33</sup> Goulson, D. (2013) *J. Applied Ecology* **50** (4): 977-987.

<sup>34</sup> Girolami, V. et al. (2009) *J. Econ. Entomol.* **102** (5): 1808-1815.



mértünk. Ezután összehasonlítottuk az előírt dózissal (1 mg/mag) kezelt magvakat az egyedileg csávázott magvakkal. A laborban kelt növények guttációs cseppjeiben az előírt adaggal csávázott kukoricáknál egy héten keresztül 100 µg/ml feletti szinteket mértünk, a legnagyobb érték 250 µg/ml körül volt, majd gyorsan lecsökkent a kimutatási határ alá. A párhuzamos ültetvényen 14,7 µg/ml a legnagyobb szint és jellemzően néhány µg/ml volt a *TCL* hatóanyag koncentrációja.

A kereskedelmi forgalomból beszerzett csávázott vetőmagról kelt kukoricánövény guttációs cseppjeiben a *TCL* az ültetés után mintegy 5 héttel is mennyiségileg meghatározható koncentrációban volt jelen, és mintegy 2 hétig magas szintet ért el. Néhány kiugró értéktől (60, 91 és 83 µg/ml) eltekintve mintegy 50 µg/ml szintig emelkedett a *TCL* koncentrációja, majd fokozatosan µg/ml nagyságrend alá csökkent. Ebben a periódusban volt mérhető jellemzően néhány µg/ml szinten a *triticonazol* és a *metalaxyl*, de a felszívódó gombaölő szerek koncentrációja rendre jóval kisebb volt a *TCL* koncentrációjánál. Az átszennyezést egymás mellé ültetett *TCL* és *TMX* vagy *CLO* hatóanyaggal csávázott, vagy csávázatlan magvokról kelt kukoricákon tanulmányoztuk. A csávázatlan kukoricák guttációs folyadékában mérhető hatóanyag szint 2 hét után hasonlóvá vált a *TCL* hatóanyaggal csávázott magról kelt növényeknél mérhető szintekkel (<30 µg/ml). A kétféle módon csávázott magvaknál is jelentős az átszennyezés, melynek mértékében a hatóanyagok vízdoldhatósága a meghatározó.

**Kulcsszavak:** Mörtl Mária, Darvas Béla, Vehovszky Ágnes, Györi János, Székács András, neonikotinoid, *thiacloprid*, guttáció

\*

## TELEPÜLÉSI SZILÁRD HULLADÉKLERAKÓ MŰKÖDÉSÉNEK JELLEMZÉSE KÖRNYEZETI SZEMPONTBÓL

Murányi Attila,<sup>a</sup> Erdélyi Attila,<sup>a</sup> Kontra Jenő,<sup>b</sup> Várfalvi János,<sup>b</sup> Magyar Tamás<sup>c</sup>  
és Faitli József<sup>c</sup>

<sup>a</sup> A.S.A. Magyarország Kft., Gyál; <sup>b</sup> BME Építésmérnöki Kar, Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék, Budapest; <sup>c</sup> Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar, Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet, Miskolc; <sup>d</sup> MTA Agrártudományi Kutatóközpont, Talajtani és Agrokémiai Intézet, Budapest

Magyarországon a közszolgáltatás keretében elszállított települési hulladék 72%-a, 2034986 tonna települési szilárd hulladéklerakókba (depóniákba) került. A depóniák heterogén, nyílt, a felszínen bolygatott, a felszín alatt bolygathatatlan rendszerek.

Kutatásaink célja: a depónia működésének jellemzése.<sup>35</sup> Elemeztük a depóniagáz összetételét a depóniagázt termelő kutakban. 58 kút mérési adatait értékeltük az idő függvényében. Az átlagos metán koncentráció 55%, az átlagos széndioxid koncentráció pedig 37% volt.

---

<sup>35</sup> Kutatásainkat a KMR\_12-1-2012-0128 számú projekt támogatta.

Kidolgoztuk a depónia hőmérséklet mérésének módszerét a mélység függvényében. 10 monitorozási ponton 10 mélységben mértük a depónia hőmérsékletét. A külső levegő hőmérsékletétől függetlenül a depónia belsejében, 6-15 m mélységben, magas a hőmérséklet. A depónia ütemek hőmérsékletváltozását a felszíntől számított mélység függvényében elemeztük. A hőmérséklet időbeni lefutása jellemző a vizsgált depónia szelvény működésére (stabil, melegedő, lehülő szelvény). Meghatároztuk a depóniaszintek hőmérsékletének időbeni átlagát. A hőmérséklet átlag minimuma +36 °C, maximuma +60 °C volt.

A depónia működésének közvetett jellemzését a depóniából távozó anyagok összetett analizisére építettük. Konceptciónk szerint a depóniagázok és csurgalékvizek mennyisége és minősége közvetve jellemzi a depónia működését, a depóniában lejátszódó folyamatokat.

A depóniagáz összetételének mérésére gázmintavételi rendszert alakítottunk ki. A mért metán koncentrációk az 53±4% tartományt, a széndioxid koncentrációk pedig a 39±8% tartományt ölelték át.

A depóniagáz összetételét meghatároztuk a depónia felszínén is. A 40 mérési pontból csak 11 esetben tudtuk kimutatni a metán jelenlétét. A mért metánkoncentrációk a 0,1-0,8 CH<sub>4</sub> % tartományba estek. A depónia felszínén mért metán koncentrációk nagyságrendekkel kisebbek, mint a depónia belsejében mérhető metán koncentrációk.

A csurgalékvíz jellemzése céljából kidolgoztuk a minták összetett (kémiai és biológiai) jellemzését. Elemeztük a csurgalékvizek toxikus elemtartalmát. A toxikus elemek koncentrációit összevetettük a szennyvízben megengedhető határértékekkel. A csurgalékvizek toxikus elemtartalma (Hg, Cd, Se, As, Pb, Co, Mo, Ni, Cr, Cu, Zn, Ba, Fe, Al, Mn) nem haladta meg a szennyvizekben megengedett határértékeket.

Összefoglalóan megállapítható, hogy a helyesen művelt depónia működése nem terheli a környezetet depóniagázokkal, hő fejlődéssel, toxikus elemekkel. A helytelen művelés illetve a művelés felhagyása viszont jelentős környezeti kockázatokkal járhat.

*Kulcsszavak:* Murányi Attila, Erdélyi Attila, Kontra Jenő, Fajtli József, települési szilárd hulladéklerakó, depóniaműködés, csurgalékvíz, depóniagáz

\*

## **AZ 1962 ÉS 2014 KÖZÖTT HAZÁNKBAN ALKALMAZOTT ZOOCID HATÓANYAGOK AKUT TOXICITÁSA [N<sup>o</sup>4]**

**Nechay Erzsébet, Simon László, Gyurcsó Gergő és Darvas Béla**

NAIK Agrár-környezettudományi Kutatóintézet, Ökotoxikológiai Osztály, Budapest

Az akut toxicitás mérőszámai eltérnek az alkalmazás módja (orális, dermális, inhalációs) szerint. Változtathat rajta a formázás és a területi dózis. Az EPA veszélyességi kategória besorolása szerint az orális és dermális toxicitáshoz

(mg hatóanyag/testsúly kg) képest az inhalációs toxicitás közel ezerszer jelentősebb ( $\mu\text{g}$  hatóanyag/testsúly kg).

Az utóbbi ötven évben, hazánkban forgalomba került [199 zoocid hatóanyag](#) közül 54 értéke nem található meg a *Pesticide Manual* kötetében. A hiányzó adatok a biológiai védekezésben használt készítményekre, növényi olajokra, valamint régi hatóanyagokra (pl. klórozott szénhidrogének) vonatkoznak. Az értékelt 145 hatóanyagból mindenevő emlős modellfajon, *Rattus norvegicus* (vándorpatkány hím) 25 jelentősen mérgező, 54 közepesen mérgező, 36 enyhén mérgező és 30 a nem mérgező kategóriába sorolható. A jelentősen mérgező hatóanyagok (az  $LD_{50}$  érték  $<50$  mg/kg): *fenamiphos*, *methomyl*, *oxamyl* és *tefluthrin*, amelyek talajfertőtlenítésre még 2015-ben is felhasználhatók.

Az értékelt 148 hatóanyag-adat összevetését madarakra szinte lehetetlenné teszi, hogy az akut hatás felmérésére többféle módszert (általában 5 és 8 napos  $LD_{50}$  értékek) alkalmazzanak és a modellfajok száma is magas (16 faj). A legtöbb adat a virginiai fogasfűrj, *Colinus virginianus* (134) és a tőkés réce, *Anas platyrhynchos* (133) fajokra vonatkozik. A magevőket modellező *C. virginianus* fajra a *dimethoate*, *fenamiphos*, *methomyl*, *oxamyl* és *pirimicarb*; míg a vízi madarakat reprezentáló *A. platyrhynchos* fajra a *dimethoate*, *fenamiphos*, *methiocarb*, *methomyl* és *pirimicarb* jelentősen mérgezők (az  $LD_{50}$  érték  $<50$  mg/kg). Az adatok az [Univ. Hertfordshire](#) adatbázisával – amely ma az egyik legjelentősebb – összevetésre kerültek.

Az értékelt 146 hatóanyag-adatot 24 fajon mérték (96 órás  $LC_{50}$  érték). Szivárványos pisztrángra (*Oncorhynchus mykiss*) 121 adat vonatkozik, és jelentősen mérgezőnek (az  $LC_{50}$  érték  $<50$   $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) mutatkozott az *abamectin*, *cypermethrin*, *chlorpyrifos*, *esfenvalerate*, piretrinek, *pyridaben*, *spirodiclofen*, *tebufenpyrad* és *tefluthrin*. A kékkopoltyús naphalra (*Lepomis macrochirus*) 77 adat található és hasonlóak voltak az eredmények. A piretroidok emelhetők ki, mint kiemelkedően toxikus szercsoport.

