



IX. ÖKOTOXIKOLÓGIAI KONFERENCIA

előadás és poszter kötete

A konferencia helye

Nemzeti Népegészségügyi Központ, Fodor József terem
1097, Budapest, Nagyvárad tér 2.

Időpont

2019. november 22. (péntek) 9:00-17:00

Szervező

Magyar Ökotoxikológiai Társaság: *Csenki-Bakos Zsolt, Darvas Béla és Simon Gergely*

Társszervező

NAIK Agrár-környezettudományi Kutatóintézet, Budapest
Ökológiai Kutatóközpont, Balatoni Limnológiai Intézet, Tihany

Program házigazda

Ökológiai Kutatóközpont, Balatoni Limnológiai Intézet, Tihany



Mikroműanyag sügérlárva tápcsatormájában – Fotó: [Lönnstedt & Eklöv](#)®

A konferenciakötet főszerkesztője

Darvas Béla

A szerkesztő bizottság tagjai

Pirger Zsolt és Székács András

ISBN 978-615-81449-0-2

Kiadó

Magyar Ökotoxikológiai Társaság

Budapest

2019

TARTALOMJEGYZÉK

Darvas Béla: <i>A környezet-egészségügy helyzete</i> _____	4
Darvas Béla: <i>Könnyített engedélyezésű termélnövelő anyagok a magyar mezőgazdaságban</i> _____	5
Darvas Béla, Zöldi Viktor, Mörtl Mária és Székács András: <i>A csípőszűnyog-állománygyerítés gyakorlata és környezet-egészségügyi hatásai</i> _____	6
Fodor István, Zrínyi Zita, Maász Gábor, Urbán Péter, Joris M. Koene és Pirger Zsolt: <i>Progesztogén indukálta hatások a nagy mocsári csiga (Lymnaea stagnalis) neuroendokrin rendszerében</i> _____	8
Gyuresó Gergő, Simon László, Takács Eszter, Székács András és Darvas Béla: <i>Cry1- (MON 810) és Cry3-toxinokat (DAS-59122) termelő kukoricák hatása az amurra (Ctenopharyngodon idella) 1-, 3- és 6-hónapos etetési kísérletekben (minireview)</i> _____	9
Krifaton Csilla: <i>Az 5α-dihidro-tesztoszteron biotetoxifikációs lehetőségeinek vizsgálata Rhodococcus-típustörzsek alkalmazásával</i> _____	10
Kosztik Judit, Mörtl Mária, Székács András, Batáné Vidács Ildikó és Kukolya József: <i>A Fővárosi Állatkert növényevőiből származó Lactobacillus-törzsgyűjtemény kialakítása, aflatoxin- és szterigmatocisztinkötő képességük átfogó vizsgálata</i> _____	11
Kundrát-Simon Edina, Molnár Vanda, Szabó Szilárd, Tózsér Dávid és Tóthmérész Béla: <i>A por, mint légszennyező becslésének tesztelése: porcsapda vs. falevél portartalma</i> _____	13
Lázár Diána, Gémes Borbála, Klátyik Szandra, Csósz Dániel, Lenk Sándor, Barócsi Attila, Kocsányi László, Adányi Nóra, Takács Eszter és Székács András: <i>Algadenzítás in situ meghatározása fluoreszcenciás módszerrel</i> _____	14
Molnár Éva, Fodor István, Pirger Zsolt és Maász Gábor: <i>Gyógyszerhatóanyag-koncentrációk környezeti kockázati elemzése a Balatonban</i> _____	15
Maász Gábor, Fodor István, Molnár Éva, Zrínyi Zita, Svigruha Réka, Kiss Tibor és Pirger Zsolt: <i>A környezetből kimutatható pszichoaktív hatóanyag-szennyezések felmérése és az általuk indukált változások vizsgálata a nagy mocsári csiga (Lymnaea stagnalis) központi idegrendszerében</i> _____	16
Mörtl Mária, Kovács Zsófia, Jordán Győző és Székács András: <i>Elsődleges szennyezők vizsgálata az üledékben – a SIMONA projekt</i> _____	17
Pirger Zsolt, Fodor István, Svigruha Réka, Molnár Éva, Zrínyi Zita, Kiss Tibor és Maász Gábor: <i>Környezeti kockázatbecslés alapján beállított gyógyszer-szennyezések élettani hatásai nagy mocsári csigán (Lymnaea stagnalis)</i> _____	19

Somogyi Balázs, Kőszegi Dániel, Kemenesi Gábor és Kurucz Kornélia: <i>Kémia vagy biológia? – Kétféle kezelés hatásának felmérése a csípőszúnyogok által terjesztett kórokozók tükrében</i> _____	20
Somogyvári Dávid, Farkas Anna, Vehovszky Ágnes és Győri János: <i>Multiparaméteres megközelítés a rovarirtók két rákfajra gyakorolt környezeti hatásainak értékeléséhez</i> _____	21
Simon Gergely Ferenc, Aidan Farrow és Daróczy Péter: <i>Nitrogén-dioxid légszennyezés Budapest különböző pontjain: iskolák, kórházak, buszmegállók, valamint a pesti Duna-part környékén</i> _____	22
Svighruha Réka, Fodor István, Maász Gábor, Szoboszlai Sándor, Bordós Gábor és Pirger Zsolt: <i>Jelölt mikroműanyag-partikulumok mozgása a nagy vízfelületű nemzedékei között</i> _____	23
Székács Inna, Farkas Enikő, Gémes Borbála Leticia, Kovács Boglárka, Oláh Marianna, Takács Eszter, Székács András és Horváth Róbert: <i>Jelölésmentes bioszenzorok alkalmazása xenobiotikumok sejtekre gyakorolt toxikus hatásának meghatározásához – a glyphosate és formázott készítménye példáján</i> _____	24
Szigeti Tamás: <i>Glyphosate a környezetben – mérési módszer és néhány vizsgálati eredmény</i> _____	26
Takács Anita, Wael Almeshal, Barta Barbara, Schmera Dénes, Aradi László Előd és Záray Gyula: <i>Mikroműanyag-szennyezők kimutatása Chironomidae-, Gammaridea-, Sphaerium- és Dreissena-fajokban</i> _____	27
Tőzsér Dávid, Kundrát-Simon Edina, Magura Tibor, Lakatos Gyula, Nagy D. Dávid, Baranyai Edina, Harangi Sándor, Tóthmérész Béla és Orlóci László: <i>A szőrös disznóparéj (Amaranthus retroflexus) alkalmazhatósága fémekkel terhelt talajok remediációjában</i> _____	28
Teke Gábor, Diósi Dorina, Békéssy Zsófia, Kovács Nóra és Hubai Katalin: <i>Légköri policiklikus aromás szénhidrogének bioakkumulációjának vizsgálata kerti salátán</i> _____	29
Vehovszky Ágnes, Horváth Réka, Farkas Anna, Győri János és Elekes Károly: <i>Tanninsav neuronális hatása nagy mocsári csigán (Lymnaea stagnalis)</i> _	30
Varga Csaba: <i>Gyógyszermaradékok és hormonhatású anyagok a felszíni vizekben</i>	31
Zöldi Viktor: <i>Mit tegyünk, és mit ne? – Módszertani ajánlás a kullancsok elleni védekezéshez</i> _____	32
Index _____	34

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

A környezet-egészségügy helyzete

Darvas Béla

Magyar Ökotoxikológiai Társaság

A „*One Health*” koncepció az emberek, állatok és az ökoszisztéma egyidejűleg jó állapotát jelenti. Az egészségügy ebben kihangsúlyozza az emberi egészséget és az állatokét. Tény, hogy az emberi faj túlszaporodásának látványosabb következményei vannak a fejlődő országokban, míg Európában ezzel ellentétes folyamat zajlik. Az ökológusok a jól funkcionáló ökoszisztéma meghatározó szerepére hívják fel a figyelmet, hiszen minden forrás itt keletkezik. A *WHO* halálok-elemzése az érrendszeri betegségek kiemelt szerepére hívja fel a figyelmet. Magas jövedelműeknél az Alzheimer-kór, a légzőszervi, tápcsatornai és mellrák kiemelkedő szerepét mérték, míg alacsony jövedelműeknél a tüdőbaj, májrák és csecsemőhalálozás volt kiemelkedő. A halálokok 2010-2016 között lényegesen nem változtak az infarktus, agyvérzés, légúti fertőzések és *COPD* a négy leggyakoribb halálokok.

A halálokok negyede köthető környezetszennyezéshez. Ezek közül az agyvérzés, az infarktus és a rosszindulatú betegségek emelhetők ki. A jelenlegi ökoszisztéma-válság okai: *(i)* szárazföld $\frac{3}{4}$ -e, tengerek $\frac{2}{3}$ -a – emberi művelés alá került; *(ii)* szárazföld $\frac{1}{3}$ -án mezőgazdasági gyakorlatot folytatunk; *(iii)* a mezőgazdasági termelés a 70-es évektől 300%-kal növekedett; *(iv)* a városi terület a 90-es évektől 200%-kal nőtt; *(v)* műanyagok, nehézfémek, agrokemikáliák és a városi hulladék nehezen kezelhető problémákat okoznak.

Környezetünk állapota válságos. A felgyorsulóban lévő fajkihalások (halak – cápák, ráják; kétéltűek – békák, szalamandrák; hüllők – teknősbékák; emlősök – bálnák, delfinek, orrszarvúak, majmok), továbbá a globális felmelegedés/klímaváltozás eseményei pontosan vázolják azt, hogy több határt is átléptünk a környezethasználatunkban. Az eddigi fajkihalások: 447-444 millió éve – gamma-kitörés; 375-360 millió éve – eutrofizálódás; 252 millió éve – oxigénszint csökkenés; 200 millió éve – klímaváltozás; 66 millió éve – aszteroida-beccsapódás. A jelenlegi, a 6. tömeges fajkihalás okai: élőhely-pusztítás, túlhalászat/-vadászat, klímaváltozás, környezetszennyezés és invazív fajok térhódítása. Biztos felméréseink a kétéltűekkel (41% – a hormonmoduláns hatású agrokemikáliák, pl. *atrazine* ebben kiemelkedő szerepet játszott), emlősök (25%) és madarak (13%) tekintetében vannak, az összes többi csoportban csak becsléseket végzünk (hüllőknél és halaknál ez 28-28%).

A területeink $\frac{1}{3}$ -án folytatott mezőgazdasági gyakorlat széleskörű agrokemizálással járt. A mai növényvédők szereke nem is annyira az akut hatásaik (kivéve a csípőszúnyog állománygyérítésre használt piretroidok) okoznak problémát, mint krónikus hatásaik miatt. Krónikus betegségek közül a karcinogenitás és a hormonmoduláns hatás az, amiről sok szó esik mostanában. Ennél sokkal kevesebb a teratogenitásról és az immunmoduláns hatásokról. A bolygó legnagyobb mezőgazdasági üzletévé vált *glyphosate* gyomirtót vádolják ma rákkeltő hatással (2A), amely a vizsgált emberek többségének véréből/vizeletéből kimutatható. A reprodukcióra ható ágensek közül a hormonmoduláns hatás

felülvizsgálatára vállalkozott napjainkban az EFSA. A gyakorlatban nálunk is használható 52 hatóanyag került gyanú alá. Növényvédő szerek közül a *conazole*-típusú gombaölők és a totális gyomirtó hatású *glyphosate* az érdeklődés középpontjában áll. A mikroműanyagok szerepe is kiemelkedő. Külön említendő probléma ma a növekvő férfimeddség.

Korunk legégetőbb ügye az érdekérvényesítésre képtelen környezet-egészségügy. Sem az egészségügyi, sem a környezetvédelmi tárcák nem állnak a helyzet magaslatán. Hazánk az agrokemizálást – ma közel 260 növényvédő hatóanyaggal dolgozunk – csak a gazdálkodásra gyakorolt hatása alapján tudja megítélni. Ez viszont nem elégséges!

Kulcsszavak: Darvas Béla, környezet-egészségügy, környezetszennyezés, 6. fajkihálás, hormonmoduláns hatás, *conazole*, *glyphosate*, mikroműanyag

*

Könnyített engedélyezésű *termésnövelő* anyagok a magyar mezőgazdaságban

Darvas Béla

Magyar Ökotoxikológiai Társaság

2017-ben hazánkban ~700 oldalnyi terméket találunk.¹ A termékkategóriák, műtrágyák és természetközégek nélkül: ásványi trágyák (17), gilisztahumuszok (6), komposztok (101), mikrobiológiai készítmények (79), növénykondicionálók (96), szervestrágyák (79), talajjavítók (50) és talajkondicionálók (27). Az ásványi trágyák összetételüket tekintve kalciumtartalmú kőzetek (bazalt, bentonit, kieserit, kovaföld, mészkő, riolitufa, zeolit). A gilisztahumuszok közül egy eltérő, hiszen nem trágyából, hanem szennyvíziszapból készül (VIP-Sztár gilisztahumusz).

A komposztfélék közül a városi parkok fű- és lombhulladékait a közlekedési és gyári füstgázok igen sokféle kiülepedett vegyülettel szennyezik. Szinte minden hazai hulladékfeldolgozó *komposztál*. A kapható *komposztok* 54%-a szennyvíziszapot tartalmaz. Ennek 85%-a kommunális és ipari szennyvíziszap (13%). 2011 óta Horvátországból és Szlovéniából kommunális szennyvíziszap érkezik hozzánk.

A *Bacillus thuringiensis* történetek ismeretében érthetetlen, vajon miként kerültek a mikrobiológiai készítmények a könnyített engedélyezési eljárás alá. Baktérium- (32 faj), gomba- (16) és algaösszetevők (3) fordulnak elő. Problémás, hogy miként jelenhetnek meg fakultatív kórokozók (*Achromobacter spanius*, *Bacillus cereus*, *B. circulans*, *Kokuria rosea*, *Pseudomonas fluorescens*, *P. stutzerii*, *Streptomyces albus*) és allergiát kiváltók (*Paenibacillus macerans*) az engedélyezett készítményekben. A mikroszkopikus gombák közül több biológiai védekezési ágenszt is találunk: *Arthrotrichum oligospora*, *Beauveria bassiana*, *Coniothyrium minitans* és különféle *Trichoderma*-fajok. Hogyan jelenhet meg itt az *Apergillus niger*, amelynek ochratoxint termelő törzsei is vannak.

¹ Haller és Ocskó (2017) *Növényvédő szerek, termésnövelő anyagok*. Vol. II. Agrinex Bt. – Reálszisztéma Dabasi Nyomda Zrt.

A növénykondicionálók 57%-ában találunk műtrágyát. Ezek 40%-a alga-, 25%-a növényi kivonatot tartalmaz. Algák közül a *Spirulina pratensis*, a *Chlorella vulgaris*, az *Ascophyllum nodosum* és a *Ecklonia maxima* fajokkal találkozunk. Növényi kivonatok közül az *Abies sibirica*, csalán, fűz, nyár, lucerna, napraforgó, kukorica, árpa, szója és *Saponaria officinalis* fordul elő. Az *Azadirachta indica* engedélyezésnek ismeretében ez sincs rendben.

A szervestrágyák közül csak állati trágyát tartalmaz 54%, növényi eredetű termékkel kiegészített 27% és állati eredetű termékkel 14%. Az állati hulladékok vágóhidakról érkeznek ide (szőr-, szaru-, toll-, vér-, hús- és csontlisztek). A mikrobiális ipar melléktermékei közül a szeszipar, penicillin-, citromsav-, élesztő- és cukorgyártás, valamint a biogáz-előállítás maradékaival találkozhatunk. A gyógyszergyári melléktermékek felhasználását kifejezetten furcsállom, különösen vonatkozik ez az antibiotikumgyártás után maradókra.

A talajjavítók között kétféle termékre bukkanunk, meszet (40%) tartalmazó vagy lápföld-/tőzegalapút (53%), amit alacsony szervesanyag-tartalmú homoktalajokon alkalmaznak előszeretettel. A mésztartalmú készítmények között több ipari melléktermék feltűnhet, így acetilén-, cellulóz-, cukor-, mész- és papírgyártásból származó iszapok.

