



III. ÖKOTOXIKOLÓGIAI KONFERENCIA előadás és poszter kötete

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

Időpontja
2013. november 22. (péntek) 9:00-17:45

A konferencia szervezői
Darvas Béla, Major Jenő és Simon Gergely



Ostrinia nubilalis táplálkozása kukoricán és *Fusarium* sp. a rágásszéleken – fotó: Darvas Béla[®]

A konferenciakötet főszerkesztője
Darvas Béla

A konferenciakötet szerkesztő bizottságának tagjai
*Bakonyi Gábor, Barna Szilvia, Major Jenő, Sebestyén István, Székács András
és Vehovszky Ágnes*

ISBN 978-963-89452-2-8

Kiadó
Magyar Ökotoxikológiai Társaság

Budapest
2013

TARTALOMJEGYZÉK

Bánáti Hajnalka, Vajda Boldizsár, Neszlényi Kálmán, Székács András és Darvas Béla – A cry1Ab-gén öröklődése (RT-PCR) és kifejeződése (ELISA) az F1-nemzedékben [No 4]	4
Cserhádi Mátyás, Krifaton Csilla, Kukolya József, Szoboszlay Sándor, Dobolyi Csaba és Kriszt Balázs – Mikotoxinok biodegradációjára képes mikroorganizmusok szelekciója és alkalmazása	5
Darvas Béla, Füleki Lilla, Bánáti Hajnalka, Deli Szabina és Székács András – A GM-növények eltérő engedélyezési stratégiái az ISAAA adatbázisa alapján	7
Darvas Béla, Kardos Cecília és Székács András – Ízeltlábú kártevők ellen alkalmazott hatóanyagok Magyarországon 1962 és 2013 között	8
Farkas Anna és Ács András – A balatoni aljzatüledék nehézfém tartalmának geokémiai és ökológiai jellemzése – környezeti kockázat elemzése	10
Farsang Ágota, Béres Csilla, Ács András, Kováts Nóra és Rétfalvi Tamás – Kommunális szennyvíztisztító működésének elemzése <i>Vibrio fischeri</i> tesztorganizmussal	11
Harangi Sándor, Málnás Kristóf, Balogh Zsuzsanna, Szondi Attila, Baranyai Edina, Braun Mihály, Tóthmérész Béla, Dévai György és Simon Edina – Szitakötőlárvák elemánalitikai vizsgálata MP-AES módszerrel	13
Jakabné Sándor Zsuzsanna, Percze Vanda, Borné Papp Zsuzsanna és Farkas Nikolett – Diclofenac bomlásának, felvételének és akkumulációjának tanulmányozása gyékényes mezokozmosz kísérleti rendszerekben	14
Kocsis Zsuzsanna, Tarnóczai Tímea, Marcsek Zoltán és Major Jenő – Alacsony arzénexpozíció cito- és genotoxikus hatásának vizsgálata	16
Kukolya József, Sebők Flóra, Baka Erzsébet, Szécsi Árpád, Krifaton Csilla, Kriszt Balázs és Dobolyi Csaba – Aflatoxintermelő <i>Aspergillus flavus</i> törzsek megjelenése Magyarországon, a toxintermelés igazolása analitikai, genetikai és biológiai hatásmérésen alapuló rendszerekkel	17
Kundrát János Tamás, Gyulai István, Baranyai Edina, Hubay Katalin, Harangi Sándor, Balogh Zsuzsanna, Braun Mihály, Katona Bettina, Szabó Éva, Tóthmérész Béla és Simon Edina – Felső-Tisza-vidéki holtmedrek szennyezettségének felmérése víz- és üledékminták alapján	18
Major Jenő – Kombinált vegyi hatások kémiai biztonsága	20
Marcsek Zoltán – Nem toxikus anyagok környezeti toxikus hatásai	21
Mörtl Mária, Juracsekné Nádasdi Judit, Cseresnyés Erika, Fekete Gábor, Fejes Ágnes, Kereki Orsolya és Székács András – Neonikotinoid csávázószerek megjelenése a kukorica guttációs folyadékában	22
Pethő Ágnes – Magyarország <i>atrazine</i> -felhasználásának elemzése	23
Pirger Zsolt, Takács Péter, Erős Tibor, Márk László, Avar Péter és Maász Gábor – Hormonterheltség felmérése a Balaton és a Zala vízgyűjtőjében modern tömegspektrometriai (MALDI MS, LC-ESI MS) módszerekkel	25