125 hatóanyagra találtunk *Daphnia* adatot. Kiemelkedő toxicitást mutatott a *cypermethrin* és *tefluthrin* (ng/l nagyságrend).

Csupán 99 hatóanyag esetében találtunk mézelő méhre (*Aphis mellifera*) vonatkozó eredményt. A tesztek közül kontakt hatást vizsgált 73, míg 56 orális aktivitást. A *chlorpyrifos*, *deltamethrin*, piretrinek és *tefluthrin* bizonyult méhekre rendkívül toxikusnak (pg/egyed nagyságrend). A csípőszúnyog irtásban éppen a *deltamethrin* használható fel.



Algabója – fotó: Cséffán Tamás, Darvas Béla és Pasaréti Gyula<sup>©</sup>

85 hatóanyag gilisztákon végzett vizsgálata vált ismertté, 37 ezek közül közönséges földigiliszta (*Lubricus terrestris*) fajra vonatkozik, itt a *clothianidin*, *dimethoate*, *piretrinek*, *pyridaben* és *tefluthrin*; míg 30 vizsgálatot trágyagilisztán (*Eisenia foetida*) végeztek el, s itt az *imidacloprid* és *methomyl* bizonyult kiemelkedően toxikusnak (az érték <50 mg/kg).

Az [európai re-regisztráció](#) jelentős munka után még sok, az ökoszisztémára veszélyes anyagot hagyott a rovar- és atkairtás gyakorlatában és az egyes területeken is sok adat hiányzik, vagy nehezen összehasonlítható. A hasznos élőszervezetekre (parazitoidok és predátorok) kiterjedő vizsgálatok hiányában kérdéses, hogy mire épülnek korunk integrált technológiái. Az említett hatóanyagok bizonyosan nem felelnek meg ehhez.

**Kulcsszavak:** Nechay Erzsébet, Simon László, Gyurcsó Gergő, Darvas Béla, zoocidok, akut toxicitás, integrált védekezés

\*

## A KÖRNYEZET- ÉS ÉLELMISZER-BIZTONSÁGI KOCKÁZATOK SÚLYOZÁSA A GLYPHOSATE GYOMIRTÓ-HATÓANYAG ÉS ADJUVÁNSAI PÉLDÁJÁN

Ottucsák Marianna,<sup>a</sup> Takács Eszter,<sup>b</sup> Klátyik Szandra,<sup>b</sup> Darvas Béla<sup>b</sup> és  
Székács András<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Szie Környezettudományi Doktori Iskola, Gödöllő; <sup>b</sup> NAIK Agrár-környezettudomány Kutatóintézet, Budapest

A növényvédő szerek engedélyezésének alapja a tudományos bizonyítékokon alapuló kockázatbecslés, melynek alapvető tényezői a veszély azonosítása, a dózis-válasz értékelése, a kitettség (expozíció) becslése és a kockázat jellemzése. A kockázatbecslés feladata a veszélyes anyagnak való kitettség következményeként jelentkező, egészséget és környezetet károsító hatás megvalósulási valószínűségének meghatározása és a tudományos ismeretek bővülésével időszakos újraértékelése. A kockázatbecslés eredményeire támaszkodik az azzal folyamatos visszacsatolásban működő döntéshozatali eljárás, a kockázatkezelés, illetve a kockázati kommunikáció az érdekcsoportok, így a hatóságok, a szakmai civilszervezetek és a lakosság, valamint az ipari képviselők felé. Az engedélyezési folyamatok azonban csak az aktív hatóanyagra vonatkozó teljes kockázatelemzést írják elő, a különböző adalékanyagok egyedi vizsgálatát nem. A vizsgált vegyület humán- és a környezet-egészségügyre gyakorolt hatásának tartalmaznia kell a veszély és a kockázat mértékét, a vegyület közvetlen káros hatását, a formázószereket tartalmazó keverék hatását. Növényvédőszer-hatóanyagok esetében a kockázatbecslést és kezelés eredményeként a kockázatcsökkenést – az Európai Unió tagállamaiban 2008 óta egységes – maximálisan megengedett szermaradék-szintek megállapításával érik el, mind a takarmányok, mind az élelmiszerek esetében.

A *glyphosate* gyomirtószer-hatóanyagra toleráns géntechnológiai úton módosított (GM) növények megjelenése óta a hatóanyag világszintű felhasználása jelentősen növekedett, ennek következményeként határértékét számos termékre módosították: lencse esetében 2012-ben 100-szor, szójára 1999-ben 200-szor magasabb értéket állapítottak meg a korábbihoz képest. A *glyphosate* citotoxikus, genotoxikus, mutagén és hormonmoduláns hatását 2001. évi engedélyezése óta számos tanulmány elemezte, ezeken belül saját kísérleteink is igazolták a hatóanyag, de még inkább formázó szereit citotoxicitását különböző sejtvonalakon.<sup>36</sup> Az új eredmények hatására a Nemzetközi Rákkutatási Ügynökség (*International Agency for Research on Cancer, IARC*) 2015-ben a *glyphosate*-ot az emberen feltételezhetően rákkeltő (**2A**) kategóriába sorolta. El Salvador elsőként tiltotta be (2013) a *glyphosate*-hatóanyagú herbicidek mezőgazdasági alkalmazását, mely intézkedést Srí-Lanka 2015-ben követett. Hollandiában egy tavaly hozott törvény 2015 novemberétől tiltja a hatóanyag nem mezőgazdasági célú alkalmazását, Franciaországban a ROUNDUP értékesítése magánszemélyeknek tilos. A hatóanyagok a német Szövetségi Kockázatértékelési Intézet (*Bundesinstitut für Risikobewertung, BfR*) által végzett, mintegy 900 tudományos vizsgálat (ezek között több mint 150 új toxikológiai vizsgálat) eredményeire támaszkodó, 2015 augusztusában lezárult újraértékelése megállapította, hogy az nem mutat mutagén, teratogén és karcinogén hatást, továbbá nincs reprodukciót károsító hatása. A mért toxicitásnál meggyőző bizonyítékot találtak, hogy a *glyphosate*-tartalmú gyomirtó szerekben használt polietoxilált faggyúamin felületaktív vegyület (*POEA*) toxikus hatása, ezért a *BfR* különös figyelmet fordított a segédanyagokra, azok adatait beépítették a toxikológiai értékelésbe.

*Kulcsszavak:* Ottucsák Marianna, Takács Eszter, Klátyik Szandra, Darvas Béla, Székács András, *glyphosate*, kockázatbecslés, kockázatkezelés, *POEA*

\*

## **LABORATÓRIUMI MÓDSZERFEJLESZTÉS AZ URBANIZÁCIÓ HATÁSÁNAK HATÉKONYABB VIZSGÁLATÁHOZ AZ ÍZELTLÁBÚAK MIKROELEM ÖSSZETÉTELE ALAPJÁN**

**Papp Dalma,<sup>a</sup> Harangi Sándor,<sup>a</sup> Baranyai Edina,<sup>b</sup> Tóthmérész Béla<sup>c</sup> és Simon Edina<sup>a</sup>**

<sup>a</sup> Debreceni Egyetem, Ökológiai Tanszék, Debrecen; <sup>b</sup> Debreceni Egyetem, Szervetlen-és Analitikai Kémiai Tanszék, Debrecen; <sup>c</sup> MTA -DE Biodiverzitás Kutatócsoport

A városiasodás jelentős környezeti terhelést okoz, ezáltal kockázatot jelent a szárazföldi ökoszisztéma egészére.<sup>37</sup> Az antropogén tevékenységeknek és a városiasodásnak jelentős környezetterhelő hatása van a szárazföldi gerinctelenek

<sup>36</sup> Állatgyógyászati és mezőgazdasági felületaktív anyagok mechanizmusfüggő teratogén, hormonmoduláns és egyéb toxikus hatásai. OTKA K 109865 (2013-2017)

<sup>37</sup> Purchart, L. et al. (2010) *Community Ecol.* **11**: 242-249.

populációira.<sup>38-39</sup> Mivel a szárazföldi gerinctelenek élőhelye szoros kapcsolatban van az avarral és a felszíni talajjal, ezért kiválóan alkalmasak indikátor szervezetként a szárazföldi ökoszisztémát érő antropogén tevékenységek hatásának becslésére.

Az eddig felhasznált környezetanalitikai módszerek többsége igen költséges és időigényes, ezért célunk költséghatékony mintafeltárási és előkészítési módszerek tesztelése volt, különböző taxonok; lisztbogár (*Tenebrio molitor*), közönséges gömbászka (*Armadillidium vulgare*) és tavaszi ganajtúró (*Geotrupes vulgaris*) egyedenkénti és homogenizált minták elemösszetételének vizsgálata alapján. A mintafeltárás során atmoszférikus és nagy nyomáson történő roncsolást alkalmaztunk, a mikroelemek (Ba, Cu, Fe, Mn, Pb, Sr, Zn) meghatározását pedig mikrohullámú plazma atomemissziós spektrometria segítségével végeztük el. Standard és cézium-kloridos addíciós vizsgálattal teszteltük a vizsgált roncsolási módszereket.