A talajkondicionáló termékcsoportok között tizenegy a talajok vízháztartásának javítását ígéri. Többségük jelentős nedvszívó tulajdonságú K-poliakrilát. Számomra a legkülönösebb a Dow által gyártott N-Lock. A *nitrapyrin* a talajokban akadályozza azoknak a baktériumoknak (*Nitrosomonas*-fajok) a működését, amelyek a NO₂-kibocsátásért felelősek.

A mezőgazdasági *termésnövelők* tekintélyes része valójában hulladékdeponiát valósít meg, más részük – kikerülve a valóságos engedélyezést – *eltitkolt* növényvédő szerként funkcionál. A növényvédőszer-engedélyezés szigorát kérdőjelezi meg ez az ellentmondásos termékegyüttes.

Kulcsszavak: Darvas Béla, ásványi trágya, gilisztahumusz, komposzt, mikrobiológiai készítmény, növénykondicionáló, szervestrágya, talajjavító, talajkondicionáló

*

A csípőszúnyog-állománygyerítés gyakorlata és környezet-egészségügyi hatásai

Darvas Béla,^a Zöldi Viktor,^b Mörtl Mária^c és Székács András^c

^aMagyar Ökotoxikológiai Társaság; ^bNemzeti Népegészségügyi Központ (2019. szeptember 15-ig);

^cNAIK Agrár-környezettudományi Kutatóintézet

Magyarországon a csípőszúnyog-állománygyerítés gyakorlata [helytelen](#) szemléletű. Teljes mértékben figyelmen kívül hagyja a környezet-egészségügy szempontjait. Az állattani, virológiai, környezet-analitikai és ökotoxikológiai tudományterületekre kiterjedő ismerethalmaznak a jelenlegi gyakorlat egyik elemét sem használja megfelelően. Tévedésen alapul a csípésszámlálásra alapozott monitorozás, amely időpont- és személyfüggő. Ismételhetősége ~100%-os hatékonyság kivételével kizárt. A gyakorta emberen táplálkozó endemikusokon (*Aedes cinereus*, *A. vexans*, *Coquillettidia richiardii*, *Culex modestus*, *C. pipiens*, *C. territans*, *Culiseta*

morsitans, *Ochlerotatus annulipes*, *O. sticticus* stb.) túlmenően jövevény fajokra is fel kell figyelniük (*A. albopictus*, *A. japonicus*, *A. koreicus*).

A csípőszúnyogok betegségterjesztő-képessége (arbovírusok és fonálférgék) akkor sikeres, ha a nőtények több gerincesfajon is táplálkoznak, így a madár- vagy emlős gazdákból átviszik az emberbe a kórokozót. Ma főként a nyugat-nílusi vírus (*WNV*) miatt aggódhatunk, hiszen 2018-ban az [ECDC](#) szerint június és december között 215 (a [hazai nyilvántartás](#) szerint 225) beteget találtak (a fertőzöttek száma tízezres nagyságrendű lehet), és 132 esetben azonosították is a vírust. 15 halálos áldozatot tartunk ebből az évből számon. 2013 és 2017 között a bejelentett *WNV*-esetszám nálunk 10 és 48 között alakult. 2019-ben 33 megbetegedést jelentettek október közepéig. A *WNV* emberen kívül a lovaknak is ismert betegsége. Az afrikai és távol-keleti területekről érkező vándormadarak által hurcolt *WNV*-nek az *A. albopictus*, az *A. japonicus* mellett, a *C. modestus* és a *C. pipiens* is vektora. A *Dirofilaria*-fajok által okozott szív- és bőrférgesség kutyák esetében kritikus (*A. koreicus*).

A kivitelezői gyakorlat (2014 óta ~950 ezer hektár – ebből ~20% önkormányzati, a többi állami finanszírozású) hosszu ideje a *deltamethrin*+*PBO* hatóanyag-kombinációra korlátozódik (2020. április 1-től ez [nem engedélyezett](#)), amelyben a *Bacillus thuringiensis* pathovar. *israelensis*-készítményekkel végezhető lárva-állománygyérítés háttérbe szorult (10-27 ezer hektár évente). Az állami (OKF) légi és földi gyérítés területének megoszlása ~60:40%. Az utóbbi hat évben a kezelt terület ~2%-án volt lárva-állománygyérítés. Korszerű védekezésnél ez az arány majdnem fordított.

A helikopteres védekezésekben a cseppszám méterenkénti eloszlása ~4-8-szoros szórásértéket mutat. A permetlé elsodródása 50 m-ig mérhető (~5-20%). A helikopterről kiszórt ~1 g *deltamethrin*/ha *ULV* dózisnak közel a fele visszamerül a talajfelszínen (*GC-ECD*). A kezelt területeken így ökológiai természet nem lehetséges. A fogásszéleken lévő ~5-10 méteres sávok gyakran alig kapnak kezelést. Az elsodródás 50 méterre ~5%. Termikus aeroszol alkalmazásakor a kijutó anyag 98%-a fehérőlaj, ami madártojásokra jutva teratogén hatású. A 2% többsége ciklohexanon, míg csekély része *PBO* és *deltamethrin*.

Dichlorvos (a gyakorlatból már kivont) termikus aeroszol alkalmazásakor a kihulló rovarok 1%-e volt csípőszúnyog, míg helikopteres *deltamethrin*+*PBO* *ULV* kezelésekor 2%. Ez nagymérvű, ízeltlábúakra korlátozó ökoszisztéma-pusztítást jelent. A védekezések csak piretroidokat használnak (rezisztencia!), melyeknek hal-, vízibolha- és mézelőméh-toxicitása jelentős. A Velencei-tó partjánál az árvaszúnyogok kihullása volt a legjellemzőbb.

Az új fajspecifikus védekezési eljárások közül a *gene drive* módszere nyílt kibocsátású *GMO*-technológiaként Európában sikerre aligha számíthat. A *Wolbachia* alkalmazása rendkívül drága, és csupán veszélyes vírusvektorfajok ellen lehet a jövőben megoldás.

Kulcsszavak: Darvas Béla, Zöldi Viktor, Mörzl Mária, Székács András, Culicidae, *WNV*, *deltamethrin*, *PBO*, *Bacillus thuringiensis* pathovar. *israelensis*, *gene drive*, *Wolbachia*



Progesztogén indukálta hatások a nagy mocsári csiga (*Lymnaea stagnalis*) neuroendokrin rendszerében

Fodor István,^a Zrínyi Zita,^a Maász Gábor,^a Urbán Péter,^b Joris M. Koene^c
és Pirger Zsolt^a

^aÖkológiai Kutatóközpont, Balatoni Limnológiai Intézet, Adaptációs Neuroetológiai Kutatócsoport, Tihany;

^bPécsi Tudományegyetem, Szentágotthai János Kutatóközpont, Bioinformatikai Kutatócsoport, Pécs;

^cDepartment of Ecological Sciences, Faculty of Sciences, Vrije Universiteit, Amsterdam, Hollandia

A jelenleg használt szennyvíztisztítási eljárások nem képesek az orális fogamzásgátló hatóanyag-maradványok teljes eltávolítására, így ezek a molekulák, valamint metabolitjaik, aktív formában bejuthatnak a természetes vizekbe.² Kutatócsoportunk korábban a Balaton és a Zala vízgyűjtőin 1-50 ng/l koncentrációtartományban mutatta ki a [progesztogén](#) szennyezéseket.³⁻⁴ A szennyezési koncentrációk megismerése és ökológiai kockázatuk becslése után az élőlényekre gyakorolt lehetséges hosszú távú hatásait, a balatoni ökoszisztémát is jellemző gerinctelen vízi állatokon vizsgáljuk.

Mivel ezek a szennyezők főleg a vízi állatok reprodukív folyamatait befolyásolják, az ökotoxikológiai tesztekhez vízi puhatestű fajok – köztük az [OECD](#) által is javasolt modellállat, a nagy mocsári csiga (*Lymnaea stagnalis*) – használata logikus választás, mivel központi és perifériás idegrendszerük és neuroendokrin rendszerük jól ismert.⁵ Kísérleteink során arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a Balaton és a Zala vízgyűjtőin kimutatott progesztogének milyen hatással vannak a *L. stagnalis* neuroendokrin rendszerére molekuláris, egyed- és populációs szinten.

A saját tenyésztésből származó állatokat három csoportra (n=15 állat/csoport) osztottuk: kontroll, kezelt_1 (10 ng/l) és kezelt_2 (500 ng/l). Az állatokat kontrollált laboratóriumi körülmények között 21 napig, a környezeti szituációt modellezve, progesztogénkeverékek (progeszteron, [drospirenon](#), [gestoden](#), [levonorgestrel](#)) terhelésének tettük ki, amely valós környezeti kockázatbecslésre ad lehetőséget.

Kvantitatív, valós idejű *PCR* (*qRT-PCR*) készülékkel kimutattuk, hogy az állatok központi idegrendszerében csökken a korazonin (a GnRH neuropeptid szupercsalád tagja – a reprodukciót (is) mediáló multifunkcionális neuropeptid a gerinctelenekben) expressziós szintje. Ezzel párhuzamosan kimutattuk, hogy a hormonkezelések hatására csökken a spermiumszám az egyedekben. Populációs szinten – a spermiumszám csökkenés ellenére – a potenciális utódszám megnő (megtermékenyített tojások száma magasabb a petezsákokban), ugyanakkor a petezsákok minőségi romlása figyelhető meg (pl.: poliembriónia; megnő a halott embriók száma), így az effektív utódszám lecsökken.

Összegezve, a progesztogének befolyásolják az *L. stagnalis* neuroendokrin rendszerét, már a 10 ng/l-es, környezeti szempontból releváns koncentrációban. A progesztogének spermiumszám-csökkentő hatása önmagában nem okoz ökológiai kockázatot, az együttes hatásuk viszont igen.

² Liu et al. (2011) *Sci. Total Environ.* **409**, 5149-5161.

³ Avar et al. (2016) *Drug Test Anal.* **8**, 123-127.

⁴ Maasz et al. (2019) *Sci. Total Environ.* **677**, 545-555.

⁵ Pirger et al. (2018) *InTech Open* 33-53.

Köszönetnyilvánítás: Nemzeti Agykutató Program (No. 2017-1.2.1-NKP-2017-00002).

Kulcsszavak: Fodor István, Zrínyi Zita, Maász Gábor, Urbán Péter, Joris M. Koene, Pirger Zsolt, prosztozotgén, *drosipirenon*, *gestoden*, *levonorgestrel*, neuroendokrin, korazonin, spermiumszám, *Lymnaea stagnalis*

*

Cry1- (*MON 810*) és Cry3-toxinokat (*DAS-59122*) termelő kukoricák hatása az amurra (*Ctenopharyngodon idella*) 1-, 3- és 6-hónapos etetési kísérletekben (*minireview*)

Gyurcsó Gergő,^a Simon László,^a Takács Eszter,^a Székács András^a és Darvas Béla^b

^aNemzeti Agrárkutató és Innovációs Központ, Agrár-környezettudományi Kutatóintézet, Budapest;

^bMagyar Ökotoxikológiai Társaság

Szárított kukoricalevelekből (*MON 810* – **M**, *MON 810* közel izogenikus – **Mi**, *DAS-59122* – **D**, *DAS-59122* közel izogenikus – **Di**) készített [táppal](#) etettünk 11-hónapos amurokat (*Ctenopharyngodon idella*) 1, 3 és 6 hónapon keresztül. A visszaduzzasztott növényi összetevő a táp ~30%-ának felelt meg. A kezelések igen jelentős Cry-toxinterheléssel jártak. Három kissé eltérő testtömegű amurcsoporttal kezdtünk párhuzamos kísérleteket, de a 6-hónapos kitétség csak a legnagyobb testtömegű halakra vonatkozott már. Az 1- és 3-hónapos boncolás minden csoportban súlyos (40-60%) – nem táperedetű – *Bothriocephalus acheliognathi* galandférgességet mutatott ki. Táptól függő fertőzöttségkülönbség nem alakult ki. A 3-hónapos etetési kísérlet végére nem fordult elő pusztulás, annak ellenére, hogy a galandférgesség hatására károsult a bélnyálkahártya, ami a Cry-toxinfehérjék belépését segítette a véráramba. Adatainkat ANOVA-val értékeltük és alább csak a szignifikáns eredményeket mutatjuk be.

A vérplazma paraméterei azt igazolták, hogy az első hónap után a máj állapotára utaló epesav-, az *AST*-, az *ALT*- és a fruktózamin-értékek (stressz-jelző) egyik csoportban sem voltak elkülöníthetők. A 3. hónap után a legnagyobb induló testtömegű csoportban az **M** kezelésben az albumin-, az anorganikus foszfát- és a Ca-tartalom alacsonyabb volt, mint a **Mi**-ben. Nem volt kimutatható eltérés a triglicerid- és koleszterinadatok között.

A [szövetani](#) vizsgálat szerint a májban eltérések nem fordultak elő. A tápcsatornában az epithelsejtek magassága nem változott. A kehelysejtek száma azonos látótérben a 3-hónapos etetés után 80-90, míg a 6-hónapos etetés után 50-60 körüli érték volt. Egyetlen kezelés (köztük az **M** és **D**) sem okozott változást a belekben meghatározó két sejttípus esetében. A kehelysejtekben mért különbség minden bizonnyal fejlődési okokra vezethető vissza. Nem találtunk eltérést a 3-hónapos kitétségű amurok elő- és utóbél mintájának amiláz és leucin-aminopeptidáz-aktivitásában. A nagyobb testtömegű csoportban az **M** – közel fele [tripszinaktivitás](#) – és a **D** között különbség mutatkozott. A 3. hónapban elvégzett parazitaellenes *praziquantel*-kezelést csak a legnagyobb induló testtömegű állatok élték túl.

Az elkészített **D**-táp [Cry34Ab1-tartalma](#) 7082 ± 1638 ng/g. A Cry34Ab1-tartalom a béltartalomban alacsony volt (11 ± 4 ng/g). A bélférgék Cry34Ab1-tartalma 14 ± 1 ng/g volt, mely érték meghaladja a **Mi** értéket, vagyis a Cry34Ab1-

tartalom – ha csekély mértékben is – igazolhatóan átmegy a bélparazitákba is. A bélfalon keresztül a Cry34Ab1-toxin átjut az amur vérébe (13 ± 2 ng/ml). A galandfereg jelenléte károsítja a bélnyálkahártyát, így a vérbe átjutó toxin mennyisége is kissé magasabb (18 ± 1 ng/ml) volt, azonban ez a különbség a máj- és izomszövetekben nem mutatkozott.

A [vérsejtek](#) áramlási citometriás vizsgálatánál 6-hónapos kitettségnél az **M** csökkentette a trombociták számát az **Mi**-hez viszonyítva. A **D** növelte az eritrociták és limfociták, míg csökkentette a neutrofil granulociták számát az **Di**-hez képest.

Takarmányozási vizsgálataink jelentős kitettség mellett a *MON 810* és *DAS-59122* GM-kukoricák esetében csak igen enyhe immunológiai hatásokat mutattak ki növényevő amuron. A kukoricaszemek Cry-toxintartalma egyébként lényegesen alacsonyabb, mint a takarmányozásra használt leveleké, amelyekkel mi dolgoztunk.