A három taxon elemösszetétel alapján jól elkülönül egymástól kanonikus diszkriminancia analízis alapján (CDA). Az atmoszférikus és a nagy nyomáson történő roncsolás alapján különbséget tapasztaltunk a lisztbogár homogenizátum Cu, Fe, Mn és Zn koncentrációjában, a lisztbogár egyedek Cu és Zn koncentrációjában, a közönséges gömbászka homogenizátum Ba, Cu, Fe, Mn, Pb és Sr koncentrációjában, a közönséges gömbászka egyedek Ba, Cu, Fe, Mn, Sr és Zn koncentrációjában, a tavaszi ganajtúró homogenizátum Ba, Fe, Mn és Pb koncentrációjában, valamint a tavaszi ganajtúró egyedek Ba, Fe, Mn, Sr és Zn koncentrációjában. Különbséget tapasztaltunk a nagy nyomáson történő roncsolással feltárt cézium-kloriddal nem kezelt és cézium-kloriddal kezelt minták között is, lisztbogár homogenizátum Cu (TB:  $0,11 \pm 0,04$ ; TBCsCl:  $0,10 \pm 0,04$ ), a közönséges gömbászka egyedek Cu (TB:  $0,09 \pm 0,02$ ; TBCsCl:  $0,11 \pm 0,02$ ) és a tavaszi ganajtúró homogenizátum Pb (TB:  $0,12 \pm 0,04$ ; TBCsCl:  $0,12 \pm 0,04$ ) koncentrációja között. Atmoszférikus feltárás során a cézium-klorid kezelt és nem kezelt minták között különbséget tapasztaltunk a lisztbogár egyedek Pb és Sr koncentrációja, a tavaszi ganajtúró homogenizátum és az egyedek Cu koncentrációja között.

A cézium-klorid a várt értékektől szignifikánsan kisebb koncentrációt eredményezett, ezért az irodalmi ajánlásokkal ellentétben rovar taxonok MP-AES készülékkel történő elemzése során nem ajánlott alkalmazása.<sup>40</sup> A két feltárási módszer közül az atmoszférikus nyomáson történő roncsolással feltárt minták elemösszetétele nem különbözött jelentősen a várt értékektől.

**Kulcsszavak:** Papp Dalma, Harangi Sándor, Baranyai Edina, Tóthmérész Béla, Simon Edina, MP-AES, standard addíció, *Tenebrio molitor*, *Armadillidium vulgare*, *Geotrupes vulgaris*, diszkriminancia analízis



<sup>38</sup> Magura, T. et al. (2010) *Global Ecol. Biogeogr.* **19**: 16-26.

<sup>39</sup> Heikens, A. et al. (2001) *Environ. Pollut.* **113**: 385-393.

<sup>40</sup> Guerlin, A. et al. (2012) [https://www.agilent.com/cs/library/applications/5991-0048EN\\_AppNote\\_4100MP-AES\\_Agriculture\\_soil.pdf](https://www.agilent.com/cs/library/applications/5991-0048EN_AppNote_4100MP-AES_Agriculture_soil.pdf)

## OCHRATOXIN A ÉS FUMONIZIN B<sub>1</sub> TERHELÉS RÖVIDTÁVÚ HATÁSA A *GPX4* GÉNEK EXPRESSZIÓJÁRA PONTY FAJBAN (*CYPRINUS CARPIO*)<sup>41</sup>

Pelyhe Csilla,<sup>a</sup> Kövesi Benjámín,<sup>a</sup> Zándoki Erika,<sup>b</sup> Kovács Balázs,<sup>c</sup> Mézes Miklós<sup>a</sup> és Balogh Krisztián<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Szent István Egyetem, Takarmányozástani Tanszék, Gödöllő; <sup>b</sup> MTA-KE Mikotoxinok az Élelmiszerláncban Kutatócsoport, Kaposvár; <sup>c</sup> Szent István Egyetem, Halgazdálkodási tanszék, Gödöllő

A fumonizin B<sub>1</sub> (FB<sub>1</sub>) *Fusarium* fajok által termelt mikotoxin, melyek közül a *Fusarium verticillioides* világszerte a leggyakoribb kukoricát fertőző penész. Az FB<sub>1</sub> hepatotoxikus és nefrotoxikus hatását több állatfajban is megfigyelték. Ezen felül, karcinogén hatását is leírták a májban és vesében. Jól ismert, hogy lovakban leukoencephalomalacia-t, sertésekben pedig tüdőödémát okoz. Kromoszóma rendellenességet már alacsony FB<sub>1</sub> dózisok mellett is megfigyeltek patkány sejtvonalakon, valamint a lipid-metabolizmus és a sejtnövekedés gátlását is leírták. Az FB<sub>1</sub> volt az első olyan ismert xenobiotikum, amely specifikus inhibitora a *de novo* szfingolipid anyagcserének. *In vivo* és *in vitro* kísérletekben azt is kimutatták, hogy az FB<sub>1</sub> expozíció hatására megemelkedett a lipidperoxidációs folyamatok intenzitása, amely kihat a szervezet antioxidáns rendszerére is.

Az ochratoxin A (OTA) az *Aspergillus* és *Penicillium* fajok által termelt mikotoxin, amely világszerte az egyik leggyakoribb mikotoxin. Az OTA gátolja az RNS és fehérjeszintézist és a mitokondriális légzési láncot. Hatásai között megfigyelték a DNS addukt képződést, valamint a nefrotoxikus hatást is, az apoptózis indukció és a szignál-transzdukciós folyamatok megzavarása mellett. A reaktív oxigéngyök (ROS) képződés fokozása révén ezek mellett oxidatív stresszt idéz elő, amely során megfigyelték a lipidperoxidációs folyamatok intenzitásának növekedését, valamint az antioxidáns rendszer aktiválódását. Ugyanakkor ezeknek a mikotoxinoknak halakra kifejtett hatását eddig csak kevesen vizsgálták.

Kísérletünk során FB<sub>1</sub> illetve OTA hatását vizsgáltuk növendék pontyok (n=60; testtömeg: 35,92±2,82 g) szervezetére, mindkét mikotoxint 3,00 mg/kg testtömeg (ttm) koncentrációban adagolva, két ismétlésben. A kontroll, illetve a FB<sub>1</sub> vagy OTA toxinnal szennyezett takarmányt, egy hét akklimatizációs időt követően, szondán keresztül közvetlenül a halak gyomrába juttattuk. A mintavételek a takarmány bejuttatását követően 8 óránként történtek 24 órán keresztül, amelynek során kezelésenként 6 egyedből vettünk májmintákat. A kísérlet során a foszfolipid hidroperoxidáz glutation-peroxidáz gének (*gpx4a* és *gpx4b*) expressziós változásait követtük nyomon, mivel a Gpx4 enzim halak esetében kulcsfontosságú a glutation-redox rendszerben, amit az is bizonyít, hogy a májban az összes GPx aktivitás 30%-áért felel. A *gpx4a* és *gpx4b* gének expressziójában a 8. órai mintavételkor mind a két gén, illetve a fumonizin B<sub>1</sub> és az ochratoxin A kezelés esetében a kontrollhoz viszonyítva csökkenést figyeltünk meg, amit a későbbiekben emelkedés követett.

<sup>41</sup> A kutatás az OTKA PD 104823, a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj (BO/261/13 és BO/499/13), valamint a Kutató Kari Kiválósági Támogatás 9878-3/2015/FEKUT támogatásával valósult meg.

Ennek a változásnak a háttérében a *Nuclear factor-erythroid 2-related factor-2 – Antioxidant Response Element* (Nrf2-ARE) útvonal kezdeti gátlása, majd indukciója állhat, amelyet a kialakuló oxidatív stressz indukálhat.

**Kulcsszavak:** Pelyhe Csilla, Zándoki Erika, Balogh Krisztián, Kovács Balázs, Mézes Miklós, fumonizin B<sub>1</sub>, ochratoxin A, *Cyprinus carpio*, foszfolipid-hidroperoxid glutation-peroxidáz, génexpresszió

\*

## VÍZI MONITOROZÁSRA JAVASOLT NÖVÉNYVÉDŐSZER-HATÓANYAGOK

**Pethő Ágnes, Bleicher Edit, Repkényi Zoltán és Dienes Dóra**

NÉBIH Növény-, Talaj- és Agrárkörnyezet-védelmi Igazgatóság (NTAI), Értékelési Osztály, Budapest

A növényvédőszer-hatóanyagok, illetve készítményeik engedélyezése során modellszámítások révén értékelésre kerül a környezeti hatás, beleértve a talajvíz és felszíni vízszennyeződés, továbbá a vízi szervezetekre jelentkező kockázat. Azonban a felszíni vizeinket és felszín alatti vízkészletünket érő valós terhelést csak a vizekre nézve aggályos hatóanyagok rendszeres analitikai nyomon követésével lehet felmérni.

A vízi monitorozásra javasolt növényvédőszer-hatóanyagok listájának elkészítéséhez alapul szolgáltak a hatóanyagok uniós értékelése során meghatározott, környezeti szempontból releváns fizikai-kémiai paraméterei, valamint a vízi élőlények különböző csoportjainak ökotoxikológiai sajátosságai. A javaslat felállításakor azok az uniós és hazai ajánlások is figyelembe vételre kerültek, melyek a vízvédelmi szempontból releváns növényvédőszer-hatóanyagokat sorolnak fel (60/2000/EK Vízkeret Irányelv elsőbbségi anyagok jegyzéke, 220/2004 K.r. felszíni vizek minősítéséről, FAVI Környezethasználati monitorozási alrendszer – FAVI-MIR-K 2000-2012, 2004. évi OTH-lista, NTKSZ-MGSZH-NÉBIH környezeti minták eredményei 2002-2010). Az ott szereplő hatóanyagokat tartalmazó magyarországi engedéllyel rendelkező készítmények kerültek górcső alá, figyelembe véve a forgalmi kategóriát, a felhasználás éves mennyiségét, a vízveszélyességet, az okiratban rögzített környezeti vonatkozású korlátozásokat.

A felülvizsgálat során áttekintésre kerültek a készítmény-dossziék, melyek elkészítése és értékelése uniós jogszabályok és útmutatók előírásainak megfelelően történik. Mindezek mellett a hazai értékelést segíti a Módszertani Gyűjtemény környezeti és ökotoxikológiai fejezete. Az értékelés lényeges eleme, hogy a készítmények nem csupán veszélyességi, hanem kockázati alapon kerülnek elbírálásra. A veszélyességi alapú megközelítést felülírja az uniós alapelveknek megfelelő kockázati értékelés, melyben meghatározásra kerülnek az emberi vagy állati egészség, illetve a környezet védelme érdekében követendő biztonságos használatra utaló szabványmondatok (*SP*). Az *SP* mondatok típusa és mennyisége jelzi az adott készítmény felhasználásából adódó kockázat nagyságát. Kockázat-csökkentő intézkedésként szóba kerülhet egy adott készítmény felhasználási



idejének, kijuttatási dózisének, gyakoriságának és módjának korlátozása. További szempont volt a kiválasztott hatóanyagok éves felhasználása. Az adatok forrásai POP (*persistent organic pollutant*) besorolású és *atrazine* hatóanyagot tartalmazó növényvédő szerekre vonatkozó felhasználási adatok esetén korábbi tanulmányok,<sup>42</sup> és az NTAI (2010-2013 közötti) [adatbázisai](#).

Mindezek alapján vízi monitorozásra összesen 31 növényvédőszer-hatóanyagot javasoltunk. Ebből folyamatos monitorozásra hét már visszavont (*atrazine*, *DDT*, *endosulfan*, *alpha*- és *beta-HCH*, *lindane*, *HCB* és *acetochlor*) és tizenhárom (*glyphosate*, réz-készítmények, *S-metolachlor*, *mankozeb*, *terbuthylazin*, *2,4-D*, *dimethenamid-P*, *captan*, *chlorpyrifos*, *tebuconazole*, *metazachlor*, *dicamba* és *chlorothalonil*) engedélyezett hatóanyag, míg ideiglenes monitorozásra két visszavont (*carbendazim* és *flusilazole*), valamint további kilenc még engedélyezett hatóanyag (kén, *pendimethalin*, paraffinolajok, *bentazon*, *thiram*, *folpet*, *imazamox*, *MCPA* és *dimethoate*) került javaslatra.

**Kulcsszavak:** Pethő Ágnes, Bleicher Edit, Repkényi Zoltán, Dienes Dóra, növényvédőszer-engedélyezés, környezeti és ökotoxikológiai értékelés, monitorozás, kockázatelemzés

\*

## **AFLATOXINTERMELŐ *ASPERGILLUS FLAVUS* ÉS *ASPERGILLUS PARASITICUS* TÖRZSEK JELENLÉTE MAGYARORSZÁGON<sup>43</sup>**

**Sebők Flóra,<sup>a</sup> Dobolyi Csaba,<sup>a</sup> Zágoni Dóra,<sup>a</sup> Risa Anita,<sup>a</sup> Krifaton Csilla,<sup>a</sup> Hartman Mátyás,<sup>b</sup> Cserhádi Mátyás,<sup>a</sup> Szoboszlai Sándor<sup>a</sup> és Kriszt Balázs<sup>a</sup>**

<sup>a</sup> Szent István Egyetem, Környezetbiztonsági és Környezettoxikológiai Tanszék, Gödöllő;

<sup>b</sup> Zöld Híd Régió Nonprofit Kft., Gödöllő

Az aflatoxinok jelentős egészségügyi és mezőgazdasági problémát okozó, természetes eredetű mikroszennyezők, közülük az aflatoxin B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>) a legveszélyesebb karcinogén, mutagén, teratogén, citotoxikus és immunszuppresszív hatása miatt. A 2003-as észak-olaszországi aflatoxinszennyezés előtt főként csak a trópusi, szubtrópusi területeket érintette ez a probléma, azonban a klímaváltozást jelző forró és száraz nyarak elősegíthetik az aflatoxintermelő penészgombák európai megtelepedését, növelve ezzel az aflatoxinok Európában termelt élelmiszerekben való megjelenésének kockázatát. Az elmúlt évtizedben már mutattak ki aflatoxintermelő gombákat, illetve határérték feletti aflatoxinszinteket mérsékelt égövi európai országokban. Hazai élelmiszerekből izolált *Aspergillus flavus* törzsek mikotoxintermelő képességét az 1990-es évek elején vizsgálták először; akkor a 32 *Aspergillus flavus* törzs közül egy sem volt képes az AFB<sub>1</sub> bioszintézisére.<sup>44</sup> 2009 és 2010 között 104 hazai kukoricatermő területről gyűjtött mintában az esetek 63,5%-ban kimutatható volt a penészgomba, sőt a törzsek 18,8%-a képes volt 5 µg/kg-nál

<sup>42</sup> Pethő Á. (2011) *Biokontroll* 3: 12-23; Pethő Á. (2013) NÉBIH-NTAI tanulmány 1-32.

<sup>43</sup> A kutatási munka a KTIA\_AIK\_12-1-2013-0017, valamint a Kutató Kari Kiválósági Támogatás – *Research Centre of Excellence* – 9878-3/2015/FEKUT projektek támogatásával készült.

<sup>44</sup> Richard, J. L. et al. (1992) *Mycopathologia* 120: 183-188.

nagyobb mennyiségű AFB<sub>1</sub> termelésére.<sup>45</sup> 2010-ben 83 vizsgált gabonamintából háromban találtak a megengedettnél magasabb AFB<sub>1</sub> szintet.<sup>46</sup>

Célul tűztük ki, hogy Magyarország kukoricatermő területein felmérést végzünk az aflatoxinogén *Aspergillus* gombák jelenlétére vonatkozóan. 2013 júliusa és 2014 októbere között 196 hazai kukoricatermő területről gyűjtöttünk talaj- és kukoricamintát. Mikológiai tenyésztéses módszerrel feldolgozott mintákból 114 *Aspergillus Flavi* szekcióba tartozó penészgombát izoláltunk. Az izolátumok aflatoxintermelő képességét az aflatoxin DNS-károsító hatásának kimutatására alkalmas *SOS-Chromo* teszttel detektáltuk, valamint PCR technikával vizsgáltuk az AFB<sub>1</sub> bioszintézisében szerepet játszó két strukturális (*afID*, *afIP*) és egy regulátor (*afIR*) gén jelenlétét. A 2013-ban gyűjtött talajminták 26,9%-ából, míg a kukoricaminták 42,3%-ából kimutathatók voltak az *Aspergillus Flavi* szekcióba tartozó penészgombák, ezek az arányok 2014-re 16,1%-ra, illetve 34,7%-ra csökkentek. A hagyományos morfológiai bélyegek és a részleges kalmodulin szekvencia analízise alapján a törzsek túlnyomó többségét *Aspergillus flavus*-ként, míg 4 törzset *Aspergillus parasiticus*-ként azonosítottuk. A 110 *A. flavus* törzsből 50 törzs bizonyult aflatoxintermelőnek, míg a 4 *A. parasiticus* törzs mindegyike képes volt az aflatoxin szintézisére. Az ország minden régiójából tudtunk kimutatni aflatoxinogén *A. flavus* törzset. *A. parasiticus*-t a dél-alföldi és a dél-dunántúli talajmintákban, valamint egy nyugat-dunántúli kukoricamintából izoláltunk. Az aflatoxin termelésére képes *Aspergillus* fajok és törzsek előfordulása a magyar mezőgazdasági termékekben komoly egészségügyi kockázatot jelent.

**Kulcsszavak:** Sebők Flóra, Dobolyi Csaba, Zágoni Dóra, Risa Anita, Krifaton Csilla, Kriszt Balázs, aflatoxin, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus*, *SOS-Chromo* teszt

\*

## KÖRNYEZETANALITIKAI VIZSGÁLATOK A BUDAPESTI VEGYIMŰVEK VOLT ILLATOS ÚTI TELEPHELYE KÖRNYÉKÉN

Simon Gergely

Greenpeace Kelet- és Közép-Európa

A Budapesti Vegyiművek (BVM) volt Illatos úti telephelyén korábban kármentesítést végző [Elgoscscar-2000 Laboratóriumának 2011-es vizsgálatai](#) szerint a benzol és a klór-benzol koncentrációja (nagy valószínűséggel a BVM 2,4,5-T – TRIFENOXIN és *klorinol/fenteracol* – BUVINOL – gyártásával függhet ez össze)<sup>47-48</sup> a BVM alatti talajvízben egyes pontokon meghaladta a 85 mg/l értéket. A benzol esetén a 'B' típusú határérték 0,001 mg/l. Más halogénezett alifás és aromás komponens is jelentős mennyiségben mutatható ki a talajban. Azt, hogy a talajvíz-

<sup>45</sup> Dobolyi, Cs. *et al.* (2013). *Acta Aliment. Hung.* **42**: 451-459.

<sup>46</sup> Borbély, M. *et al.* (2010) *J. Agroaliment. Processes Technol.* **16**: 96-98.

<sup>47</sup> Bánki L. szerk. (1976) *Egy peszticid kifejlesztése, mint komplex tudományos feladat.* Medicina, Budapest.

<sup>48</sup> Darvas B. (2000) [Virágot Oikosnak](#). l'Harmattan, Budapest

szennyezés kijutott a gyári területől, alátámasztják a [Wessling Hungary, Ferencváros területén végzett mérései](#). A telephely mellett az Illatos árokból vett mintákban a víz szennyezettsége, klór-benzol, triklór-fenol és *DDT/DDD/DDE* esetében kis mértékben, míg a telephelyi hordókban nagy mennyiségben található 3-(trifluorometil)-benzamin esetében három nagyságrenddel haladta meg a talajvízre megadott 'B' határértéket. A *DDT/DDD/DDE* koncentráció több, a József Attila lakótelepen vett pontban egy nagyságrenddel haladta meg a 'B' határértéket, míg a talajban egy pontban volt a 'B' határérték duplája. A talajvízszennyezés forrása jó eséllyel a talaj szennyezettsége.