Kulcsszavak: Gyurcsó Gergő, Simon László, Takács Eszter, Székács András, Darvas Béla, *MON 810*, *DAS-59122*, *Ctenopharyngodon idella*, *Bothrioccephalus acheliognathi*, GM-kukorica, Cry1-toxin, Cry3-toxin

*

Az 5 α -dihidro-tesztoszteron biodetoxifikációs lehetőségének vizsgálata *Rhodococcus*-típustörzsek alkalmazásával

Krifaton Csilla

Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Gödöllő

Az 5 α -dihidro-tesztoszteron (*DHT*) természetes szteroid hormon, amely a szennyvíztisztítók vizét terhelve hozzájárul a felszíni vízfolyások androgén szennyezéséhez. A szteroidok eltávolítására alkalmas fizikai és kémiai módszerek többségének alkalmazási lehetőségei korlátozottak, vagy pedig költséges eljárások, így a biodegradációs eljárások hatékony alternatívát jelenthetnek a fizikai és kémiai módszerekkel szemben. Korábbi vizsgálatokban megállapítottuk, hogy a *DHT* bontására alkalmas mikroszervezetek nagy része a [Rhodococcus](#) nemzetségből kerülnek ki. Mindezen eredmények felvetik a kérdést, hogy a *Rhodococcus* nemzetség többi faja milyen eltéréseket mutat az androgénhatású *DHT* bontásában. Vizsgálataink rámutattak, hogy kiváló *DHT*-bontás mellett is lehetséges maradék androgén hatás, amely hangsúlyozza a biotesztek fontosságát a biodegradációs eljárások során.

A *Rhodococcus* nemzetség 40 típustörzsének *DHT*-bontó képességét állapítottuk meg (0,1 $\mu\text{g/ml}$ *DHT*-koncentráció alkalmazásával), amelyhez két fő vizsgálati irányt alkalmaztunk. Egyrészt a törzsek bontási képességének megállapítására analitikai (*GC-MS*) vizsgálattal határoztuk meg a biodegradációt követő maradék *DHT*-koncentrációját. Másrészt vizsgáltuk, hogy a törzsek milyen mértékben képesek a *DHT* androgén hatásának csökkentésére, tehát a biodetoxifikációra. Az androgénhatás mérésére alkalmazott rendszer, a [Saccharomyces cerevisiae](#) egy géntechnológiával módosított törzsét (*BLYAS*) alkalmazza tesztstrategettként, amely genomjába humán androgénreceptor génjét (*hAR*), illetve plazmidon kódolt fénykibocsátásért felelős *luxABCDE* géneket integráltak, így androgén mimetikus anyag jelenlétében az androgén válaszelemek

hatására expresszálnak a fénykibocsátásért felelős gének, és lumineszcenciaintenzitás tapasztalható.

A *BLYAS* teszt alapján 21 törzs a szteroid hormonnal való közvetlen érintkezést követően jelentősen, az abiotikus kontrollhoz viszonyítva 80% alá csökkentette az androgénhatást. Hasonló eredményt már tapasztaltunk korábban a *Rhodococcus pyridinivorans* AK37 környezeti izolátum esetében, a törzs extracelluláris kivonatával kezelt 0,1 µg/ml *DHT*-t tartalmazó mátrix az érintkezést követően azonnal megszüntette a hormonhatást. A típustörzsek közül további 37 törzs 72 óra alatt csökkentette a *DHT* androgén hatását 80-100%-kal, míg két típustörzs a *R. cercidiphylli* DSM 45141, *R. enclensis* DSM 45688 esetében az androgén hatás az abiotikus kontrollhoz viszonyítva csupán 77-72%-ra csökkent, amely maradék hormonhatás nagyjából 0,004 µg/ml *DHT*-koncentrációnak felel meg.

A biodegradációt követő maradék *DHT*-koncentráció analitikai meghatározás minden esetben kimutatási határérték alatt volt (1 ng/g) a típustörzsek esetében, tehát analitikai szempontból a *DHT*-biodegradációja megtörtént.

Érdekes az analitikai és biológiai hatásmérésen alapuló eredmények összevetése, miszerint két típustörzs esetében (*R. cercidiphylli* DSM 45141, *R. enclensis* DSM 45688) a *GC-MS*-vizsgálat kimutatási határérték alatt volt, mégis nagyjából 0,004 µg/ml *DHT*-nak megfelelő maradék hormonhatást tapasztaltunk. Ezen esetben nagy valószínűséggel, androgén potenciállal jellemezhető biodegradációs termék keletkezett, így ezekben az esetekben csupán biodegradációról nem pedig biotetoxifikációról beszélhetünk.

Köszönetnyilvánítás: Ezt a munkát az UNKP-18-4-SZIE-34 és a BO/00206/14/4 támogatta.

Kulcsszavak: Krifaton Csilla, *Rhodococcus*, 5 α -dihidroteszteszteron, androgén, biodegradáció, biotetoxifikáció, *DHT*

*

A Fővárosi Állatkert növényevőiből származó *Lactobacillus*-törzsgyűjtemény kialakítása, aflatoxin- és szterigmatocisztinkötő képességük átfogó vizsgálata

Kosztik Judit, Mörzl Mária, Székács András, Batáné Vidács Ildikó és Kukolya József

Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ, Agrár-környezettudományi Kutatóintézet, Budapest

Az állatkertekben élő egzotikus állatok bélmikrobiótája születésük során kezd kialakulni, majd a környezeti hatások következtében változik. A mikrobióta egyik komponense a szülőktől örökölt mikrobaközösség, amit az adott környezetből bekerülő elemek modulálnak. Ezek alapján az állatkerti egzotikus állatok lehetőségét adnak specifikus mikrobatorzsek izolálására még akkor is, ha az adott növényevő faj generációk óta az állatkert lakója. Kutatásaink során növényevő állatok ürülékéből izoláltunk tejsavbaktériumokat, melyek a probiotikumok legfőbb képviselői. A tejsavbaktériumok a szénhidrátokat anaerob respirációval tejsavvá alakító Gram pozitív mikrobák. Közel 900 baktériumtörzsből több mint 600 bizonyult tejsavbaktériumnak. Ezek közül 234 törzs a *Lactobacillus*, 22 a *Lactococcus*, 57

pedig a *Pediococcus* nemzetséghez tartozik. Az *Enterococcus* nemzetséghez 289 törzs, míg a *Leuconostoc* nemzetséghez 16 törzs sorolható, és 10 törzs tartozik a *Weissella* nemzetséghez.

A tejsavbaktérium törzsek aflatoxintermelő penészgombákra kifejtett antagonistá hatását és az aflatoxin B1 (AFB1) és szterigmatocisztin (STC) kötő képességüket vizsgáltuk. Agardiffúziós módszerrel teszteltük a törzsgyűjteményünkben lévő tejsavbaktériumok antagonistá hatását aflatoxintermelő *Aspergillus flavus* törzsek esetében. De Man, Rogosa és Sharpe (MRS) táptalajba a vizsgált penészgombatörzs spóráit kevertük, majd az agar közepébe a tesztelni kívánt tejsavbaktériumot pipettáztuk. Háromnapos inkubálás után lemértük a gátlási zónát a tejsavbaktérium körül. A legjobb gátlási képességekkel a *Lactobacillus salivarius* SK29 és a *Pediococcus pentosaceus* TV51 törzsek rendelkeztek.

A toxinadszorpciós vizsgálatokban 1 ppm AFB1- és STC-tartalmú tápleveseket oltottunk be a tesztörzsekkel. A 10 perctől 48 óráig tartó inkubációs periódus után a centrifugált biomassza és a felülúszó toxintartalmát határoztuk meg. A mikotoxinok analitikai meghatározása a mintákból folyadékkromatográfiás elválasztást követően UV detektálással (HPLC-UV) történt. Az AFB1 és az STC mérésére két különböző izokratikus módszert és detektálási hullámhosszat alkalmaztunk. Az elválasztás Brisa (Teknokroma) C18-oszlopon történt (5 µm, 15 cm x 0,46 cm) 30 °C-on.

A legjobb AFB1-adszorpciós képességgel a *Lactobacillus plantarum* TS23, *L. paracasei* MA2 és *L. pentosus* TV3 törzsek rendelkeztek, az eredeti toxinmennyiség közel 10%-át megkötve. Érdekes módon a nagyon hasonló szerkezetű STC esetében a kötés mértéke több mint a 20% volt. Kísérleteink alapján elmondható, hogy a vizsgált koncentrációban sem az AFB1, sem az STC nem befolyásolta a baktériumtörzsek szaporodását. Azt találtuk, hogy 2-napos inkubálás nem szükséges a toxin megkötéséhez, 10-perces inkubálás után közel azonos megkötési értékeket kaptunk a HPLC mérések során, mindkét toxin esetében. A toxinkötés 10^7 sejt/ml csíraszámától volt kimutatható az adott kísérleti körülmények között.

A *Lactobacillus* fajok AFB1-kötéséről sok mérés található, de az STC-kötésről nincsen elérhető publikáció. A toxinkötési kísérletek egyik további iránya azon mikroba sejtfelszíni képletek azonosítása lehet, ahol a toxinok adszorpciója létrejön. Az alapkutatósi jelentőségen túl a takarmányozásban a tejsavbaktériumok aktív komponense egy biológiai AFB1-kötő készítményként fontos eredmény lehetne.

Köszönetnyilvánítás: A munkát az NVKP-16-1-2016-0009 és az OTKA K116631 támogatták.

Kulcsszavak: Kosztik Judit, Mörötl Mária, Székács András, Batáné Vidács Ildikó, Kukolya József, *Aspergillus flavus*, tejsavbaktériumok, aflatoxin B1, szterigmatocisztin



A por, mint légszennyező becslésének tesztelése: porcsapda vs. falevél portartalma

Kundrát-Simon Edina,^a Molnár Vanda,^b Szabó Szilárd,^b Tózsér Dávid^a
és Tóthmérész Béla^c

^aDebreceni Egyetem, Természettudományi és Technológiai Kar, Ökológiai Tanszék;

^bDebreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debrecen;

^cMagyar Tudományos Akadémia – Debreceni Egyetem, Biodiverzitás Kutatócsoport, Debrecen

Napjainkban a városiasodás az ember környezetet átalakító tevékenységének az egyik legtipikusabb példája lett. Az urbanizáció következményeként az abiotikus környezeti elemek változása mellett jelentősen megnövekszik a légszennyező anyagok kibocsátása is. A kibocsátott szennyező anyagok közül a por a levelek felszínén kiülepszik, és ennek köszönhetően számos növényi fajról korábbi tanulmányok már bebizonyították, hogy kiválóan alkalmasak a légszennyezettség becslésének vizsgálatára.

Vizsgálatunk célja a légszennyező por becslésének tesztelése volt falevélen kiülepedett porminták és hagyományos porcsapdával gyűjtött minták alapján. A mintagyűjtést 2018. júliustól augusztusig végeztünk, európai hárs (*Tilia × europaea*) egyedre kihelyezett porcsapdával és ugyanezen egyedek levelének vizsgálatával kétféle magasságból, a Debreceni Egyetem campusának területén. Vizsgálataink során az ülepedő és szálló por különböző frakcióit hasonlítottuk össze, lemosási módszerrel, melynek során változó pórúsátmérőjű szűrőpapíron ($d < 5-8 \mu\text{m}$ és $d > 2-3 \mu\text{m}$ szűrtük a pormintát tartalmazó vizes szuszpenziót.

Vizsgálataink során szignifikáns különbséget tapasztaltunk mindkét frakciójú porminta mennyiségét tekintve a levél- és porcsapda között Mann–Whitney-féle U-tesztet alkalmazva. A magasságnak, illetve a hónapoknak nem volt jelentős hatása sem a levélen megülepedett por, sem a porcsapdában összegyűlt minta mennyiségére. Az eredmények értékelése során a porcsapda által összegyűjtött és a levélen megülepedett pormennyiség további vizsgálata során Pearson–Rank-korrelációt alkalmaztunk. Ennek eredményei alapján megállapítottuk, hogy a nagyobb frakciójú ($d < 5-8 \mu\text{m}$) porcsapdában gyűjtött por mennyisége korrelál a falevélen megülepedettel. Ezzel ellentétben a kisebb frakciójú ($d > 2-3 \mu\text{m}$) pormennyiség esetében nem tapasztaltunk szignifikáns korrelációt a csapdával és levélen ülepedett mennyisége között.

Eredményeink bizonyították a falevek pormegkötő képességének alkalmasságát porszennyezés becslésére, különös tekintettel az ülepedő, nagyobb frakciójú porok esetében. Eredményeink alapján ajánlásokat tudunk megfogalmazni nagy városok település rendezési terveihez, hogy az általunk vizsgált fajok alkalmasak parkosításra, ezzel az esztétikai követelmények mellett, a légszennyezettséggel szembeni védelemnek is megfelelően. Ugyanakkor, a falevél, mint indikátor alkalmazása kérdéses, részben a levelek korlátozott pormegkötő kapacitása okán, mivel azok csak vegetációs periódusban alkalmazhatóak, részben pedig a csapadék általi folyamatos lemosás révén.

Köszönetnyilvánítás: A kutatási munkát a KH 126481 sz. projekt támogatta.

Kulcsszavak: Kundrát-Simon Edina, Molnár Vanda, Szabó Szilárd, Tózsér Dávid, Tóthmérész Béla, *Tilia × europaea*, ülepedő por, szálló por, falevél, porcsapda

Algadenzitás *in situ* meghatározása fluoreszcenciás módszerrel

Lázár Diána,^a Gémes Borbála,^a Klátyik Szandra,^a Csósz Dániel,^b Lenk Sándor,^b
Barócsi Attila,^b Kocsányi László,^b Adányi Nóra,^c Takács Eszter^a
és Székács András^a

^aNemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ, Agrár-környezettudományi Kutatóintézet, Budapest;

^bBudapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Atomfizika Tanszék, Budapest;

^cNemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ, Élelmiszertudományi Kutatóintézet, Budapest

A felszíni vizeinket érő antropogén eredetű, pontszerű, vagy diffúz szerves és növényi tápanyagterhelés következtében eutrofizáció jelentkezhet, mely az algák tömeges elszaporodásával, illetve súlyos vízminőségi kockázatokkal jár. A vízminőség romlása hatással van a vízi ökoszisztéma élőlényekre, ökológiai állapotára, valamint negatívan befolyásolja a vízhasználati lehetőségeket. Az élőlények különböző mértékben képesek tolerálni a környezetükben bekövetkező változásokat. Az elsődleges termelők – mint az algák – rövid generációs idejük miatt gyorsan képesek reagálni adott víztestben bekövetkező változásokra. A válaszreakció jelentkezhet mennyiségi (populációméret megváltozása) és minőségi (algaközösség összetételének megváltozása) módon. Minden fotoszintetikus szervezet, ami elektronforrásként vizet használ, tartalmaz klorofillt, aminek a detektálásával jól lehet követni a populáció méretének változását.

Kutatásunk során egy, az algadenzitás mérésére szolgáló, lézerindukált, klorofill-*a*-fluoreszcencia detektálásán alapuló műszert fejlesztünk. A kétsatornás *FluoroMeter Modul* (FMM), annak fejlesztett négycsatornás *Chlorophyll Fluorometer* (CFM4ch) verziója és a *Fluorometer with dichroic system* (FDS) alkalmazhatóságát vizsgáltuk zöldalga- (*Pseudokirchneriella subcapitata*) és kékalgá- (*Microcystis aeruginosa*) fajok monokultúráin. Az optimális gerjesztési hullámhosszok kiválasztásához felvettünk az algafajok kibocsátási (emissziós) fluoreszcenciaspektrumait 420, 470 és 630 nm gerjesztési hullámhosszok mellett. Meghatároztuk és összehasonlítottuk a fejlesztés során elkészült prototípusok kimutatási (KH) és mérési határait (MH). Az előkísérleteink során elvégeztük a műanyag-mikrotálcák (fekete, fehér, átlátszó) értékelését az előidézett háttérjel-intenzitások alapján, és mértük a sötétadaptáció hatását, a gerjesztés során történő áthallást, valamint a gerjesztés utáni visszahallást. A vizsgált fluorométerek által mért fluoreszcens jelintenzitások és az algadenzitás-becslésre alkalmas módszerek (pl. Bürker-kamrás sejtszámolás, optikai denzitás mérése, klorofill-*a* mérése) által meghatározott paraméterek közötti korrelációt is vizsgáltuk.