Hogy juthatott ki a talajszennyezés a gyári területől lakott területre, arról nem áll rendelkezésre hatósági vizsgálat. Korábbi mérések (Bálint Analitika, 2015) szerint több pontban a *DDT/DDD/DDE* együttes koncentrációja meghaladja az 50 mg/kg-ot (a BVM MATADOR néven gyártott *DDT* tartalmú készítményt), ami a hatályos hazai határérték több mint 500-szorosa. A *DDT* és bomlástermékeinek (*DDE* és *DDD*) kijutására utaló méréseket végeztünk, valamint megvizsgáltuk, hogy a nagymennyiségben tárolt anyagok kimutathatóak-e a környezetben. Mivel a *DDT* és bomlástermékei bioakkumulatív vegyületek, amelyek lipidgazdag szövetekben halmozódnak fel, továbbá tejfel és tojással is ürülnek,<sup>49</sup> ezért a környéken a szennyezett területtől ~600 méterre élő lakostól kértünk saját termelésű tyúktojás-mintákat. A vizsgálatok szerint az összes *DDT* koncentrációja (azaz a *DDT* és bomlástermékei együttesen, lásd 369/2005/EK) mindkét tojásmintában meghaladta a vonatkozó határértékeket (0,05 mg/kg). Az egyik tojásmintában a mennyiség 1,69 mg/kg volt: ez a 0,05 mg/kg-os határérték több mint harmincszoros túllépése.

Kül- és beltéri pormintákat is vizsgáltunk a telephely környékén, magánlakásokban és egy cég telephelyén. A 11 mintából 10 esetben kimutatható volt a *DDT* vagy bomlástermékei. Ezek közül: 2 mintában kiugró mennyiségben, 3 mintában jelentős mennyiségben, 5 mintában pedig csekély mennyiségben voltak jelen. Három pormintában mutattunk ki 4-klór-3,5-dinitro-benzoésavat, illetve ugyancsak három mintában a 3-(trifluorometil)-benzamin és 4-(trifluorometil)-benzamin. A *trifluralin* ([OLITREF](#)) gyártásra jellemző közti- és melléktermék anyagokat nagy mennyiségben tárolták/tárolják a BVM volt Illatos úti telephelyén.

A *DDT*, *DDE* és *DDD* származhattak a volt BVM-től, ám korábbi kiskerti használata is lehetett a szennyezés forrása. A *trifluralin* gyártásával kapcsolatos anyagok viszont nagy valószínűséggel a telephelyi porral juthattak ki. A szennyezettség gyártásra utaló adatait [Pethő Ágnes és Ocskó Zoltán](#) tanulmányában, míg a kockázatértékelést [Dura Gyulától](#) olvashatjuk.

**Kulcsszavak:** Simon Gergely, Budapesti Vegyiművek, BVM, *DDT*, *DDD*, *DDE*, *trifluralin*, *klorinol*, *fenteracol*, TRIFENOXIN, BUVINOL, MATADOR, OLITREF



<sup>49</sup> Darvas B. és Székács A. szerk. (2006) *Mezőgazdasági ökotoxikológia*. L'Harmattan, Budapest.

## HAZAI ANYATEJ MINTÁK AFLATOXIN M1 TARTALMÁNAK VIZSGÁLATA<sup>50</sup>

Szabó István,<sup>a</sup> Zanker Angéla,<sup>a</sup> Pentelényi Klára<sup>b</sup> és Kriszt Balázs<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Szent István Egyetem, Környezetvédelmi és Környezetbiztonsági Tanszék, Gödöllő;

<sup>b</sup> Semmelweis Egyetem, Genomika Medicina és Ritka Betegségek Intézete, Budapest

Az aflatoxinok (AF) penészgombák által termelt rákkeltő hatással rendelkező másodlagos metabolitok. Toxikus hatásukon túl környezeti jelentőségüket növeli, hogy világszerte veszélyeztetik az élelmiszerbiztonságot, hiszen az *Aspergillus* fajok által termelt aflatoxin B1 (AFB1) citotoxikus, mutagén és karcinogén hatással is rendelkezik.<sup>51</sup>

A toxinok képződését a gombákat ért környezeti változások idézik elő (stressz vegyületek). Az *Aspergillus* gombanemzetség tagjainak toxintermelő képessége így szoros összefüggésben van a klimatikus viszonyokkal. A klímaváltozás egyik hozadéka, hogy az aflatoxinok, mint jelentős környezet- és humánegészségügyi kockázatot jelentő mikotoxinok megjelenése már valós veszélyt jelent Európa déli és keleti végein is, sőt – a legújabb kutatási eredmények alapján – már hazánkban is egészségünket fenyegető veszélyforrássá vált.<sup>52-53</sup> Ezt igazolja, hogy az elmúlt években az élelmiszer- és takarmánybiztonsági gyorsriasztási rendszerben (*RASSF*) számos, főként hazai nyers tehéntej minták aflatoxin M1 (AFM1) érintettségét érintő riasztás született. Az állati szervezetben ugyanis az AFB1 AFM1-é alakulhat. Az AFM1 ugyan kevésbé kockázatos, mint az AFB1, de máj és DNS károsító tulajdonságai ismertek, illetve az *IARC* lehetséges rákkeltőként tartja nyilván (**2B**). Fentiek alapján kijelenthető, hogy a hazai aflatoxin probléma egyre fontosabb takarmány- és élelmiszerbiztonsági kérdéseket vet fel.

Az AFB1 az emberi szervezetben is képes AFM1-é alakulni és így a toxin, kitétség esetén, kimutatható humán mintákból (pl. vizelet, anyatej) is. A toxinok megjelenésének komolyabban kitétt térségekben (Közel-Kelet, Afrika stb.) számos publikáció foglalkozik az AFM1 előfordulás vizsgálatával anyatejben, amelyek sok esetben mutatnak ki jelentős toxin érintettséget a vizsgált mintáknál.<sup>54,55,56</sup> Hazánkban ez idáig ilyen kutatást nem végeztek.

Fentiekből következően kutatásunk során napjainkig száznál több önkéntes magyar kismama anyatejét gyűjtöttük be és vizsgáltuk meg AFM1 tartalmát. A vizsgálatainkhoz nagy teljesítményű folyadékkromatográfiás (HPLC) módszert alkalmaztunk, a (vizsgálati mátrix miatt kis mértékben) módosított MSZ EN ISO 14501 szabvány előírásait követve, 8 ng/l kimutatási határértékkel. Eredményeink alapján az általunk elemzett anyatej minták egyike sem tartalmazott AFM1 toxint a

<sup>50</sup> Kutatásunk a KTIA\_AIK\_12-1-2013-0017, Bioklíma pályázat, valamint a Szie Kutató Kari Kiválósági Támogatás – 9878/2015/FEKUT segítségével valósult meg.

<sup>51</sup> IARC (1993) *IARC Monographs* **56**: 245-395.

<sup>52</sup> Battilani *et al.* (2012) Scientific report submitted to EFSA 122-123.

<sup>53</sup> Dobolyi *et al.* (2013) *Acta Alimentaria* **42**: 451-459.

<sup>54</sup> Adejumo *et al.* (2013) *Food Chem. Toxicol.* **56**: 171-177.

<sup>55</sup> Gurbay *et al.* (2010) *Food Chem. Toxicol.* **48**: 314-319.

<sup>56</sup> Sadeghi *et al.* (2006) *Food Control* **18**: 1216-1218.

detektálási határ feletti mennyiségben. Módszerünket ezért mesterségesen (AFM1-el) elszennyezett anyatej mintákkal is ellenőriztük, amely igazolta a vizsgálatok helyességét. Kutatási eredményeinket állapotfelmérésnek tekintjük, amelyet később akár országos monitorozássá lehet fejleszteni, annak érdekében, hogy megbecsülhessük, hogy a klímaváltozás következtében növekvő aflatoxin érintettség milyen hatással lehet a kismamák és a jövő újszülött nemzedékeinek egészségére.

**Kulcsszavak:** Szabó István, Zanker Angéla, Pentelényi Klára, Kriszt Balázs, klímaváltozás, aflatoxin M1, anyatej

\*

## A PATULIN CITOTOXIKUS HATÁSÁNAK CSÖKKENTÉSE GYÜMÖLCSLÉBEN

Szélíg Bence,<sup>a</sup> Nyisztor Zsolt,<sup>a</sup> Fekete Csaba,<sup>b,c</sup> Gazdag Zoltán<sup>b,c</sup> és Papp Gábor<sup>b,c</sup>

<sup>a</sup> Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimnáziuma és Kollégiuma, Pécs; <sup>b</sup> Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Kar, Biológiai Intézet, Általános és Környezeti Mikrobiológiai Tanszék, Pécs; <sup>c</sup> Pécsi Tudományegyetem, Szentágotthai János Kutatóközpont, Mikrobiális biotechnológia kutatócsoport, Pécs

A patulin (PAT) *Penicillium*, *Aspergillus* és *Byssoschlamys* nemzetségek által termelt mikotoxin, amely a gyümölcsök (főképpen az alma, körte, cseresznye) barna lágyrothadását okozva jelentős mértékben szennyezheti a gyümölcs alapú élelmiszereket. A gyümölcslevelek közül az almalé tartalmazhat gyakran kimutatható mennyiségben PAT-t. A PAT cito- és genotoxikus hatású, mutagén és karcinogén vegyület, amelynek a háttérében az áll, hogy nagy affinitással képes kapcsolódni az aminosavak, peptidek, fehérjék  $\alpha$ -amino- és szulfhidril- csoportjaihoz, ezzel zavart okozva azok működésében.

A biztonságos almatermékek előállítására iránti igény kielégítésére felmerült a kérdés a mikotoxinnal szennyezett almalé *in situ* detoxifikációjára.

*Schizosaccharomyces pombe* hasadó élesztő modell-rendszert alkalmazva PAT-t tartalmazó minimál tápoldatban (SM), kereskedelmi forgalomban kapható almalében (A), valamint SM tápoldat komponensekkel kiegészített almalében (ASM) vizsgálatuk a sejtek szaporodási intenzitását, majd SM és ASM tápközegekben a mikotoxin citotoxikus hatását, a sejtek túlélési arányának meghatározásával. Detoxifikáló hatású anyagként a sejtekben természetes körülmények között is előforduló, valamint étrend kiegészítőként is alkalmazott antioxidáns hatású glutationt (GSH) alkalmaztunk. Ez az oligopeptid szulfhidril-csoportjának köszönhetően specifikusan képes a PAT-hoz kapcsolódni. A sejtekben ennek az adduktnak a létrejötte az intracelluláris GSH koncentrációjának csökkenését eredményezi, amely több támadásponton keresztül a sejtek károsodásához vezet. Ez alapján azt feltételeztük, hogy a GSH-nak a vizsgálati rendszerhez történő hozzáadásával a PAT által okozott károsító hatás lecsökken.

Vizsgálatunkban szignifikánsan nagyobb növekedési intenzitást tapasztaltunk az ASM-ben tenyésztett élesztősejtek esetében az A-ban, illetve az

SM-ben növesztett sejtekhez viszonyítva. Kimutattuk, hogy a GSH ASM-ben nem befolyásolja, míg SM-ben 5 mM felett koncentráció-függő módon gátolja a sejtek szaporodását. Meghatároztuk a PAT szubletális gátló koncentrációját ASM-ben (1000  $\mu$ M) és SM-ben (500  $\mu$ M). ASM tápközegben szubletális koncentrációjú PAT kezelés mellett 5 mM GSH teljes mértékben kivédte a PAT szaporodást gátló hatását. SM tápoldatban szubletális koncentrációjú PAT kezelés mellett alacsony GSH koncentráció esetében (<2,5 mM) a sejtek túlélő képessége megemelkedett, majd 2,5 mM GSH koncentrációnál a PAT jelenlétében tapasztaltunk nagyobb túlélési arányt a csak GSH-val kezelt kontrollhoz viszonyítva. E felett a koncentráció érték felett a GSH gátló hatása érvényesült.

Az eredmények alapján a PAT toxikus hatásának erősségét együttesen határozza meg a sejtek tápközege, valamint a detoxifikáló ágens koncentrációja, amellyel reakcióba léphet. A GSH tehát a gyümölcslevek toxinmentesítéséhez ígéretes anyag lehet, de alkalmazhatóságához további vizsgálatok szükségesek.

**Kulcsszavak:** Szélig Bence, Nyisztor Zsolt, Fekete Csaba, Gazdag Zoltán, Papp Gábor, detoxifikáció, glutation, mikotoxin, patulin, *Schizosaccharomyces pombe*

\*

## NÖVÉNYVÉDŐSZER-MARADÉKOK HAZAI FELSZÍNI VIZEKBEN: AZ ELMÚLT 25 ÉV<sup>57</sup>

**Székács András, Mörtl Mária és Darvas Béla**

NAIK Agrár-környezettudomány Kutatóintézet, Budapest

Környezetanalitikai laboratóriumunk 1990 és 2015 között – különböző monitorozási projektek keretében – 2000 feletti, hazai és szomszédos országokba nyúló vízgyűjtő területekről származó felszínivíz-, talajvíz- és nyers ivóvízminta elemzését végezte el. A vizsgált időszakokban a szennyezett – vagyis kimutatási határ (KH) feletti koncentrációjú növényvédőszer-maradékot tartalmazó – minták aránya esetenként riasztóan magas volt, általában 2-61%, még akár természetvédelmi vagy rekreációs területekről is, de volt olyan célzott mintázási sor, amelyben szinte minden mintában találtunk valamilyen növényvédőszer-maradékot KH felett.

Vízszennyezőként leggyakrabban a gyomirtó szerek jelentek meg, ami a felhasználás adatai alapján sem meglepő. A megfigyelt növényvédőszermaradék-szintek időszakos alakulása jól követte a növényvédőszer-használatot. A kilencvenes évek legfőbb diffúz felszínivíz-szennyezői a triazinok (*atrazine, propisochlor*), a klór-acetamidok (*acetochlor, metolachlor*) és a fenoxi-ecetsavak (*2,4-D, MCPA*) voltak; az ezredforduló után triazinok (*atrazine, prometryn, diazinon*) és klór-acetamidok (*acetochlor*) voltak; míg napjainkban – és a kimutatási technikák haladásával – a *glyphosate* jelenik meg. Az ezredfordulón (2002) két pontszerű

<sup>57</sup> A vizsgálatokat – egyebek között – az OTKA K 109865 és K 112978 projektjei, valamint az EU-FP7-SEC-2012-1-312631 (SPICED) projekt támogatták.

szennyező forrást azonosítottunk: a korábbi növényvédőszer-gyártó Balatonfüzfő (Nitrokémia Ipartelepek) és Sajóceceg (Észak-Magyarországi Vegyiművek) régiókban, ahol *atrazine* (15,6 ng/ml) és *acetochlor* (46,0 ng/ml) riasztóan magas szinten jelentek meg. Diffúz szennyezőként főként az *atrazine* (0,5-15 ng/ml), az *acetochlor* (0,02-6,3 ng/ml), a *metolachlor* (0,001-56 ng/ml), a *trifluralin* (0,8-10 ng/ml), a *metribuzin* (0,1-1 ng/ml) és a *2,4-D* (0,01-1 ng/ml) mutatkoztak. Esetenként *prometryn* (0,1-10 ng/ml) és a *terbutryn* (0,01-1 ng/ml) is kimutathatók voltak. Napjainkban háttérszennyezőként két neonikotinoid hatóanyag, a *thiamethoxam* és a *clothianidin* is megjelent, melyek esőzések utáni tócsákból, pocsolyákból néha nagy koncentrációban is (10-41 ng/ml) kimutathatók voltak.

A növényvédőszer-maradékok kedvezőtlenül befolyásolják a felszínivízminőséget, különösen, ha valamelyest vízoldható hatóanyagokat (pl. *acetochlor*) alkalmaznak, melyek így az ivóvizekre az EU 2006/118/EC Irányelvében meghatározott 0,1 ng/ml határérték feletti koncentrációban is megjelenhetnek a nyers ivóvízben. Vizsgálataink kiterjedtek a Duna-menti vízbázis sebezhető pontjaira, a kavicsos szűrésű parti kutakra is. A nyers vagy vezetékes ivóvízben Verőcénél 2002-ben, Budapesten 2011-ben találtunk *acetochlor* hatóanyagot.

A legtöbb triazin herbicid és a klór-acetamidok 2004 után fokozatosan visszavonásra kerültek, és ezzel párhuzamosan előfordulásuk a felszíni vizekben megritkult, míg a forgalomban maradó hatóanyagok jelentek meg vízszennyezőként, mint például a – csupán később visszavont – *acetochlor*. Emellett a korlátozások a – jelenleg több mint 30-féle formázott készítmény hatóanyagoként forgalmazott – *glyphosate* egyeduralkodóvá válásához vezettek, amelyet több felszínivízmintában jelentősen az ivóvíz-határérték feletti koncentrációban (0,5-1 ng/ml) mutattunk ki.

**Kulcsszavak:** Székács András, Mörtl Mária, Darvas Béla, növényvédőszer-maradék, vízszennyezés, *atrazine*, *2,4-D*, *acetochlor*, *glyphosate*, neonikotinoid

\*

## **GYOMIRTÓSZER-HATÓANYAGOK ÉS BIODEGRADÁCIÓS MARADÉKANYAGAIK CITOTOXICITÁSÁNAK VIZSGÁLATA<sup>58</sup>**

**Tóth Gergő,<sup>a</sup> Háhn Judit,<sup>b</sup> Kriszt Balázs,<sup>a</sup> Krifaton Csilla,<sup>a</sup> Radó Júlia<sup>a</sup> és Szoboszlai Sándor<sup>a</sup>**

<sup>a</sup> SZIE MKK Környezetbiztonsági és Környezettoxikológiai Tanszék, Gödöllő;

<sup>b</sup> SZIE Regionális Egyetemi Tudásközpont, Gödöllő

Magyarországon a forgalmazott növényvédő szerek felhasználása 2000-től napjainkra több mint a duplájára emelkedett, jelenleg ennek 42%-át a gyomirtó szerek teszik ki.<sup>59</sup> A környezetben szennyező anyagként megjelenő peszticidek – termésvédő- és ezáltal hozamnövelő tulajdonságai mellett jelentkező –

<sup>58</sup> A kutatást a KTIA\_AIK\_12-1-2013-0017 (BioKlíma) és a Kutatókari Kiválósági Támogatás – *Research Centre of Excellence* – 9878/2015/FEKUT pályázatok támogatták.

<sup>59</sup> KSH, Agrotechnikai adatok, 2012. *Statistikai Tükör*, VII. évfolyam 94. szám, 2013. november 18.

ökoszisztémára gyakorolt káros hatásai sokszor csak hosszú távú alkalmazásuk után jelennek meg. Egyes mikroorganizmusok alkalmasak lehetnek a peszticidek, mint szennyező anyagok bontására, azok energia- és szénforrásként való felhasználására. Mindezek mellett azonban számolni kell a biodegradáció során keletkező, káros biológiai hatásokkal rendelkező metabolitok megjelenésével is.