Az optimális gerjesztési hullámhossz a *P. subcapitata* esetében 470 nm, míg a *M. aeruginosa* fajnál 630 nm, amely gerjesztési hullámhosszoknál az emissziós csúcsokat 690, illetve 660 nm hullámhosszoknál detektáltuk. A zöldalga sejtsűrűségének vizsgálata során a műszerek KH és MH értékei a fejlesztéseknek köszönhetően folyamatos csökkenést mutattak (KH_{FMM} = 4,01*10⁶ sejt/ml, KH_{CFM4Ch} = 2,22*10⁴ sejt/ml, KH_{FDS} = 1,31*10⁴, MH_{FMM} = 8,12*10⁶ sejt/ml, MH_{CFM4Ch} = 5,67*10⁴ sejt/ml, MH_{FDS} = 1,31*10⁴). A vizsgált kékalgafaj esetében is csökkent a már kimutatható sejtkoncentráció értéke (KH_{FMM} = 8,26*10⁷ sejt/ml, KH_{CFM4Ch} = 4,46*10⁶ sejt/ml, KH_{FDS} = 1,3*10⁴ sejt/ml). A vizsgált fajok esetében a

Bürker-kamrás számlálás és az optikai sűrűség mérési eredményei jól korreláltak egymással. A klorofill-*a*-tartalom és a klorofill-*a*-fluoreszcencia közötti korreláció mértéke ugyancsak magas volt mindkét faj esetében ($R > 0,95$).

Köszönetnyilvánítás: A munkát az NKFIA NVKP 16-1-2016-0049 támogatta.

Kulcsszavak: Lázár Diána, Gémes Borbála, Klátyik Szandra, Csósz Dániel, Lenk Sándor, Barócsi Attila, Kocsányi László, Adányi Nóra, Takács Eszter, Székács András, *Pseudokirchneriella subcapitata*, *Microcystis aureginosa*, fluoreszcencia, klorofill-*a*, gerjesztés, emittálás

*

Gyógyszerhatóanyag-koncentrációk környezeti kockázati elemzése a Balatonban

Molnár Éva, Fodor István, Pirger Zsolt és Maúsz Gábor

Ökológiai Kutatóközpont, Balatoni Limnológiai Intézet, Adaptációs Neuroetológiai Kutatócsoport, Tihany

A természetes felszíni vizekben kimutatható gyógyszerhatóanyagok (*Pharmacological Active Compound – PhAC*) és metabolitjaik világszerte egyre nagyobb aggodalomra adnak okot. Számos *PhAC* ellenáll az élő szervezetben működő, a szennyvíztisztítási folyamatok során alkalmazott, illetve a természetes körülmények között zajló biodegradációs folyamatoknak, így felhalmozódnak a környezet egyes elemeiben, illetve az élő szervezetekben. Ismeretünk azonban hiányos arról, hogy milyen lehetséges hatásai lehetnek ezeknek a *PhAC*-oknak és *PhAC*-keverékeknek az egyes élőlényekre a környezetben megtalálható koncentrációkban. Általában arról sem állnak rendelkezésünkre adatok, hogy milyen következményekkel járhat pl. több generáción át zajló krónikus kezelés az adott nem célszervezet, vagy ökoszisztéma esetében. Ebből adódóan a *PhAC*-ok környezeti kockázatbecslése (*Environmental Risk Assessment – ERA*) napjainkban még igen nagy kihívást jelent.

Kutatásunk célja, hiánypótló jelleggel, az *ERA* elvégzése volt, mely eredményeként közelítő információkhoz juthatunk arról, hogy a Balatonban a kutatócsoportunk által korábban már kimutatott és felmért *PhAC*-koncentrációk mekkora kockázatot jelenthetnek az ott élő vízi szervezetek számára. Az *ERA*-t 45 darab *PhACs* 2017 június és 2018 október között mért környezeti (vízben lévő) koncentráció eredményei, illetve a szakirodalomban, vagy az *ECOSAR* adatbázisban megtalálható toxikológiai adatai alapján végeztük el. A felhasznált toxikológiai alapadatok valamilyen alga, vízibolha (*Cladocera*, jellemzően *Daphnia* sp.), illetve hal egyedeken végzett vizsgálatok eredményeiből származtak, azaz akut kezelések közepes hatásos és közepes letális koncentrációi (*Median Effect Concentration – EC₅₀*; *Median Lethal Concentration – LC₅₀*), továbbá krónikus kísérletek legnagyobb (megfigyelt) hatástalan koncentráció (*No Observed Effect Concentration – NOEC*) értékei lettek figyelembe véve. A vizsgálatot kiterjesztettük a kockázati szintek időszakos változásának nyomon követésére is, illetve eredményeinket kritikai elemzésnek is alávetettük.

Az elvégzett munka eredményeként elmondható, hogy az évszakok változása hatással volt a környezeti kockázati szintekre, ugyanis a nyári időszakban, azaz a turisztikai csúc szezonban tapasztaltuk a kockázati maximumok

kiteljesedését. Az *ERA* alapján azon *PhAC*-ok, melyek már közepes, vagy nagy kockázatot jelenthetnek az ökoszisztémára, a következők voltak: *barbital*, *carbamazepine*, koffein, *diclofenac*, *estrone*, *estradiol*, *theophyllin*, *tramadol* és *verapamil*.

Napjaink sürgető feladata a szennyvízkezelési technológiák fejlesztése a *PhAC*-ok természetbe való kikerülésének megakadályozása érdekében. Míg ennek hatékonysági szintje nem javul, addig a felszíni vizeink és a hozzájuk tartozó élővilág folyamatos monitorozása mindenképpen szükséges az esetleges változások nyomonkövetésére. Továbbá, indokoltnak tűnik minél több ökotoxikológiai kísérlet elvégzése *PhAC*-okkal és *PhAC*-keverékekkel az *ERA* eredmények pontosításához.

Köszönetnyilvánítás: A munkát a PD-OTKA (124161) és a Nemzeti Agykutatási Program (2017-1.2.1-NKP-2017-00002) támogatta.

Kulcsszavak: Molnár Éva, Fodor István, Pirger Zsolt, Maász Gábor, *barbital*, *carbamazepine*, koffein, *diclofenac*, *estrone*, *estradiol*, *theophylline*, *tramadol*, *verapamil*, Balaton, vízminőség, környezeti kockázatbecslés

*

A környezetből kimutatható pszichoaktív hatóanyag-szennyezések felmérése és az általuk indukált változások vizsgálata a nagy mocsári csiga (*Lymnaea stagnalis*) központi idegrendszerében

Maász Gábor, Fodor István, Molnár Éva, Zrínyi Zita, Svigruha Réka, Kiss Tibor és Pirger Zsolt

Ökológiai Kutatóközpont, Balatoni Limnológiai Intézet, Adaptációs Neuroetológiai Kutatócsoport, Tihany

Az emberi eredetű kémiai szennyezők, beleértve a [pszichoaktív](#) hatóanyagokat is, komoly terhelést jelentenek a vízi ökoszisztémákra világszerte. A hatóanyagok élővizekben történő megjelenésében jelentős szerepet játszanak a fogyasztási szokások, azaz intenzív és hosszan elhúzódó (krónikus) kezelési terápiák alkalmazása, a nem teljes környezeti lebomlásuk (biodegradáció), valamint, hogy a ma használatos szennyvíztisztítási technológiák nem képesek a szennyezők teljes eltávolítására. Az átlagos koncentrációk az egyes víztípusokban ugyan alacsonyabbak, mint a terápiás vérszérum szintek, de folyamatos jelenlétük megfigyelhető fiziológiai és idegrendszeri változásokhoz vezethet. Mivel a pszichoaktív szerek fő támadáspontja az idegrendszer, továbbá a nagy mocsári csiga ([Lymnaea stagnalis](#)) központi idegrendszere (*CNS – Central Nervous System*) jól feltérképezett az idegsejtektől egészen a viselkedési mintázatokat kialakító egyszerű neuronhálózatokig, tesztállatként való használata logikus és indokolt.

Célunk megérteni, hogy milyen biokémiai és molekuláris változások történnek az egyébként nem célszervezet idegi folyamataiban, melyeket egy olyan külső kémiai hatás befolyásol, mint az emberi eredetű gyógyszerhatóanyagok. Ennek eléréséhez felmértük a szennyezési viszonyokat a Balaton és Zala vízgyűjtőterületén, majd a koncentrációk ismeretében, a *L. stagnalis* felnőtt egyedek krónikus pszichoaktív hatóanyag kezeléseknél tettük ki, hogy megfigyeljük, milyen rendszerszintű változások indukálódnak a *CNS*-ben, amelyek a viselkedési aktivitások (pl. mozgás, tanulás) szintjén jelennek meg.

A környezetanalitikai felmérés során a 134 vizsgált molekulából 69-et mutattunk ki, köztük több pszichoaktív hatóanyagot. Az átlagos szennyezési szintek ng/l és µg/l koncentrációtartományokba estek. Ezeket az adatokat felhasználva, a *L. stagnalis* egyedeit 21 napig kezeltük, majd vizsgáltuk a mozgási aktivitást. Az antiepileptikus terápiában használt *carbamazepine*, továbbá a szorongáscsökkentőként felhasznált *alprazolám* csökkentették az egyedek mozgási aktivitását. A *carbamazepine* esetében a környezeti koncentrációkat alkalmazva már az első kezelési hét után is megfigyelhető volt ez a csökkenés. Vizsgáltuk a hatásokat az asszociatív tanulás és memória során is. A kísérletben a klasszikus pavlovi jutalmazásos kondicionálást alkalmaztunk, izoamil-acetát és γ -nonalakton (nem-kondicionáló ingerek), valamint szacharóz (kondicionáló inger) társításával. A hosszú távú memóriát az 1 µg/l antidepresszáns hatású *citalopram* nem befolyásolta, azonban az 1 µg/l *carbamazepine*, vagy *alprazolám* jelentősen csökkentette azt, amely hatások nem szűntek meg a kimosási periódusok után sem, ahol az állatok hatóanyagmentes vízben voltak tartva 21 napon át.

Eredményeink alapján, a környezeti pszichoaktív hatóanyag-szennyezések befolyásolhatják a vízi nem célszervezetek viselkedési magatartását. A jövőbeni vizsgálatokban tömegspektrometrián alapuló egysejtanalízis elvégzését tervezzük a pszichoaktív hatóanyagok által befolyásolt különböző idegsejtek molekuláris vizsgálatához, valamint az idegi folyamatok pontosabb tanulmányozásához és megértéséhez.

Köszönetnyilvánítás: Ezt a munkát a Nemzeti Agykutató Program (No. 2017-1.2.1-NKP-2017-00002) és az NKFIH (PD-OTKA No. 124161) támogatta.

Kulcsszavak: Fodor István, Maász Gábor, Molnár Éva, Zrínyi Zita, Svigruha Réka, Kiss Tibor, Pirger Zsolt, pszichoaktív hatóanyag, *carbamazepine*, *alprazolam*, *citalopram*, környezeti felmérés, idegrendszer, tanulás, memória, *Lymnaea stagnalis*

*

Elsődleges szennyezők vizsgálata az üledékben – a *SIMONA* projekt

Mörzl Mária,^a Kovács Zsófia,^b Jordán Győző^c és Székács András^a

^aNemzeti Agrárkutatói és Innovációs Központ, Agrár-környezettudományi Kutatóintézet, Budapest;

^bPannon Egyetem Környezetmérnöki Intézet; ^cSzent István Egyetem, Alkalmazott Kémia Tanszék, Budapest

Az Európai Unió Víz-Keretirányelve⁶ a víztestek jó kémiai és ökológiai állapotát célozza, ám megvalósulásában némi késlekedés tapasztalható. Kulcsfontosságú az elsődleges szennyezők listáján⁷ szereplő anyagok monitorozása, nemcsak a vizekben, hanem az üledékben és a vízi szervezetekben is. A korábbi emisszióra koncentráló szabályzás helyett a teljes vízgyűjtőre vonatkozó szemlélet került előtérbe. Az emisszió és a határértékek mellett a környezetminőségi előírásokra (EQS) helyeződött a hangsúly, és az értékelésnek az ökológiai állapot javulását és a hosszútávú változásokat is tükröznie kell.

⁶ European Council (2000) Directive 2000/60/EC, *Off. J.* L327 1-73.

⁷ European Council (2008) Directive 2008/105/EC, *Off. J.* L348 1-84.

A szennyezőanyagok megoszlása a vizes fázis és az üledék között számos tényező függvénye, melyek közül a célvegyületek polaritása, a szervesanyag-tartalom az üledékben, illetve lebegőanyag a vízben, valamint a mintavételi módszerek is szerepet játszanak. Egyes komponensek csak az egyik fázisban, míg mások mindkét fázisban (víz, üledék) jelen vannak. Az oktanol–víz-megoszlási hányados (K_{ow}) alapján beszélhetünk vízszennyezőkről ($\log K_{ow} < 3$), üledékszennyezőkről ($\log K_{ow} > 5$) és mindkét fázisban megtalálható komponensekről ($3 \leq \log K_{ow} \leq 5$). A szennyezők azonban a szerves anyaghoz kötődnek, ezért az erre vonatkoztatott egyensúlyi állandóval (K_{oc}) jobb becslést kaphatunk, bár bizonyos esetekben a szerves anyagok hatása is fontos lehet (pl. *glyphosate* és vas). Mindazonáltal nem mindig jön létre az egyensúly a két fázis között, és a lebegőanyagban is jelentős lehet a szervesanyag-tartalom, aminek kiszűrésével nem valós eredményekhez juthatunk. A szennyezőanyag megoszlása a vizes és az üledékfázis között befolyásolja annak terjedését is. A vizekben megfigyelhető időbeli változékonyságot⁸⁻⁹ passzív mintavétellel lehet csökkenteni, míg az üledékekben ennél kisebb ingadozás tapasztalható. A különböző frakciókban mérhető szintekből bizonyos esetekben a szennyezés eredetére is következtethetünk.

A Nemzetközi Dunavédelmi Bizottság támogatásával megvalósuló pályázatunkban¹⁰ (*Sediment-quality Information, Monitoring and Assessment System, SIMONA*, 2018-2021) 12 ország 17 konzorciumi partnere és 12 stratégiai társpartner intézménye vesz részt. Mivel az üledékvizsgálat eredményét számos tényező befolyásolja, ezért az adatok összehasonlíthatósága érdekében a Duna vízgyűjtő területére egységes mintavételi és laboratóriumi eljárások, valamint az eredmények egységes értékelésének kidolgozását tűztük ki célul. A kidolgozott – az összetett minták kezelését és frakcionálását, a mintavételi helyek és gyakoriság kérdéseit is tartalmazó – eljárásokat (*Sediment Quality Sampling Protocol for HSS; Sediment Quality Laboratory Protocol for HSS*) három mintaterületen (Felső-Tisza, Dráva, Vaskapu) teszteljük. Mindemellett vizsgáljuk a különböző mintavételi technikák alkalmazhatóságát a vizes és üledékfázisra, összehasonlítjuk az így nyert minták jellemzőit (mennyiség, méreteloszlás) és a szennyezettségre vonatkozó eredményeket. A módszereket webes alkalmazáson keresztül elérhetővé tesszük a hatóságok számára.

Köszönetnyilvánítás: Ezt a munkát (*SIMONA*) a DTP2-093-2.1 támogatta.

Kulcsszavak: Mörötl Mária, Kovács Zsófia, Jordán Győző, Székács András, *SIMONA*, szennyezők, Duna, üledék, monitorozás



⁸ Mörötl et al. (2010) *Növénytermesztés* 59 (Suppl.), 263-266.

⁹ Székács et al. (2015) *J. Chem.* Article ID 717948.

¹⁰ <http://www.interreg-danube.eu/approved-projects/simona>

Környezeti kockázatbecslés alapján beállított gyógyszerszennyezések élettani hatásai nagy mocsári csigán (*Lymnaea stagnalis*)

Pirger Zsolt,^a Fodor István,^a Svigruha Réka,^{a,b} Molnár Éva,^a Zrinyi Zita,^a
Kiss Tibor^a és Maász Gábor^a

^aÖkológiai Kutatóközpont, Balatoni Limnológiai Intézet, Adaptációs Neuroetológiai Kutatócsoport, Tihany;

^bPannon Egyetem, Mémöki Kar, Környezettudományi Intézet, Limnológia Tanszék, Veszprém

A napjainkban elterjedt háromlépcsős szennyvíztisztítási eljárások csak közepes, vagy gyenge hatásfokkal képesek eliminálni bizonyos gyógyszerhatóanyag (*Pharmacological Active Compound – PhAC*) csoportokat, pl. fogamzásgátlók, antiepileptikumokat, antidepresszánsokat, opioid fájdalomcsillapítókat, így azok a tisztított szennyvízzel a felszíni vizekbe jutnak általában ng/l és µg/l koncentrációtartományban. Mindemellett, a felszíni vizek szennyező forrásai lehetnek még a gyógyszergyári hulladéklerakók, a szántóföldön kiterített trágya, de értelemszerűen a deponált szennyvíziszap is. Ismeretes, hogy a természetes felszíni vizekben kimutatható *PhAC*-ok ellenállnak az ismert biodegradációs folyamatoknak, így azok felhalmozódnak a környezet egyes elemeiben, illetve az élő szervezetekben is. Ezért fontos a *PhAC*-ok környezeti kockázat becslése, amely prognosztizálhatja az egyes hatóanyagok vízi ökoszisztémára gyakorolt élettani hatását. A kutatócsoportunk által elvégzett kockázatbecslések alapján elmondható, hogy a Balatonban a *barbital*, *carbamazepine*, koffein, *diclofenac*, *estrone*, *estradiol*, *theophyllin*, *tramadol* és *verapamil* hatóanyagok kaptak közepes és magas kockázati besorolást. Azonban, kevés ismeretünk van arról, hogy milyen lehetséges élettani hatásai lehetnek ezeknek a *PhAC*-oknak a különböző vízi gerinctelen élőlényekre a környezetben megtalálható koncentrációkban.

Kontrollált laboratórium feltételek mellett vizsgáltuk a *tramadol* (100 ng/l), a *carbamazepine* (1000 ng/l) és a progesztogének (1, 10, 100 ng/l) élettani hatásait a nagy mocsári csiga (*Lymnaea stagnalis*) embrionális fejlődésében, valamint a felnőtt egyedek viselkedési aktivitásában (pl. mozgás, tanulás és memória), akut és krónikus expozíciók után. Megfigyeltük, hogy a *tramadol* embrionális korban gyorsítja a metabolikus folyamatokat, ebből adódóan a fejlődés ütemét és a szívritmust, de a kikelés után az utódok 15-20 nap után elpusztulnak. Felnőtt egyedekben a mozgási aktivitás szignifikánsan növekszik. A *tramadol*-al ellentétben a progesztogén-kezelés csökkenti az embrionális fejlődés ütemét, sőt, a magasabb koncentráció tartományban már morfometriai elváltozások detektálhatók. Ugyanakkor, felnőtt egyedekben a reprodukciós folyamatokra is negatívan hat a korazonin (GnRH szupercsalád tagja) multifunkcionális molekulán keresztül. A *carbamazepine* szignifikánsan csökkenti a mozgási aktivitást, valamint a tanulás és memória folyamatokra is gátlón hat. Ez a gátlás hosszú távú.

Köszönetnyilvánítás: A munkát a Nemzeti Agykutatási Program (2017-1.2.1-NKP-2017-00002) támogatta.

Kulcsszavak: Pirger Zsolt, Fodor István, Svigruha Réka, Molnár Éva, Zrinyi Zita, Kiss Tibor, Maász Gábor, Balaton, környezeti kockázat, *tramadol*, *carbamazepine*, progesztogén, korazonin, *Lymnaea stagnalis*, embrionális fejlődés, mozgási aktivitás, tanulás

Kémia vagy biológia? – Kétféle kezelés hatásának felmérése a csípőszúnyogok által terjesztett kórokozók tükrében

Somogyi Balázs,^a Kőszegi Dániel,^b Kemenesi Gábor^{a,c} és Kurucz Kornélia^a

^aPécsi Tudományegyetem, Szentágotthai Kutatóközpont, Pécs; ^bNoxious Kft., Dunaföldvár;

^cPécsi Tudományegyetem, Biológiai Intézet, Pécs

A csípőszúnyogok (Culicidae) okozta szúnyogártalom enyhítésére Magyarországon túlnyomó részt kémiai állománygyérítést alkalmaznak, vagyis deltametrin (+ PBO) hatóanyagú irtószerek földi- és légi úton történő kijuttatását. A kifejlett, repülő szúnyogokat célzó, de közel sem szelektív gyérítési mód mellett hazánkban is egyre nagyobb igény mutatkozik megelőző kezelések alkalmazására, mint például a vízben fejlődő szúnyoglárvaikat célzó úgynevezett biológiai állománygyérítésre (*Bti*: [Bacillus thuringiensis](#) pathovar. *israelensis* fehérjetoxinjának vízbe juttatása). A *Bti* megfelelő időben történő alkalmazásával még lárvalakban visszaszoríthatók a szúnyogártalomért felelős imágók. Valamint környezet- és természetvédelmi szempontból is erősen megfontolandó az alkalmazni kívánt védekezési mód megválasztása. A kémiai szúnyogállomány-gyérítés járulékos kockázatai (mint például: nem szelektív, a szúnyogártalom jellemzőitől függően többszöri beavatkozás igénye, egyoldalú és hosszú távú alkalmazás esetén akár rezisztencia kialakulása) mellett a hosszú távú hatékonysága is sokszor bizonytalan. Mindemellett, a csípőszúnyogok magas jelenléte a komfortérzet csökkenésén túl komoly veszélyt is jelent, mivel számos kórokozó terjesztésében vesznek részt. Ezen veszélyforrás mértéke a klímaváltozással együtt még drasztikusabban emelkedhet, így annak megelőzése különösen fontos kihívás napjainkban.

Munkánk során a kémiai és biológiai szúnyogállomány-gyérítések hatását vizsgáltuk két hasonló tájszerkezetű Duna-menti település imágóinak alakulására, valamint, a megfigyelt fajösszetételek függvényében kockázatértékelést végeztünk a szúnyogok által terjesztett kórokozók vonatkozásában. Míg a *Bti*-vel kezelt településen egyenletesen alacsony abundanciával fordultak elő imágók (átlag 45 egyed/nap), addig a kémiai gyérítéssel több alkalommal (4) is kezelt településen folyamatos fluktuáció figyelhető meg az imágók egyedszámában (átlag 337 egyed/nap, maximum: 921 egyed/nap). Ugyan a kezelést követően gyors és jelentős mértékű csökkenés figyelhető meg az imágók számában, ez a hatás azonban mindössze 2-3 napig áll fenn, ezt követően az imágók száma ismét igen gyors mértékű emelkedést mutat, és a szúnyogártalom eléri a gyérítés előtti értéket. Mindkét vizsgált területen a *Culex*, *Aedes* és *Ochlerotatus* nemzetségbe tartozó fajok domináltak, melyek Európában a leggyakoribb vektorai a Nyugat-nílusi láz vírusnak (*WNV*), az Usutu-vírusnak, Chikungunya- és Dengue-vírusnak vagy különféle fonalférgeknek (*Dirofilaria* ssp., *Setaria tundra*), melyek közül jó néhány hazánkban is ismert. A két település példáján bemutatott eredmények mellett, az előadás során rávilágítunk a jelenlegi szúnyoggyérítési gyakorlat közegészségügyi kockázatára, valamint hosszú távú veszélyeire egyaránt.

Közönetnyilvánítás: Az ITM ÚNKP-19-3-IV-PTE-225 és ÚNKP-19-4-PTE-264 és az NKFIH KH_130379 támogatásával készült.

Kulcsszavak: Somogyi Balázs, Kőszegi Dániel, Kemenesi Gábor, Kurucz Kornélia, Culicidae, ártér, *Bacillus thuringiensis* pathovar. *israelensis*, deltamethrin, PBO, *Culex*, *Aedes*, *Ochlerotatus*, *WNV*

Multiparaméteres megközelítés a rovarirtók két rákfajra gyakorolt környezeti hatásainak értékeléséhez

Somogyvári Dávid, Farkas Anna, Vehovszky Ágnes és Győri János

Ökológiai Kutatóközpont, Balatoni Limnológiai Intézet, Tihany

A neonikotinoidok a legszélesebb körben használt rovarirtó hatású hatóanyagok. Bár az emlősök alacsony akut hatást mutatnak ezen anyagokkal szemben, a rovarok esetében rendkívül hatékonyak tekinthetők. A fejlődő országokban még napjainkban is óriási mennyiségben kerülnek értékesítésre a kereskedelemben és kijuttatásra a mezőgazdasági területeken. Ennek következtében a célszervezetnek nem tekinthető fajok is fokozott expozíciónak vannak kitéve.

Akut expozíciót vizsgáló ökotoxikológiai tesztekben, a neonikotinoid tartalmú készítmények idő- és dóziszfüggő hatása az ún. többszörös xenobiotikum-ellenállóság (Multixenobiotikus Rezisztencia – *Multixenobiotic Resistance*, *MXR* - *aktivitás*) változásán keresztül figyelhető meg. Ez az elsődleges védelmi mechanizmusa a *Dikerogammarus villosus* invazív felemáslábú rákfajnak is, mely az általunk végzett kísérletek tesztállata. Szubletális dózisban a neonikotinoid rovarölők dóziszfüggő változásokat indukáltak az *MXR* aktivitásban, mely során azt tapasztaltuk, hogy a *D. villosus*-ban a tesztelt agrokemikáliák, úgymint az *acetamiprid* tartalmú Mospilan 20 SG, a *thiamethoxam*-ot tartalmazó Actara SC és a *thiacloprid* hatóanyagú Calypso 480 SC már két nagyságrenddel kisebb dózisban is ugyanazt a hatást váltják ki, mint a *Daphnia magna* levéllábú rákban.

Ökotoxikológiai vizsgálataink módszere az *MXR*-*transzporteraktivitás* indukálása. A vízi gerinctelenek neonikotinoid-expozícióját rodamin-B fluoreszcens festékkel követtük nyomon, amely az *MXR*-rendszer egyik szubsztrátuma. Ha az efflux transzporterek aktiválódnak, a festék kijut a sejtekből, azonban ha a transzporter-aktivitás gátolt, akkor a festék felhalmozódik a sejtekben, amely jól mérhető. Az effluxaktivitási modell inhibitoraként *verapamil*-t használtunk referenciaanyagként.

Jelenlegi eredményeink bizonyítékot szolgáltathatnak arra, hogy a neonikotinoid rovarölők módosíthatják a transzmembrán transzportmechanizmusokat az *MXR*-rendszer aktivitásának megváltoztatásával. Eredményeink rávilágítanak továbbá a nem standard vízi toxicitási tesztek fontosságára is, melyeket *Gammarus* rákfajokkal végezhetünk az említett rendkívüli xenobiotikum-érzékenységük miatt.

Köszönetnyilvánítás: Ezt a munkát az OTKA K112712 támogatta.

Kulcsszavak: Somogyvári Dávid, Farkas Anna, Vehovszky Ágnes, Győri János, *Dikerogammarus villosus*, neonikotinoid, *MXR*, *verapamil*



Nitrogén-dioxid légszennyezés Budapest különböző pontjain: iskolák, kórházak, buszmegállók, valamint a pesti Duna-part környékén

Simon Gergely Ferenc,^a Aidan Farrow^b és Daróczi Péter^c

^aGreenpeace Kelet- és Közép-Európa; ^bUniversity of Exeter, Greenpeace Research Laboratories, Exeter;

^cGreenpeace Magyarország Egyesület, Budapest

Az elmúlt 1-2 évtizedben több nyugat-európai nagyvárosból kitiltották a régebbi szennyező dízel-személygépjárműveket, [aminek hatására](#) hazánkban jelentősen nőtt a dízelhajtású személygépjárművek aránya. A 2005-2017 közötti időszakban a KSH adatai szerint 447.854-ről 1.055.268-re nőtt a dízel személygépjárművek száma, eközben az autók átlagéletkora is nőtt a 2006-os 10,3 évről, 14,1 évre 2017-ben. Párhuzamosan a városi környezetben a dízeljárművekből származó hazai nitrogén-dioxid-kibocsátás sem csökken az elvárt szinten. A fővárosi mérőállomásokon jellemző az órás határérték túllépése és az éves EU-s határértéket is több mérőponton átlépjük.

A Greenpeace a probléma feltérképezése érdekében budapesti iskolák, kórházak, buszmegállók, valamint a pesti Duna-part környékén mért nitrogén-dioxid-szennyezettséget (NO₂). A rövidtávú, jellemzően 3-órás NO₂-méréseket *AQMesh*, elektrokémiai szenzorral működő eszközzel mértük, amit a Teleki téri mérőállomáshoz kalibráltuk. A 2-3-4-hetes méréseket pedig a *Gradko Environmental DIF 100 RTU – nitrogen dioxide* diffúziós csövekkel végeztük. Kalibrációs céllal minden alkalommal kitettünk csöveket mérőállomások mellé is.

Diffúziós csövekkel mértük [iskolák környékén a szennyezettséget](#) 2019 tavaszán két héten át. A 17 helyszínből 8 esetben a mért eredmények meghaladták az NO₂-re megadott 40 µg/m³ éves határértéket is – sok oktatási intézmény közelében jelentősebb a légszennyezettség, mint a közeli, hivatalos mérőállomásokon. A mérési eredmények sok esetben 50-70 µg/m³ értéket mutattak erre a kéthetes periódusra. Szintén hasonló módszerrel mértünk három héten át 2019 szeptemberben gyermekeket, kismamákat és tüdőbetegeket ellátó [egészségügyi intézmény bejáratánál](#). A 10 helyszínből 9 pontban megint meghaladta az NO₂ az éves határértéket, illetve a SOTE Nőgyógyászati Klinikájának Üllői úti részlegénél a 85 µg/m³-es 24-órás határértéket is túllépte a szennyezettség a vizsgált időszakban (89,8 µg/m³-t), de a Heim Pál Gyermekkorház-nál is hasonló értéket (79,0 µg/m³-t) mértünk.

Négy [fővárosi buszmegállóban mértük az NO₂-koncentrációt](#) *AQMesh* eszköz segítségével 2019 áprilisában, helyszínenként 3 alkalommal 2-3 órán át. A Népszínház utca elején lévő buszmegállóban körülbelül háromszor, a Blaha Lujza téri buszmegállóban több mint kétszer akkora volt az NO₂-koncentráció, mint a közelükben lévő Teleki téri, illetve Erzsébet téri mérőállomásokon. A buszmegállóban mért légszennyezettségi értékek több esetben meghaladták a hazai órás határértékeket (100 µg/m³) is, miközben a mérőállomásokon egyszer sem. A Dunán közlekedő turistahajók szennyezettségének feltérképezése céljából [vizsgáltuk 4 pontban a pesti Duna-parton az](#) NO₂ koncentrációt 2019. augusztus 2. és szeptember 4. között. Összesen 16 alkalommal volt mérés, jellemzően 3 órán át

mértünk AQMesh eszköz segítségével. Gyakran az órás határértéket is meghaladta az NO₂ koncentráció. Az itteni mérések alapján kapott eredmények a legtöbb esetben legalább akkorák, sőt sok alkalommal lényegesen magasabbak voltak, mint ugyanabban az időszakban a környező, forgalmas közúti csomópontoknál lévő mérőállomások által mutatott értékek. Az általunk mért légszennyezettségi értékek minden alkalommal jelentősen, legtöbb esetben egy nagyságrenddel (néhány esetben két nagyságrenddel!) magasabbak voltak, mint a közlekedésnek nem kifejezetten kitett hivatalos mérőállomásokon.