Kísérleteink során célunk volt szennyezett környezeti elemekből baktériumtörzsek izolálása, valamint három gyomirtószer-hatóanyag (*S-metolachlor*, *mesotrione*, *terbuthylazine*) ezen baktériumok általi biológiai lebonthatóságának és biodetoxifikációjának vizsgálata. A biodegradáció mértékét analitikai úton (HPLC) követtük nyomon. A biodetoxifikációt, illetve a biodegradációs maradékanyagok citotoxicitását az *Aliivibrio fischeri* tesztszervezet biolumineszcencia gátlásán alapuló, 96-lyukú mikrotiter lemezre adaptált, 25 órás expozíciós idejű krónikus ökotoxikológiai teszttel állapítottuk meg, melynek kontaktidejei 0; 3,5; 10; 15 és 25 óra. Továbbá a tiszta hatóanyagok és hatóanyag keverékek *A. fischeri*-re gyakorolt citotoxikus hatását vizsgálva összehasonlítottuk a 25 órás eljárást az ISO 11348 szabvány szerinti MICROTOX 30 perces akut toxicitási tesztjével. Az  $EC_{50}$  értékeket a MICROTOX OMNI és a GRAPHPAD PRISM 5 szoftverek segítségével a koncentráció-válasz összefüggés alapján határoztuk meg.

A vizsgált 7, különböző fajhoz tartozó törzs közül 3 törzs – T12 jelű *Pseudomonas geniculata*, R17 jelű *Microbacterium trichothecenolyticum* és GS-5 jelű *Stenotrophomonas acidaminiphila* – volt képes változó hatásfokkal biodegradálni az *S-metolachlor*-t (13-22%) és a *terbuthylazine*-t (27-86%), *in vitro* szubmerz tenyészetekben 7 nap alatt (50 mg/l kiindulási peszticid-koncentráció mellett). A *mesotrione* hatóanyag esetében egyáltalán nem detektáltunk lebontást. A *terbuthylazine* bontási maradékanyagainak toxicitása a T12 és az R17 jelzésű törzs esetében csökkent, a *S-metolachlor* bontási maradékanyagainak tekintetében a T12 és a GS-5 jelzésű törzsek esetében pedig, feltehetően az alapvegyületnél toxikusabb metabolitok keletkezése miatt nőtt a citotoxicitás.

Az akut és a krónikus citotoxicitási tesztek közül az utóbbi jóval érzékenyebbnek bizonyult, mint a szabvány szerinti teszt. A meghosszabbított kontaktidejű, mikrotiter lemezre adaptált, nagyszámú minta egyidejű vizsgálatát lehetővé tevő, krónikus *A. fischeri* teszt (amely 10 és 15 órás kontaktidőnél bizonyult a legérzékenyebbnek) a jövőben alkalmas lehet gyomirtószer-hatóanyagok és keverékek, ill. a hatóanyagok biodegradációs maradékanyagainak citotoxicitását jelző vizsgálatok elvégzésére, ezzel segítséget nyújthat a szennyező anyagok biodetoxifikációjának nyomon követésében.

**Kulcsszavak:** Tóth Gergő, Háhn Judit, Kriszt Balázs, Krifaton Csilla, Radó Júlia, Szoboszlai Sándor, biodegradáció, *Aliivibrio fischeri*, MICROTOX, citotoxicitás, *terbuthylazine*, *S-metolachlor*, *mesotrione*





## A KÖRNYEZETSZENNYEZÉS ÉS A PARLAGFŰ (*AMBROSIA ARTEMISIIFOLIA*) POLLEN MORFOLÓGIAI ÉS *AMB A1* MENNYISÉGI VÁLTOZÁSÁNAK KAPCSOLATA

D. Tóth Márta,<sup>a</sup> Kovacsics-Vári Gergely<sup>b</sup> és Béni Áron<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Nyíregyházi Főiskola, Környezettudományi Intézet, Nyíregyháza;

<sup>b</sup> Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Szeged

A parlagfű gyors regenerációs és megtelepedési képességgel rendelkezik, invazív, agresszív gyomnövény. Munkánk középpontjában a parlagfű fő allergén fehérjéje, az *Amb a1*-es molekula vizsgálata áll. Az *Amb a1*, a pektát-liáz családnhoz tartozó pektinbontó enzim, domináns fehérje, amely a szénanáthás megbetegedések legfőbb okozója.<sup>60</sup> Szerkezetét tekintve, 38kDa mólsúlyú fehérje, amely két eltérő nagyságú allánból áll, enyhén savas kémhatású. Fontos élettani szerepe van a pollenérés végső szakaszában. A parlagfű pollen légköri koncentrációja és az allergiában betöltött szerepe mellett nem elhanyagolható tényező a környezet szennyezése és a pollen által kiváltott allergiás reakciók fokozódása közötti kapcsolat.

Vizsgálatunk során a porzós virágzatok réz-, cink- és nikkeltartalmának meghatározása mellett *HPLC* méréseket végeztünk mezőgazdasági és ruderalis területről származó, továbbá tenyészedényes kísérletben nevelt parlagfű virágporszemeivel 38 kDa tömegű fehérjékre. Eredményeinket összevetettük a virágporszemek morfológiai változásának arányával is. A főutaktól távol lévő, forgalommentes területeken (kontroll) kisebb, míg a legnagyobb forgalmat lebonyolító utak közelében a kontrollhoz képest statisztikailag igazolhatóan nagyobb fémtartalmakat mértünk. A nagy forgalmat lebonyolító utak mellől (ruderaliák), a környezetszennyezésnek erősebben kitett területeken nagyobb volt (kontroll: 4%, ruderaliákon és a mezőgazdasági területeken: 11-23%) a deformált, morfológiailag a gömb szerkezettől eltérő, a málna termésére emlékeztető virágporszemek aránya, amely pozitív korrelációban áll a porzós virágzatok fémtartalmaival.

A tenyészedényes kísérletben (az egyes tenyészedények fémtartalmai: Zn, Cu, Ni, Cd 100 mg/kg dózisban), nevelt parlagfű mintákban – a nikkellel kezelt növényeket kivéve – nagyobb fehérje tartalmakat kaptunk (Zn: 123%-kal, Cu: 99%-kal, Cd: 86%-kal) a kontrollhoz képest.

A munkánk során azt tapasztaltuk, hogy a porzós virágzatok fémtartalma növekedett az utak forgalmi szintjével. Ugyanakkor a pollenszemek deformálódásának az aránya is korrelációban van a forgalom szintjével. A ruderalis területekről gyűjtött minták *HPLC* vizsgálatai szintén azt mutatják, hogy feltételezhetően a szennyező anyagok koncentrációjának növekedésével (a kontrollhoz képest a Zn: 41-146%-kal, a mintavételi területek átlagában: 73%-kal, a Cu: 29-143%-kal; átlagosan: 61%-al, a Ni: 20-151%, a mintavételi területek átlagában: 75%-kal) statisztikailag igazolhatóan nagyobbak a fehérjemennyiségek. A kontrollhoz képest a kisebb forgalmat lebonyolító utak mellől származó parlagfű-

<sup>60</sup> Juhász M. (2012) *Elméleti allergológia* 19 (5): 17-19.

mintákban átlagosan 61%-kal, a nagyobb forgalmat lebonyolító utak mellől származó ruderáliákon átlagosan 88%-kal, és a mezőgazdasági területek melletti, igen nagy forgalmat lebonyolító, magasabb rendű főútvonal mellett élő parlagfű-mintákban, több, mint 100%-al nagyobb 38kDa nagyságú fehérjemennyiségeket kaptunk.

**Kulcsszavak:** D. Tóth Márta, Kovacsics-Vári Gergely, Béni Áron, *Ambrosia artemisiifolia*, parlagfű pollen, *Amb al*

\*

## NEONIKOTINOID ROVARÖLŐ SZEREK HATÁSAI EGY PUHATESTŰ MODELLSZERVEZET (*LYMNAEA STAGNALIS*) IDEGRENSZERI FOLYAMATAIBAN<sup>61</sup>

Vehovszky Ágnes,<sup>a</sup> Farkas Anna,<sup>a</sup> Székács András,<sup>b</sup> Mörtl Mária,<sup>b</sup> Csikós Vivien<sup>c</sup> és Györi János<sup>a</sup>

<sup>a</sup> MTA Ökológiai Kutatóközpont Balatoni Limnológiai Intézet, Összehasonlító Állattani Osztály, Környezet-toxikológiai Témacsoport, Tihany; <sup>b</sup> NAIK Agrár-környezettudományi Kutatóintézet Környezetanalitikai Osztály, Budapest; <sup>c</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Budapest

A neonikotinoid típusú rovarirtó szerek alkalmazásának egyik előnye, hogy elsősorban a rovarok idegrendszerében fejtik ki hatásukat, molekuláris szerkezetük sajátosságainak köszönhetően gerinces idegrendszeren nem, vagy jóval kevésbé hatnak. Az elsődleges célszervezetnek nem tekintett egyéb (szárazföldi és vízi) gerinctelenekre ugyancsak toxikusak lehetnek, de hatásmechanizmusukat illetően nem rendelkezünk kielégítő ismeretekkel.

Kísérleteink során a Magyarországon kereskedelemben kapható, neonikotinoid hatóanyagú rovarölő szerek (*acetamiprid*, MOSPILAN; *imidacloprid*, KOHINOR; *thiamethoxam*, ACTARA; *clotianidin*, APACS; *thiacloprid*, CALYPSO) hatását teszteltük a nagy mocsári csiga (*Lymnaea stagnalis*) központi idegrendszerében egy azonosított kolinerg (VD4-RPeD1) szinaptikus kapcsolatban. A fenti rovarölő szerek 0,01-1 mg/ml koncentrációtartományban blokkolták a VD4 preszinaptikus sejt ingerlésével az RPeD1 sejten kiváltható posztszinaptikus válasz amplitúdóját. A legkisebb (0,01 mg/ml) koncentrációban a *thiacloprid* tartalmú CALYPSO bizonyult hatásosnak, jelenlétében a fiziológias oldatban regisztrált EPSP amplitúdót közel tizedére csökkentve, míg legkevésbé a *thiametoxam* (ACTARA) blokkolta a posztszinaptikus válaszokat. A fenti rovarölő szerek hasonlóan gátolták a sejtek extraszinaptikus acetil-kolin (*ACh*) receptorait is, csökkentve a posztszinaptikus (RPeD1) sejt membránján az *ACh* hatására megjelenő depolarizációt is.

Intakt állatok 30 perces *acetamiprid* és *clotianidin* expozícióját követően a táplálkozási viselkedés gátlása, illetve *thiacloprid*, *thiamethoxam* és *imidacloprid* jelenlétében a táplálkozási frekvencia szignifikáns csökkenése volt tapasztalható, sőt

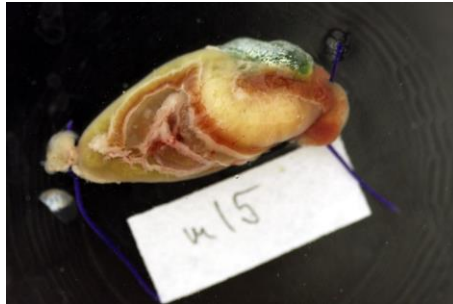
<sup>61</sup> Munkánkat az OTKA K112712 program támogatta.

a *thiacloprid* gátló hatását a kezelést követő 24 óra múlva is megfigyeltük. A szabadon mozgó állatok spontán lokomotoros aktivitását leginkább szintén az *acetamiprid* és legkevésbé (a táplálkozási frekvenciához hasonlóan) az *imidacloprid* gátolta.

Eredményeink igazolták, hogy a neonikotinoid tartalmú rovarölő szerek (hasonlóképpen, ahogy rovarokban ismert) a puhatestű neuronokon is neuronális gátló hatásokkal rendelkeznek. A viselkedési vizsgálatok pedig arra is utalnak, hogy az intakt állatok környezetében ható (vízben oldott) neonikotinoidok hosszan tartó szubletális károsító hatásokat is okoznak. Megfigyeléseink alapján nem zárhatjuk ki, hogy az élő vizekbe jutott neonikotinoid tartalmú rovarölő szerek kiterjedt alkalmazása összefügg egyes vízben élő (gerinctelen) élőlénycsoportok elterjedésének megváltozásával.

**Kulcsszavak:** Vehovszky Ágnes, Farkas Anna, Székács András, Mörtl Mária, Győri János, neonikotinoid, acetil-kolin, vízi ökoszisztéma, *Lymnaea stagnalis*

\*



Növendék amur testüregi szervei – fotó: Darvas Béla<sup>©</sup>



*Bothriocephalus acheliognathi* galandféreg – fotó: Darvas Béla és Baska Ferenc<sup>©</sup>

## Index

**A**

acetil-kolin	42
<i>acetochlor</i>	38
Ács András	14
Ács Éva	17
aflatoxin	5, 33, 36
akut toxicitás	26
algafilm	17
<i>Aliivibrio fischeri</i>	39
<i>Amb a1</i>	41
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	41
antiandrogén	7
anti-neoplasztikus szerek	20
antropogén terhelés	14
anyatej	36
Aranyos Tibor	23
<i>Armadillidium vulgare</i>	29
Árvay Gyula 10	
<i>Aspergillus flavus</i>	33
<i>Aspergillus parasiticus</i>	33
<i>atrazine</i>	38

**B**

Baka Erzsébet	5
Bakonyi Gábor	6
Balázs Adrienn	7
Balogh Krisztián	21, 31
Baranyai Edina	29
Baska Ferenc	11
Beczner Judit	8
Béni Áron	41
benzofenon-3	7
<i>biochar</i>	19
biodegradáció	39
biodetoxifikáció	7
bioeffektor	19
bioszén	19
Biró Borbála	8, 12, 19
Bleicher Edit	32
Bohus Péter	17
<i>Bothriocephalus acheliognathi</i>	11
Budapesti Vegyiművek	34
BUVINOL	34
BVM	34

**C**

cink	12
citokróm	5
citotoxicitás	39
<i>comet assay</i>	20
<i>CRC Press</i>	15
<i>Ctenopharyngodon idella</i>	11
<i>Cyprinus carpio</i>	21, 31
Czakó-Vér Klára	10
Cséffán Tamás	11, 17
Csenki Zsolt	20
csurgalékvíz	25

**D**

<i>2,4-D</i>	38
D. Tóth Márta	41
<i>Danio rerio</i>	7, 20
Darvas Béla	11, 17, 24, 26, 28, 38
<i>DAS-59122</i>	11
<i>DDD</i>	34
<i>DDE</i>	34
<i>DDT</i>	34
dehidrogenáz	10
Demeter Ibolya	23
deoxinivalenol	21
depóniagáz	25
depóniaműködés	25
detoxifikáció	37
Dienes Dóra	32
direkt toxicitásmérés	15
diszkriminancia analízis	29
Dobolyi Csaba	33
Domonkos Mónika	12
<i>Dreissena bugensis</i>	14
<i>Dreissena polymorpha</i>	14
<i>DTA</i>	15

**E**

ekvivalens toxicitás	15
epigenetika	6
Erdélyi Attila	25

**F**

Faitli József	25
Farkas Anna	14, 42
Fehér Bernadett	23
Fekete Csaba	37
<i>fenteracol</i>	34

Fenyvesi Éva	15
fluorescens diacetát analízis	12
<i>Folsomia candida</i>	16
foszfatáz	10
foszfolipid-hidroperoxid glutation- peroxidáz	21, 31
Földi Angéla	17
fumonizin B1	31

**G**

Gazdag Zoltán	37
génexpresszió	21, 31
genotoxicitás	5
<i>Geotrupes vulgaris</i>	29
glutation	37
<i>glyphosate</i>	17, 28, 38
Gruiz Katalin	15
guttáció	24
Győri János	14, 24, 42
Gyurcsó Gergő	11, 26

**H**

Háhn Judit	39
Harangi Sándor	29
Horváth Ákos	20
Hrács Krisztina	16

**I**

integrált védekezés	26
invertáz	23

**K**

Kataláz	23
Kiss Endre	12
Kiss Lola Virág	16
Klátyik Szandra	17, 28
klímaváltozás	36
<i>klorinol</i>	34
kockázatbecslés	28
kockázatelemzés	32
kockázatkezelés	28
Kocsis Tamás	12, 19
Kontra Jenő	25
Kotroczó Zsolt	19
Kovács Balázs	21, 31
Kovács Róbert	7, 20
Kovacsics-Vári Gergely	41
környezeti és ökotoxikológiai értékelés	32

környezeti kockázatbecslés	6
környezettoxikológia	15
Kövesi Benjámin	21
Krifaton Csilla	5, 7, 33, 39
Kriszt Balázs	5, 7, 33, 36, 39
Kukolya József	5

**L**

<i>Lymnaea stagnalis</i>	42
--------------------------	----

**M**

Makádi Marianna	23
MATADOR	34
Meggyes Tamás	15
<i>mesotrione</i>	39
Metka Filipic	20
Mézes Miklós	21, 31
MICROTOX	39
mikotoxin	37
<i>MON 810</i>	11
monitorozás	32
Mörtl Mária	24, 38, 42
<i>MP-AES</i>	29
multigenerációs hatás	6
Murányi Attila	25

**N**

Nagy Péter István	16
nano cink-oxid	16
nanotechnológia	16
Nechay Erzsébet	26
nehézfém	8, 10
neonikotinoid	24, 38, 42
növényvédőszer-engedélyezés	32
növényvédőszer-maradék	38
Nyisztor Zsolt	37

**O**

ochratoxin A	31
OLITREF	34
Orosz Ivett	7
Ottucsák Marianna	28

**P**

<i>Panagrellus redivivus</i>	16
Papp Dalma	29
Papp Gábor	37
parlagfű pollen	41
Pasaréti Gyula	11, 17

patulin	37
Pelyhe Csilla	21, 31
Pentelényi Klára	36
Pethő Ágnes	32
POEA	17, 28
poli-aromás szénhidrogén	12
<i>Pseudomonas putida</i>	19

**R**

Radó Júlia	39
Repkényi Zoltán	32
Risa Anita	54, 33
ROUNDUP	17

**S**

<i>Schizosaccharomyces pombe</i>	37
Sebők Flóra	33
Sejttoxicitás	7
Seres Anikó	16
Simon Edina	29
Simon Gergely	34
Simon László	26
<i>Sinapis alba</i>	12
Sipeky Csilla	10
<i>S-metolachlor</i>	39
SOS-Chromo teszt	33
standard addíció	29
stresszmarkerek	14
Szabó Borbála	6
Szabó István	36
Szalai Zita	19
Székács András	11, 17, 24, 28, 38, 42
Szélíg Bence	37
szennyezett terület	15
szennyvíziszap komposzt	23
szennyvíziszap	8
Szoboszlay Sándor	39
szterigmatocisztin	5

**T**

T-2 toxin	21
Takács Eszter	28
talajenzim	10
talajszennyezés	10, 12
talajtermékenység	19
tartamhatás	8
települési szilárd hulladéklerakó	25
<i>Tenebrio molitor</i>	29
<i>terbuthylazine</i>	39
<i>thiacloprid</i>	34
Tomócsik Attila	23
Tóth Gergő	39
Tóthmérész Béla	29
többgenerációs vizsgálat	20
transzgenerációs hatás	6
TRIFENOXIN	34
<i>trifluralin</i>	34

**U**

Urbányi Béla	20
--------------	----

**V**

Vajdovich Péter	11
Vehovszky Ágnes	14, 24, 42
vízi ökoszisztéma	42
vízszennyezés	38

**Z**

Zágoni Dóra	33
Zándoki Erika	31
Zanker Angéla	36
zoocidek	26

Abs. V. Ökotoxikológiai Konferencia, 2015  
Magyar Ökotoxikológiai Társaság, Budapest  
ISBN 978-963-89452-5-9