Kulcsszavak: Simon Gergely, Aidan Farrow, Daróczi Péter, nitrogén-dioxid, légszennyezés, dízel

*

Jelölt mikroműanyag-partikulumok mozgása a nagy vízibolha nemzedékei között

**Svigruha Réka,^{a,b} Fodor István,^b Maász Gábor,^b Szoboszlai Sándor,^c
Bordós Gábor^d és Pirger Zsolt^b**

^aPannon Egyetem, Mérnöki Kar, Környezettudományi Intézet, Limnológia Tanszék, Veszprém;

^bÖkológiai Kutatóközpont, Balatoni Limnológiai Intézet, Adaptációs Neuroetológiai Kutatócsoport, Tihany;

^cSzent István Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Gödöllő; ^dWESSLING Hungary Ltd., Budapest

Becslések szerint a világ műanyagtermelése 2017-ben 350 millió tonna/év volt,¹¹ az éves termelés 10-20%-a pedig a mai napig az élővizekben köt ki, szennyezve ezzel a vízi környezetet és hatást gyakorolva az ökoszisztémára. A nagyobb műanyag-törmelék szigetszerű felhalmozódása az óceánokban már ismert jelenség.¹² Azonban, a makroszennyezés mellett egy másik csoportot képeznek a mikroműanyagok, amelyek a szakirodalom alapján az 5 milliméternél kisebb, akár mikro- és nanoszemcse méretű partikulumokat jelentik. Ezek az apró szemcsék a makroműanyagok fizikai (pl. fotodegradáció, nyíróerő) és/vagy kémiai (pl. vegyszerek, enzimek) bomlási folyamata során keletkeznek a polimerizált szerkezet szétesésével. A mikroműanyagok közvetlenül az emberi tevékenység során is bejuthatnak a természetes vizekbe, pl. a kozmetikai szerekből (arcradírok, fogkrémek stb.), festékekből, valamint a szintetikus szövetek mosásából. Például, a kozmetikumokban található szemcsék átlagos mérete néhány tíz µm, és e részecskék tovább degradálódhatnak. Ebben a mérettartományban már káros élettani hatásokat figyeltek meg tengeri gerinctelen,¹³ és gerinces szervezetekben is.¹⁴ Például, a kék kagylóban (*Mytilus edulis*) a nanoméretű polisztirolrészecskék serkentették a reaktív oxigénszármazékok (*Reactive Oxygen Species*, ROS) képződését, illetve csökkentették a táplálékfelvétel sebességét.¹⁵ A tengeri süni (*Paracentrotus lividus*) embriójában fejlődési rendellenességeket okoztak, illetve módosították a génextpressziót is.¹⁶

¹¹ https://www.plasticseurope.org/application/files/6315/4510/9658/Plastics_the_facts_2018_AF_web.pdf

¹² Andrady et al. (2011) *Marine Pollut. Bull.* **62** (8), 1596-1605.

¹³ Farell et al. (2013) *Environ. Pollut.* **177**, 1-3.

¹⁴ Kashiwada (2006) *Environ Health Perspect.* **114** (11), 1697-1702.

¹⁵ Canesi & Prochazková (2013) *Sci. Total Environ.* **670**, 129-137.

¹⁶ Della Torre et al. (2014) *Environ. Sci. Technol.* **48** (20), 12302-12311.

Jelenleg kevés ismeretanyag áll rendelkezésünkre a mikro- és nanoműanyagok környezeti sorsáról és azok édesvízi szervezetekre gyakorolt hatásairól populáció, egyed, szerv és sejt szinteken. Ezért kutatócsoportunk célja az volt, hogy jelölt 3 µm szemcseméretű, ismert koncentrációjú műanyag partikulumokat felhasználva konfokális lézermikroszkóp segítségével nyomon kövessük azok sorsát laboratóriumi körülmények között fenntartott élő rendszerben. A nagy vízibolha (*Daphnia magna*) több generációján keresztül vizsgáltuk a műanyag szemcsék mozgását. Megállapítottuk, hogy a kezelés hatására pusztulás, fenotípusos elváltozás, szignifikáns növekedésváltozás nem következik be, noha a mikroszemcsék formájában kiszűrt ballasztanyag negatívan befolyásolhatja az állatok fitnessét. A jelölt szemcsék bekerültek a táplálkozási körforgásba, nem bomlottak le, és a 3. nemzedékben is megjelentek csökkenő mennyiségben a zárt rendszerben haladva.

Köszönetnyilvánítás: A munkát a Nemzeti Agykutató Program (2017-1.2.1-NKP-2017-00002) támogatta.

Kulcsszavak: Svigruha Réka, Fodor István, Maász Gábor, Szoboszlai Sándor, Bordós Gábor, Pirger Zsolt, környezetszennyezés, vízminőség, mikroműanyag, mikroszemcsék, nanoműanyag, *Daphnia magna*

*

Jelölésmentes bioszenzorok alkalmazása xenobiotikumok sejtekre gyakorolt toxikus hatásának meghatározásához – a *glyphosate* és formázott készítménye példáján

**Székács Inna,^a Farkas Enikő,^a Gémes Borbála,^b Kovács Boglárka,^a
Oláh Marianna,^b Takács Eszter,^b Székács András^b és Horváth Róbert^a**

^aEnergiatudományi Kutatóközpont, Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet, Nanobioszenzorika Lendület Kutatócsoport, Budapest;

^bNemzeti Agrárkutatói és Innovációs Központ, Agrár-Környezettudományi Kutatóintézet, Budapest

A piacvezető *glyphosate* használatával kapcsolatban aggályok merültek fel, melyek kapcsán az Európai Unió a gyomirtószer-hatóanyagot 2018-ban csak 5 évre engedélyezte.¹⁷ A cito-toxicitási aggályok nemcsak a hatóanyagra, de a formázott készítményekre is vonatkoztak. A szakirodalomban a figyelem középpontjában állnak a *glyphosate*-készítmények mellékhatásai (hormonmoduláns hatás, karcinogenitás, a csontfejlődés gátlása vagy más sejtbiokémiai folyamatok), melyek tekintetében az új szenzorikai módszerek olyan további hatásokat tárhatnak fel, amelyeket más módszerekkel nem, vagy csak kevésbé tudunk nyomon követni.

A nagy áteresztő képességű, jelölésmentes rezonáns rácsos hullámvezető (*RWG*) technikát (*Epic BenchTop* optikai bioszenzor) sejttoxicitás-vizsgálatokban elsőként alkalmazva kimutattuk a Roundup Classic gyomirtó szer, hatóanyaga (*glyphosate*) és formázó anyaga (polietoxilált faggyúamin, *POEA*) szenzorfelületen letapadt, csonteredetű (*MC3T3-E1*) sejtvonalra kifejlesztett, koncentrációfüggő toxikus hatását (IC₅₀ szérum jelenlétében – Roundup Classic: 0,024%, *POEA*: 0,021%, *glyphosate*: 0,163%; szérummentes közegben Roundup Classic: 0,028%, *POEA*: 0,019%, *glyphosate*: 0,538% – a %-értékek a megfelelő Roundup Classic-

¹⁷ Székács, A. & Darvas (2018) *Front. Environ. Sci.* 6, 78.

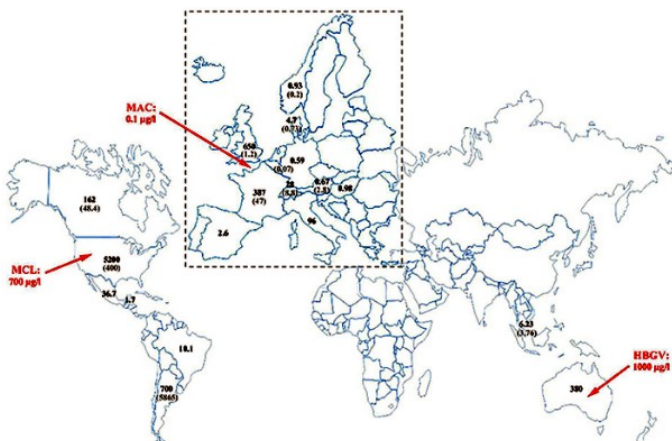
koncentrációkat jelölik).¹⁸ Az *Epic BT* bioszenzorral kapott eredményeket holografikus mikroszkopiás és citofluorimetriás módszerekkel is alátámasztottuk.

A szakirodalomban csupán néhány tanulmány utal arra, milyen útvonalon okozhat a *glyphosate* sejttoxicitást. A hatóanyag sejtletapadásra gyakorolt hatását feltáró kísérleteink¹⁹ során kiderült, hogy a *glyphosate* (4,4 mM) a szenzorfelületre monorétegben (moláris felületi sűrűség: 17,5 pmol/cm²) adszorbeálódva serkenti a sejtadhéziót, mégpedig az arginil-glicil-aszpartámsav-motívumot (*RGD*) tartalmazó felülethez hasonló kinetikával. Ugyanakkor a sejtuszupenzióval preinkubálva gátolja a sejtadhéziót (IC₅₀ szérum jelenlétében – 5,7 mM, szérummentes közegben – 20,6 mM). Mivel a sejtadhézió a sejtmembránban lévő integrinek és az extracelluláris ligandumok kölcsönhatása révén jön létre, eredményeink azt mutatják, hogy a *glyphosate* – eddig ismeretlen módon – integrinligandum-szerű hatást fejt ki. A *glyphosate* integrincélt affinitását rekombináns $\alpha\beta 3$ -receptorhoz mutatott versengő kötődésével bizonyítottuk, mind *ELISA*, mind *Epic BT* bioszenzor formátumban.

Míg a direkt citotoxicitás-vizsgálatokban a formázott készítmény és a formázóanyag – a szakirodalomból más sejtvonalakon már ismert – fokozott toxicitását mutattuk ki a hatóanyag enyhébb mértékű hatása mellett, addig az integrin–ligandum–kölcsönhatási vizsgálatainkban a *glyphosate* saját hatására derítettünk fényt. A *glyphosate* sejtadhézió-gátló hatása messzire nyúló élettani következményekkel járhat minden olyan folyamatban, ahol a sejtletapadás szerepet játszik, melyek között *anoikis*-indukció, sérült immunfolyamatok, rendellenes szövet- vagy szervfejlődés és végső soron karcinogénitás is szerepelhet.

Köszönetnyilvánítás: A munkát az ERC_HU, KH_17, KKP_19, OTKA K109865 és az NVKP_16-1-2016-0049) támogatták.

Kulcsszavak: Székács Inna, Farkas Enikő, Gémes Borbála, Kovács Boglárka, Oláh Marianna, Takács Eszter, Székács András, Horváth Róbert, *Epic BT*, citotoxicitás, *glyphosate*, preoszteoblaszt, integrin



Felszíni vizek szennyezettsége *glyphosate* (*AMPA*) hatóanyaggal (forrás: [Székács & Darvas, 2018](#))

¹⁸ Farkas et al. (2018) *J. Hazard Mater.* **351**, 80-89.

¹⁹ Székács, I. et al. (2018) *Sci. Rep.* **8**, 17401.

Glyphosate a környezetben – mérési módszer és néhány vizsgálati eredmény

Szigeti Tamás

WESSLING Hungary Kft., Budapest

2013-ban a *Medizinisches Labor Bremen* egy munkacsoportja tanulmányt adott ki, amelyben 18 Európai Unió ország területéről származó emberi vizeletminták *glyphosate* és aminos-metil-foszfonsav (*AMPA*) tartalmáról számoltak be.²⁰ Az *AMPA* a mezőgazdasági gyakorlatban totális herbicidnek számító *glyphosate* bomlásterméke. A tanulmány aktualitását a herbicid világméretű felhasználásának szinte töretlen ívű emelkedése adta.

A hatóanyag napjainkban viszonylag csekély akut toxicitása (po. LD₅₀-értéke állatfajtól függően 1.000 és 10.000 mg/ttkg közötti érték) ellenére ismét a szakemberek figyelmének középpontjába került, mivel a szakirodalomban számos olyan munka látott napvilágot, amelyben a *glyphosate* és az *AMPA* kifejezetten kedvezőtlen krónikus környezeti hatásait elemzik és bizonyítják.²¹ A *glyphosate*-szennyezettség terjedését a környezeti elemek közül talán a víz vizsgálatával lehet a leghatékonyabban nyomon követni, hiszen a *glyphosate* kifejezetten poláris, vízben jól oldódó molekula.

Laboratóriumunkban *glyphosate* (¹³C₂, ¹⁵N) és *AMPA* (¹³C, ¹⁵N, D₂) belső standardok, illetve *FMOG* (9-fluorenil-metil-karbonil-kloroformát) származékképző reagens felhasználásával, szilárd fázisú extrakción alapuló analitikai módszert állítottunk be.²² Az elválasztást és meghatározást *HPLC-ESI-MS/MS* berendezéssel végeztük. A kalibrációs görbe lineáris tartománya 1 és 1500 pg/ml (ng/l) tartományt fog át. A meghatározáshoz a kimutatási határ (*LOD*) értékét 1:35 jel/zaj-arány mellett 5 pg/ml-nek, a mennyiségi meghatározási határ (*LOQ*) értékét pedig 1:86 jel/zaj-arány mellett 10 pg/ml-nek fogadtuk el. A módszer *glyphosate*-ra és *AMPA*-ra specifikus, állékonyága megfelelő, a visszanyerési eredmények kiemelkedően kedvezők voltak: 80 és 103% közé estek. Laboratóriumi eljárásunk analitikai teljesítményjellemzői alapján alkalmas az említett, a jelenleg érvényes kormányrendeletben előírt ivóvíz-határérték (0,10 µg/l) biztonságos ellenőrzésére.

Beállított vizsgálati módszerünkkel 701 db felszíni és talajvíz-mintából 208 db mintánál (~30%) mértünk az *LOQ* (0,01 µg/l) feletti *glyphosate* szennyezést 0,22 µg/l átlagértékkel. *AMPA*-ra 742 db felszíni és talajvíz mintát vizsgáltunk. Közülük 267 db minta *AMPA*-szennyezettsége érte el, illetve haladta meg a 0,01 µg/l *LOQ* értéket. Ez 36%-nak felel meg. 0,70 µg/l volt az *AMPA* átlagos mennyisége.

Ivóvizekből és kútvizekből 991 db mintát elemeztünk. Közülük 15 db mintánál (1,5%) sikerült *glyphosate*-szennyezettséget kimutatni az *LOQ*-érték felett, 0,04 µg/l átlaggal. Az *LOD*-érték feletti (3,3%) *AMPA*-eredmények átlaga kútvizek és ivóvizek esetében 0,06 µg/l-nek találtuk.

Kulcsszavak: Szigeti Tamás, *glyphosate*, *AMPA*, *HPLC-ESI-MS/MS*

²⁰ Hoppe (2013) *Medizinisches Labor Bremen*. Haferwende 12, 28357

²¹ Levine *et al.* (2015) *Envir. Tox. Chem.* **34** (6), 1382-1389.

²² Szigeti *et al.* (2014) *Élelmiszervizsgálati közlemények* **60** (3), 30-50.

Mikroműanyag-szennyezők kimutatása Chironomidae-, Gammaridea-, Sphaerium- és Dreissena-fajokban

Takács Anita,^a Wael Almeshal,^b Barta Barbara,^c Schmera Dénes,^c
Aradi László Előd^d és Záray Gyula^{a,e}

^aÖkológiai Kutatóközpont, Duna-Kutató Intézet, Budapest; ^bEötvös Loránd Tudományegyetem, Környezettudományi Doktori Iskola, Budapest; ^cÖkológiai Kutatóközpont, Balatoni Limnológiai Intézet, Tihany;

^dEötvös Loránd Tudományegyetem, Földrajz - és Földtudományi Intézet, Budapest;

^eEötvös Loránd Tudományegyetem, Kémiai Intézet, Budapest

A víztestek, a szennyvizek, a szennyvíziszapok és az üledékek után egyre nagyobb az érdeklődés a biótából történő mikroműanyag- (MP) szennyezők kimutatására. A bióta tagjainak tápcsatornájába²³ került MP-ok biológiai választ válhatnak ki mind fizikai, mind kémiai mechanizmusok révén. Bár ezeknek a hatásoknak igazolása érdekében még számos vizsgálatot és elemzést el kell végezni. További bizonytalanságot okoz a szabványok hiánya, amely korlátozza az eddigi mérési eredmények összevetését.²⁴

Vizsgálatainkhoz 4 vízi makrogerinctelen állatcsoportot választottuk ki, úgy mint: *Chironomidae* (árvaszúnyogok), *Gammaridea* (felemáslábú rákok), *Sphaerium* (gömbkagylók) és *Dreissena* (sziklavájó kagylók). Számos módszertani leírás áll rendelkezésünkre a vizsgálatok elvégzéséhez.²⁵ A vizsgálati anyagot etanolban tartósítva, üveg edényzetben, 4°C-on tartva szállítottuk a laboratóriumba, ahol hűtőben tároltuk, a liofilizálás megkezdéséig. Ezt követően eloxidáltuk a minták szerves anyag tartalmát 5 ml 33m/m%-os H₂O₂-al (24 óra, szobahőmérséklet), majd további 5 ml 33m/m%-os H₂O₂-ot adtunk a mintákhoz 69-72°C hőmérsékletű vízfürdőn tartva azokat. Az oxidációt követően közel szárazra bepároltuk a mintákat, majd további 2 ml 33m/m%-os H₂O₂-dal belemostuk az üveg belső falán kialakult lerakódásokat. A lehűlt mintákat 0,20 µm-os pórusméretű cellulóz-alapú membránfilteren keresztül vákuumszivattyú segítségével leszűrtük. A visszamaradt szervetlen- és szerves alkotókat Nikon SMZ1000 típusú sztereomikroszkóp alatt vizsgáltuk meg.

A vizsgálatok során arra a következtetésre jutottunk, hogy az oxidálást követően nagy mennyiségben visszamaradó oxidálási maradék zavaró hatása miatt, célszerű sűrűség szerinti szeparálást is alkalmazni 1,2-1,8 g/ml NaCl-, NaI- vagy ZnCl₂-oldatok segítségével, mellyel meg tudjuk növelni az elválasztás hatékonyságát. A visszamaradt szemcsék kémiai azonosítását konfokális Horiba LabRAM HR-spektrométer segítségével végeztük el, melyhez Olympus BXFM mikroszkópot csatoltunk. Eddigi méréseink során apatitot, csillámot, az élőlényekből származó szerves anyagot (pl. kitint), földpátot, kvarcot, erősen fluoreszkáló szemcséket és polivinil-acetátot tudtunk azonosítani.

Kulcsszavak: Takács Anita, Wael Almeshal, Schmera Dénes, Barta Barbara, Aradi László Előd, Záray Gyula, mikroműanyag, bióta, Chironomidae, Gammaridea, *Sphaerium*, *Dreissena*, Horiba LabRAM HR

²³ Riberio et al. (2019) *TrAC* **111**, 139-147.

²⁴ Hermesen et al. (2018) *Environ. Sci. Technol.* **52**, 10230-10240.

²⁵ Wang, W. & Wang, J. (2018) *TrAC* **108**, 195-202.

A szőrös disznóparéj (*Amaranthus retroflexus*) alkalmazhatósága fémekkel terhelt talajok remediációjában

Tózsér Dávid,^a Kundrát-Simon Edina,^a Magura Tibor,^a Lakatos Gyula,^a Nagy D. Dávid,^b Baranyai Edina,^c Harangi Sándor,^d Tóthmérész Béla^b és Orlóci László^e

^aDebreceni Egyetem, Természettudományi és Technológiai Kar, Ökológiai Tanszék, Debrecen; ^bMagyar Tudományos Akadémia-Debreceni Egyetem Biodiverzitás Kutatócsoport, Debrecen; ^cDebreceni Egyetem, Természettudományi és Technológiai Kar, Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék, Debrecen;

^dNovo-Lab Kft, Budapest; ^ePannon Breeding Program, Törökszentmiklósi Mezőgazdasági Zrt., Törökszentmiklós

A talajban található szerves és szervetlen szennyező anyagok koncentrációjának csökkentésére számos módszer ismert, melyek közül kiemelt jelentőségű a fitoremediáció.²⁶ A fitoremediációs technológiákban a fásszárúak mellett a lágyszárú fajok is egyre nagyobb szerepet kapnak.²⁷

Munkánk során szőrös disznóparéj (*Amaranthus retroflexus*) egyedek elemösszetételét vizsgáltuk, a faj fitoextrakciós potenciáljának tesztelése céljából mikrohullámú plazma atomemissziós spektrométer (MP-AES) segítségével. Az egyedeket egy kontroll és három, nehézfémekkel különböző mértékben szennyezett területről gyűjtöttük, a Debrecen délnyugati határában elhelyezkedő, nehézfémekkel szennyezett, rekultivált Lovász-zugi utóülepítő tórendszer területéről (47°29'000" É, 21°35'738" K). A gyűjtött egyedek gyökerének, szárának és levelének elemösszetételét külön elemeztük, vizsgálva, mely szervek alkalmasak leginkább a fémfelvételre. Ugyanakkor a növényi mintákon kívül talajminták elemzését is elvégeztük, biokoncentrációs faktor (BCF, az adott növényi szerv és talajban mért elemkoncentráció hányadosa) és transzlokációs faktor (TF, a növény levelében, illetve szárában mért elemkoncentráció és a gyökérben mért elemkoncentráció hányadosa) számításához.

Vizsgálataink során megállapítottuk, hogy a területek (kontroll és szennyezett) között az ezüst (Ag), bárium (Ba), kadmium (Cd), kálium (K), lítium (Li), magnézium (Mg), stroncium (Sr) és cink (Zn) koncentrációi alapján tapasztaltunk különbséget. A növényi szervek (gyökér, szár és levél) között az alumínium (Al), Ba, kalcium (Ca), vas (Fe), K, Li, Mg, mangán (Mn) és Sr koncentrációi alapján mutatkozott szignifikáns különbség. A BCF esetében a kadmiumra kaptunk 1-nél nagyobb értéket, mely a bioakkumulációt, azaz az elem talajból növényi szervekbe történő felhalmozódását jelzi. A TF vizsgálata során megállapítottuk, hogy a gyökérből levélbe történő transzlokáció az Ag, Al, Ba, Cd, króm (Cr), Mn és Sr esetében, míg a gyökérből szárba történő transzlokáció az Ag, Ba és Sr esetében jelentős (nagyobb, mint 1).

Eredményeink bizonyították, hogy a szőrös disznóparéj megfelelő lehet fitoremediációs célú alkalmazásra. Az alkalmazott technológiákon belül is inkább a fitoextrakcióra alapuló eljárásokban, melyet a magas transzlokációs értékek támasztanak alá.

Kulcsszavak: Tózsér Dávid, Kundrát-Simon Edina, Magura Tibor, Lakatos Gyula, Nagy D. Dávid, Baranyai Edina, Harangi Sándor, Tóthmérész Béla, Orlóci László, *Amaranthus retroflexus*, akkumuláció, fémek, fitoremediáció, talajszennyezés

²⁶ Muthusarayanan et al. (2018) *Environ. Chem. Lett.* **16**, 1339-1359.

²⁷ Heckenroth et al. (2016) *J. Environ. Manage.* **183**, 850-863.

Légköri policiklikus aromás szénhidrogének bioakkumulációjának vizsgálata kerti salátán

Teke Gábor,^a Diósi Dorina,^b Békéssy Zsófia,^b Kováts Nóra^b és Hubai Katalin^b

^aELGOSCAR-2000 Környezettechnológiai és Vizsgázalkodási Kft., Balatonfüzfő;

^bPannon Egyetem, Környezettudományi Intézet, Veszprém

Az urbanizáció következtében kialakuló légszennyezést napjainkban az egyik legfontosabb egészségkárosító faktorként tartják számon. A városokban egyre népszerűbbé válik a közösségi kertészkedés és a saját termesztésű zöldségek fogyasztása, ugyanakkor számos tanulmány hívta már fel a figyelmet a hasonló forrásból származó zöldségekkel bevihető toxikus légszennyező anyagok, elsősorban a policiklikus aromás szénhidrogének (*PAH*) egészségügyi kockázatára.²⁸ Városi környezetben a *PAH*-ok elsősorban fosszilis tüzelőanyagok égetése során keletkeznek, amelyek közül például a benzo(a)pirén, dibenzo(a,h)antracén, benzo(k)fluorantén és a krizén is rendelkezik mutagén és karcinogén tulajdonsággal.²⁹ A légkörből kiülepedett aeroszolok (pl. PM10 és PM2.5) felületén megkötődő *PAH*-ok káposztában való felhalmozódását már korábban vizsgálták.³⁰

Munkánk során a vegyi anyagok magasabb rendű növényeken való tesztelésére létrehozott irányelvet ([OECD 227](#)) követve vizsgáltuk a *PAH*-ok levélen keresztül történő bioakkumulációját kerti salátán (*Lactuca sativa*). Budapesten 2016. decemberében *DIGITEL DHA-80* típusú nagy térfogatú mintavételező készülékkel történt a finomszemcsés légköri aeroszol (PM2.5) mintavételezése. A vizsgált növényt három alkalommal hetente permeteztük az aeroszol vizes kivonatával, amelyet követően *GC-MS* segítségével határoztuk meg a kivonatban és a növény föld feletti hajtásában a *PAH*-mennyiséget.

Az analitikai vizsgálat 16, az Egyesült Államok Környezetvédelmi Hivatala (*US EPA, Environmental Protection Agency*) által elsődlegesen veszélyesnek nyilvánított *PAH*³¹ jelenlétét mutatta ki az aeroszol kivonatban és a salátában. Ezen felül, a kerti salátában a dibenzo(a,h)antracén kivételével az összes *PAH* vegyület akkumulálódott. Rendkívül magas biokoncentrációs faktorról (*BCF*) rendelkezett a [naftalin](#) (181,8) és az [antracén](#) (186,4), ezzel szemben a [pirén](#) és a [fluorantén](#) mutatta a legalacsonyabb értékeket (19,2 és 20,6). A naftalin koncentrációja a PM2.5 vizes kivonatban viszonylag magasabb volt, mint a korábban vizsgált téli PM10 minta³² esetében, amely összhangban van más vizsgálatoknál levont következtetésekkel, miszerint a részecskeméret csökkenésével a részecskék felületén viszonylag potenciálisan mérgezőbb vegyületek kötődnek meg.³³

Továbbá erős korrelációt állapítottunk meg a *BCF* értékek és a molekulatömeg között (Spearman-rangkorreláció: $p = 0,0075$; $S = 1324,2$; $\rho = -$

²⁸ Uzu et al. (2014) *Water Air Soil Pollut.* **225** (11), 2185.

²⁹ Stogi et al. (2007) *Environ. Chem. Lett.* **5** (4), 169-195.

³⁰ Xiong et al. (2017) *Environ. Sci. Pollut. Res.* **24** (23), 18953-18965.

³¹ Zelinkova & Wenzl (2015) *Polycycl. Aromat. Comp.* **35** (2-4), 248-284.

³² Kovats et al. (2017) *Environ. Sci. Pollut. Res.* **24** (23), 15291-15298.

³³ Valavanidis et al. (2006) *Chemosphere* **65** (5), 760-768.

0,6229). Általában véve az erősen lipofil, vagyis a nehéz PAH-molekulák alacsonyabb akkumulációs képességet mutatnak a könnyű PAH-okkal szemben.³⁴

Köszönetnyilvánítás: Ezt a munkát a BIONANO_GINOP-2.3.2-15-2016-00017 projekt támogatta.

Kulcsszavak: Békéssy Zsófia, Diósi Dorina, Hubai Katalin, Kováts Nóra, Teke Gábor, *Lactuca sativa*, légszennyezés, PAH, bioakkumuláció, biokoncentrációs faktor, közösségi kert

*

Tanninsav neuronális hatása nagy mocsári csigán (*Lymnaea stagnalis*)

*Vehovszky Ágnes, Horváth Réka, Farkas Anna, Győri János
és Elekes Károly*

Ökológiai Kutatóközpont, Balatoni Limnológiai Intézet, Tihany

A tanninok (csersavak) a polifenolok családjába tartozó másodlagos növényi anyagcseretermékek, melyek természetes vizekben degradáció (levelek, gyökerek lebomlása) során feldúsulhatnak. E komplex vegyületek kémiai szerkezetük és a környezet függvényében számos olyan bioaktív hatással rendelkeznek, melyek befolyásolhatják a vízi környezetben jelen lévő szervezetek élettani folyamatait, viselkedését, vagy szaporodási képességét, így potenciálisan megváltoztatják az érintett ökoszisztéma szerkezetét is.

Kísérleteinkben a kereskedelemben kapható (SIGMA) tanninsav hatásait vizsgáltuk a nagy mocsári csiga (*Lymnaea stagnalis*) modellszervezet egyes viselkedési mintázataira (mozgás, táplálkozás). Emellett elektrofiziológiai kísérletekkel kívántuk feltárni a hatások neuronális hátterét.

Juvenilis *L. stagnalis* példányok spontán mozgása dózisfüggő módon változott a vízben oldott tanninsav hatására: alacsonyabb (10 μ M) tanninsav-koncentráció növelte a mozgási aktivitást (csúszás, úszás dominált), magasabb (100 μ M) tanninsav-koncentráció megnövelte a passzív állapotok (lebegés, kitapadás) arányát a 60 perces megfigyelési idő alatt. Felnőtt állatok 0,1 M cukoroldattal kiváltható táplálkozási aktivitását a tanninsav hasonlóan befolyásolta: 10 μ M koncentrációban megnövelte a *radula*-mozgások frekvenciáját, míg 100 μ M tanninsav növelte a táplálkozási aktiválás latenciáját, és csökkentette a táplálkozási frekvenciát.

Ajak-központi idegrendszer preparátumon a szenzoros területekre (ajak-, szájkörnyék felszínére) juttatott 100 mM cukor oldat a táplálkozási neuronhálózat tagjaiból ritmikus elektromos aktivitást (fiktív táplálkozási választ) váltott ki. A cukoralkalmazást megelőzően az e területekre cseppentett 100 μ M tanninsav viszont meggátolta a központi idegsejtek táplálkozási aktivitásmintázatának kialakulását. Izolált központi idegrendszeri preparátumon a tanninsav nem befolyásolta a táplálkozás szabályozásáért felelős modulátor és motoros neuronok működését, ha a

³⁴ Paraíba et al. (2010) *Sci. Total Environ.* **408** (16), 3270-3276.

táplálkozási ideghálózat aktivitását a perfúziós kamrába juttatott dopaminnal váltottuk ki.

Eredményeink arra utalnak, hogy tanninsav a különböző viselkedési formákat elsősorban a perifériás idegrendszeri folyamatok gátlásával módosítja, így a kemoszenzoros rendszerek blokkolása akadályozza a központi táplálkozási mintázatgeneráló rendszer aktiválását. Másrészt nem zárható ki, hogy a tanninsav hatására a viselkedésmintázatok kivitelezésében részt vevő ideg-izom-kapcsolatok ugyancsak módosulnak.

Köszönetnyilvánítás: Ezt a munkát az OTKA K111990 és K112712 támogatták.

Kulcsszavak: Vehovszky Ágnes, Horváth Réka, Farkas Anna, Győri János, Elekes Károly, tanninsav, *Lymnaea stagnalis*

*

Gyógyszermaradékok és hormonhatású anyagok a felszíni vizekben

Varga Csaba

Magyar Ökotoxikológiai Társaság

A gyógyszerek felhasználásának növekedésével egyre több kérdés merül fel környezeti hatásaikkal kapcsolatban. Számos felmérésben kimutattak gyógyszermaradványokat a talajvízben, a folyókban, tavakban, forrásokban, sőt csapvízben is. A napi sajtóban sokszor a fogamzásgátlók kerülnek a címlapokra, mint legveszélyesebb anyagok. Az ilyen hírekben gyakran keverednek a valódi gyógyszerek és az *EDC* (*endocrine disruptor chemical*) szerek, és a hatásokat egyszerűen a fogamzásgátlókra, vagy a nemi hormonokra fogják. Ez a megközelítés félreérthető, ugyanakkor a hormonmodulánsok kiemelkedő szerepe látszik körvonalazódni.

Ma nagyjából 5000 gyógyszerhatóanyag van a világon forgalomban, egy-egy országban 3000 körüli a szintetikus hatóanyagok száma. Már ez is hatalmas mennyiség, azonban az emberi szervezetből főként bomlástermékek ürülnek, s viszonylag kisebb részben maguk az alapmolekulák. Az állatgyógyászat szerepe sem elhanyagolható, különösen az antibiotikumoknál, az alkalmazott hatóanyagok pedig sokszor ugyanazok, mint az embereknél. A felszíni vizekben tehát nem csupán az adott molekulákat, hanem azok esetleg aktív metabolitjait is érdemes keresni. Tovább bonyolítja a helyzetet, hogy nemcsak az emberben, de a természetben is képződhetnek aktív bomlástermékek, melyekről még kevesebb adat áll rendelkezésre.

A mai szennyvíztisztítási eljárások mellett a gyógyszereknek jelentős része továbbjut a felszíni vizekbe, illetve benne maradhat a szennyvíziszapban, melynek mezőgazdasági, vagy egyéb felhasználása szintén alternatív lehetőséget teremt a környezetbe kerülésre. A gyógyszerek azonban közvetlenül is bekerülhetnek elsősorban a kommunális szemétbe, a lefolyókba, mely esetekben a mérések akár szokatlan eredményeket produkálhatnak. A gyártás során ma már gyakorlatilag csak technikai problémák, balesetek és tévedések során kerülhet jelentősebb mennyiségű

hatóanyag a környezetbe. A kórházakból, egészségügyi és szociális intézményekből szintén nagyobb mennyiség kerülhet ki, de a fő tényező mégis a lakossági fogyasztás. Fontos kiemelni az állatgyógyászatot és a nem gyógyászati célú felhasználást, ami korábban az antibiotikumoknál igen jelentős volt, és az antibiotikum-rezisztenciák kialakulásához szintén hozzájárult.

A gyógyszerek felszíni vizekben történő detektálása nem csupán a nagy számok miatt nehéz, hanem általában igen alacsony koncentrációban vannak jelen, mely sokszor nem éri el a detektálhatósági szintet. Minél nagyobb egy adott gyógyszer napi dózisa, minél többen használják, és minél nagyobb arányban ürül változatlan formában, vagy éppen adott metabolitként, annál könnyebb a kimutatása a felszíni vizekből. Ennek következtében a legtöbb vizsgálatban ezeket az anyagokat keresik, illetve ezeket tudják kimutatni (pl. fájdalomcsillapítók, *metformin*, *clofibrat*, *carbamazepin*). Talán érdemes lenne a hatásos dózisokat is megvizsgálni. A gyógyszerek napi dózisa néhány mikrogrammtól (pl. etinil-ösztadiol) néhány grammig terjed, ami 1 milliószoros nagyságrendi különbséget jelent! Ha egy hatóanyag néhány ng/l mennyiségben detektálható már a vizekben, akkor nem mindegy, mekkora a hatékony dózisa. Az alacsony hatékony dózis különösen igaz a pajzsmirigy- és ivari hormonokra. Itt kapcsolódik össze a hormonrendszert károsító anyagok kérdésköre a gyógyszerekével. Az EDC-k elsősorban a sejtmagreceptoron ható hormonrendszerek működését befolyásolva okozhatnak káros hatásokat, melyek általában lassan alakulnak ki, és akár epigenetikai változásokat is elindíthatnak. A felszíni vizek vizsgálataiban sokszor ezen anyagok is szerepelnek, melyeket érdemes figyelembe venni.³⁵⁻³⁶

Kulcsszavak: Varga Csaba, felszíni vizek, EDC, antibiotikum, fájdalomcsillapító, etinil-ösztadiol, *metformin*, *clofibrat*

*

Mit tegyünk, és mit ne? – Módszertani ajánlás a kullancsok elleni védekezéshez

Zöldi Viktor

Nemzeti Népegészségügyi Központ, Budapest (2019. szeptember 15-ig)

A Magyarországon egészségügyi kártevőnek minősülő közönséges kullancs ([Ixodes ricinus](#)) ellen permetezéssel, a szabadban végzett védekezés (kullancsirtás) jogszerű lehetősége 1955-től mintegy öt és fél évtizeden keresztül volt biztosított. A növényzet permetezésével kullancsot irtani jelenleg illegális. Ennek ellenére az ezzel kapcsolatos megrendelői igény és azt ezt kiszolgáló kivitelezői gyakorlat folyamatosan jelen van. Azonban fontos rögzíteni, hogy a kullancsirtás olyan, nem szelektív módszer, amelynek hatásossága a járványügyi szempontból lényeges változók (kullancscsípés gyakorisága, megbetegedés gyakorisága) vonatkozásában nem igazolt.³⁷

³⁵ Kolpin et al. (2002) *Environ. Sci. Technol.* **36** (6), 1202-1211.

³⁶ Hughes et al. (2013) *Environ. Sci. Technol.* **47** (2), 661-677.

³⁷ Hinckley et al. (2016) *J. Infect. Dis.* **214**, 182-188.

A védekezési lehetőségek kommunikálásakor több mint egy évtizede az egyéni módszereket hangsúlyozzuk, valamint ezek együttes alkalmazásának fontosságára hívjuk fel a lakosság figyelmét. A védekezés célja kettős, egyrészt a kullancs vérszívásának megakadályozása, másrészt a már bőrbe fúródott kullancs kórokozó-átadásának megelőzése. A nem szelektív irtás helyett javasolt megelőzés legfontosabb elemei: **(i)** a gazdaszervezetet aktívan kereső kullancsok jellemző előfordulási helyeinek elkerülése; **(ii)** zárt, világos színű ruházat viselése; **(iii)** riasztószerek (repellensek) bőrön, illetve ruházaton történő alkalmazása; **(iv)** kullancsvizit, a bőrbe fúródott kullancs mielőbbi eltávolítása. A kullancsencefalitisz-vírus endémiás előfordulása esetén ezt kiegészíti; **(v)** a kullancsencefalitisz-védőoltás alkalmazásának; **(vi)** a nyers tej fogyasztás előtti felforralásának ajánlása. További aspecifikus módszerek, amelyek indokolt esetben alkalmazhatók: **(vii)** a kert- és tájrendezés, valamint **(viii)** a figyelmeztető feliratok kihelyezése, illetve a táborozás területi korlátozása. A társállatok védelme **(ix)** mindenhol ajánlható.

A kullancsok elleni védekezés mindemellett komplex tevékenység, amely nem nélkülözheti a közösségi szintű aktivitást (pl. lakossági felvilágosító kampány), valamint a gyermekkori érzékenyítést (pl. oktatás) sem. A kullancsok által terjesztett betegségek szempontjából fokozott kockázatú területeken³⁸ lakossági kampány javasolható. Az Európai Betegségmegelőzési és Járványvédelmi Központ (ECDC) honlapjáról például letölthető a helyi viszonyok szerint adaptálható szóróanyag-, illetve plakátminta.³⁹ A 2017. április 1-jével megszüntetett Országos Epidemiológiai Központ tájékoztató anyagai az interneten jelen pillanatban még elérhetők.⁴⁰

Magyarországon a bejelentett kullancsencefalitisz-esetek száma a rendszeres adatgyűjtés kezdete (1977) óta csökkenő tendenciát mutat, és átlagosan a legalacsonyabb az elmúlt tíz évben volt. A bejelentett Lyme-kór-esetszám, a kötelező bejelentés kezdete (1998) óta, mérsékelten emelkedő tendenciát mutat. Így a kullancsirtás újbóli bevezetését Magyarországon járványügyi indok sem támasztja alá.

Kulcsszavak: Zöldi Viktor, *Ixodes ricinus*, biocid, irtószer, riasztószer, járvány, kullancsencefalitisz, Lyme-kór



Ixodes ricinus (Fotó: [Scott Camazine](#)/Alamy)

³⁸ Zöldi et al. (2013) *Vector Borne Zoonotic Dis.* **13**, 256-265.

³⁹ ECDC <https://www.ecdc.europa.eu/en/disease-vectors/prevention-and-control/protective-measures-ticks>

⁴⁰ OEK <http://oek.hu/oek.web?nid=926&pid=1>

A

5 α -dihidrotesztoszteron	10
Adányi Nóra	14
<i>Aedes</i>	20
aflatoxin B1	11
Aidan Farrow	22
akkumuláció	28
alprazolam	16
<i>Amaranthus retroflexus</i>	28
AMPA	26
androgén	10
antibiotikum	31
Aradi László Előd	27
ártér	20
<i>Aspergillus flavus</i>	11
ásványi trágya	5

B

<i>Bacillus thuringiensis</i> pathovar. <i>israelensis</i>	6, 20
Balaton	15, 19
Baranyai Edina	28
<i>barbital</i>	15
Barócsi Attila	14
Barta Barbara	27
Batáné Vidács Ildikó	11
Békéssy Zsófia	29
bioakkumuláció	29
biocid	32
biodegradáció	10
biodetoxifikáció	10
biokoncentrációs faktor	29
bióta	27
Bordós Gábor	23
<i>Bothriocephalus acheliognathi</i>	9

C

<i>carbamazepine</i>	15, 16, 19
Chironomidae	27
<i>citalopram</i>	16
citotoxicitás	24
<i>clofibrat</i>	31
<i>conazole</i>	4
Cry1-toxin	9
Cry3-toxin	9
<i>Ctenopharyngodon idella</i>	9
<i>Culex</i>	20

Index

Culicidae	6, 20
Csősz Dániel	14

D

<i>Daphnia magna</i>	23
Daróczi Péter	22
Darvas Béla	4, 5, 6, 9
DAS-59122	9
<i>deltamethrin</i>	6, 20
DHT	10
<i>diclofenac</i>	15
<i>Dikerogammarus villosus</i>	21
Diósi Dorina	29
dízel	22
<i>Dreissena</i>	27
<i>drosipirenon</i>	8
Duna	17

E

EDC	31
Elekes Károly	30
embrionális fejlődés	19
emittálás	14
Epic BT	24
<i>estradiol</i>	15
<i>estrone</i>	15
etinil-ösztadiol	31

F

fájdalomcsillapító	31
falevél	13
Farkas Anna	21, 30
Farkas Enikő	24
felszíni vizek	31
fémek	28
fitoremediáció	28
fluoreszcencia	14
Fodor István	8, 15, 16, 19, 23

G

Gammaridea	27
Gémes Borbála	14, 24
<i>gene drive</i>	6
gerjesztés	14
<i>gestoden</i>	8
gilisztahumusz	5
<i>glyphosate</i>	4, 24, 26

GM-kukorica	9
Győri János	21, 30
Gyurcsó Gergő	9

H

Harangi Sándor	28
hatodik fajkihalás	4
Horiba LabRAM HR	27
hormonmoduláns hatás	4
Horváth Réka	30
Horváth Róbert	24
HPLC-ESI-MS/MS	26
Hubai Katalin	29

I

idegrendszer	16
<i>integrin</i>	24
irtószer	32
<i>Ixodes ricinus</i>	32

J

járvány	32
Jordán Győző	17
Joris M. Koene	8

K

Kemenesi Gábor	20
Kiss Tibor	16, 19
Klátyik Szandra	14
klorofill- <i>a</i>	14
Kocsányi László	14
koffein	15
komposzt	5
korazonin	8, 19
Kosztik Judit	11
Kovács Boglárka	24
Kovács Zsófia	17
Kováts Nóra	29
környezet-egészségügy	4
környezeti felmérés	16
környezeti kockázat	19
környezeti kockázatbecslés	15
környezetszennyezés	4, 23
Kőszegi Dániel	20
közösségi kert	29
Krifaton Csilla	10
Kukolya József	11
kullancsencefalitisz	32
Kundrát-Simon Edina	13, 28

Kurucz Kornélia	20
-----------------	----

L

<i>Lactuca sativa</i>	29
Lakatos Gyula	28
Lázár Diána	14
légszennyezés	22, 29
Lenk Sándor	14
<i>levonorgestrel</i>	8
Lyme-kór	32
<i>Lymnaea stagnalis</i>	8, 16, 19, 30

M

Maász Gábor	8, 15, 16, 19, 23
Magura Tibor	28
memória	16
<i>metformin</i>	31
<i>Microcystis aureginosa</i>	14
mikrobiológiai készítmény	5
mikroműanyag	4, 23, 27
mikroszemcsék	23
Molnár Éva	15, 16, 19
Molnár Vanda	13
<i>MON 810</i>	9
monitorozás	17
mozgási aktivitás	19
Mörtl Mária	6, 11, 17
<i>MXR</i>	21

N

Nagy D. Dávid	28
nanoműanyag	23
neonikotinoid	21
neuroendokrin	8
nitrogén-dioxid	22
növénykondicionáló	5

O

<i>Ochlerotatus</i>	20
Oláh Marianna	24
Orlóci László	28

P

<i>PAH</i>	29
<i>PBO</i>	6, 20
Pirger Zsolt	8, 15, 16, 19, 23
porcsapda	13
preoszteoblaszt	24
progesztogén	8, 19

Pseudokirchneriella subcapitata 14
pszichoaktív hatóanyag 16

R

Rhodococcus 10
riasztószer 32

S

Schmera Dénes 27
Simon Gergely 22
Simon László 9
SIMONA 17
Somogyi Balázs 20
Somogyvári Dávid 21
spermiumszám 8
Sphaerium 27
Svigruha Réka 16, 19, 23
Szabó Szilárd 13
szálló por 13
Székács András 6, 9, 11, 14, 17, 24
Székács Inna 24
szennyező 17
szervestrágya 5
Szigeti Tamás 26
Szoboszlai Sándor 23
szterigmatocisztin 11

T

Takács Anita 27
Takács Eszter 9, 14, 24
talajjavító 5
talajkondicionáló 5
talajszennyezés 28

tanninsav 30
tanulás 16, 19
tejsavbaktériumok 11
Teke Gábor 29
theophylline 15
Tilia × europaea 13
Tóthmérész Béla 13, 28
Tózsér Dávid 13, 28
tramadol 15, 19

U

Urbán Péter 8
üledék 17
ülepedő por 13

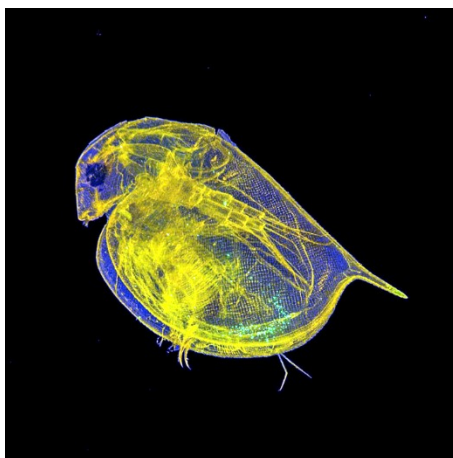
V

Varga Csaba 31
Vehovszky Ágnes 21, 30
verapamil 15, 21
vízminőség 15, 23
Wael Almeshal 27
WNV 6, 20
Wolbachia 6

Z

Záray Gyula 27
Zöldi Viktor 6, 32
Zrínyi Zita 8, 16, 19

Abs. IX. Ökotoxikológiai Konferencia, 2019
Magyar Ökotoxikológiai Társaság, Budapest
ISBN 978-615-81449-0-2



Tengeri bolharák tápcsatornai mikroműanyaggal (világoskék részek) (Fotó: [Ogonowski & Schür](#))[©]