Risa Anita, Krifaton Csilla, Cserháti Máttyás, Kukolya József és Kriszt Balázs – A zearalenon biotetoxifikációja <i>Rhodococcus</i> törzsek sejtmentes kivonataival	27
Sávoly Zoltán, Hrács Krisztina, Horváth Boglárka, Nagy Péter István és Záray Gyula – ZnO nanorészecskék talajlakó fonálférgekkel való kölcsönhatásának vizsgálata	28
Sebestyén Ágnes, Borsányi Máttyás, Molnár Erzsébet, Vargha Márta és Dura Gyula – A magyarországi csapvizek ólomtartalma, az ólomtartalom felmérésére szolgáló speciális monitorozási rendszer bemutatása	30
Simon Edina, Baranyai Edina, Braun Mihály, Cserháti Csaba, Fábrián István és Tóthmérész Béla – Debrecen légszennyezettségének becslése levélminták alapján	31
Szabó Erzsébet és Bánáti Diána – Új technológiákkal kezelt élelmiszerek elfogadásának vizsgálata	33
Székács András, Adányiné Kisbocskói Nóra és Darvas Béla – Élelmiszerbiztonság a RASFF rendszer tükrében	34
Szigeti Tamás János, Suszter Gabriella, László József és Palotai Zoltán – A <i>glyphosate</i> maradékainak megjelenése a környezetben – a gyomirtó szer maradékainak analitikai vizsgálata	36
Szűcs Viktória és Hámori Judit – A túlfogyasztás problémája a fiatalok szemszögéből	37
Takács Eszter, Darvas Béla, Fejes Ágnes, Nicolas Defarge, Gilles-Éric Séralini és Székács András – Többszörös kölcsönhatások növényvédőszer-hatóanyagok és formázási segédanyag között: a <i>glyphosate</i> gyomirtószer-hatóanyag, a formulálására alkalmazott polietoxilált faggyúaminok és a Cry1Ab-toxinfehérje kombinált citotoxikus hatásai	39
Tarnóczai Tímea, Kocsis Zsuzsanna és Marcsek Zoltán – Uszodavizek mutagenitási vizsgálata ISO szabvány alapján	40
Vallner Judit, Krausz Erzsébet, Halász Judit és Béni Áron – Talaj tápanyag-utánpótlási módok közvetett befolyása az aflatoxin termelődésére – kiindulási pont	42
Vehovszky Ágnes, Kovács W. Attila, Farkas Anna, Győri János, Szabó Henriette és Vasas Gábor – <i>Cylindropermopsis raciborskii</i> algavirágzás és halpusztulás – az elektrofiziológiai eredmények neurotoxikus hatásra utalnak	43
Weisz Máté és Bakonyi Gábor – A <i>MON 810</i> kukoricafajta hosszú távú hatása a <i>Folsomia candida</i> (Collembola) bélrendszerének szövettani szerkezetére – előzetes vizsgálatok	44
INDEX	46

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

A CRY1AB-GÉN ÖRÖKLŐDÉSE (RT-PCR) ÉS KIFEJEZŐDÉSE (ELISA) AZ F1-NEMZEDÉKBEN [NO 4]

Bánáti Hajnalka,^{a,b} Vajda Boldizsár,^c Neszlényi Kálmán,^c Székács András^a
és Darvas Béla^{a,b}

^aKözponti Környezet- és Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet, Budapest;

^bELTE Környezettudományi Doktori Iskola, Budapest; ^cNÉBIH, GMO Labor, Budapest

A szélbeporzású kukorica termesztése során az intraspecifikus hibridképződés elkerülhetetlen az azonos időben virágzó fajták esetében. A *cry1Ab*-gén öröklődése és kifejeződésének mértéke az F1 nemzedékben kevésbé ismert. Munkánk során a *cry1Ab*-gén öröklődését, illetve a gén kifejeződését vizsgáltuk. Cry1Ab-toxint termelő kukoricáknál egy új, és kevésbé kutatott probléma is felvetődik. A *cry1Ab*-gént tartalmazó pollennel (mikrogaméta) megtermékenyülő zigótából fejlődő szemben megjelenhet már ugyanazon évben a Cry1Ab-toxin.

Az elmúlt évtizedben csak néhány cikk foglalkozott a *MON 810* hibrid fajták toxintartalmával, így még nincs a területen kellő ismeretünk. Annyi azonban bizonyos, hogy a Cry1Ab-toxin szövetspecifikusan, időben változó mennyiségben termelődik. A toxinmennyiség nagysága szervenként különbözőképpen alakul: levél > portokfal > gyökér > szár > mag > pollen.¹ Nemcsak a termőhely minősége, melyet a Cry1Ab-toxintermelődés szempontjából főleg a talaj nitrogénellátottsága határoz meg, hanem az évszázad okozta különbségek is jelentősek lehetnek. A *MON 810* mellett további genetikai eseményt hordozó hibridekben (*stacked events*) a Cry1Ab termelődése akár kétszerese is lehet az egy Cry-toxint termelőkhöz viszonyítva.² A szakirodalmi adatok gyakran igen tág határokon belül mozognak, ami a transzgen eltérő mértékű kifejeződéséből származik. A gének vizsgálatára kifejlesztett *real-time PCR* módszer alapja a 5'- vagy 3'-vég körül található specifikus szekvenciák amplifikációján alapul. A relatív kvantifikáció (pl. a GMO DNS-ének és a teljes kukorica DNS-ének százalékos aránya) során szükség van endogén referenciagénre, mely lehetővé teszi, hogy meghatározzuk a mintában a teljes DNS-tartalmat. A magok *cry*-géntartalmát számszerűen *MON 810* event-specifikus vagy a *cryMON 810* konstrukcióra specifikus reakció, illetve a *hmg1*-specifikus reakció (teljes DNS-tartalom) *Ct* értékeinek különbségével jellemezzük. Minél nagyobb a különbség (delta *Ct*), a *cry1Ab*-géntartalom annál kisebb. A PCR-vizsgálatok során kapott eredményeket a teljes DNS-tartalomhoz viszonyított százalékos formában szokták megadni. Egy mag DNS-e tömegegységre vonatkoztatva különböző lehet az egyes kukoricafajták esetében, ráadásul a mag különböző részei eltérő ploiditásúak. Kukoricában a 2n embrió egy haploid apai és egy haploid anyai sejtmagból jön létre; a 3n felépítésű endospermium 1 haploid apai és 2 haploid anyai sejtmagból; a 2n természetű *pericarpium* pedig anyai eredetű. Emiatt a genom relatív transzgen-tartalma hemizigóta transzgen kukoricaszem esetében attól függ, hogy a transzgen az apától vagy az anyától származik-e.

¹ Székács, A., Juracek, J., Polgár, L. A. & Darvas, B. (2005) *FEBS J.* **272** (Suppl.1.): 508.

² Székács, A. & Darvas, B. (2012) Comparative aspects of Cry toxin usage in insect control. pp. 195-230. In: Ishaaya, I. et al. Eds *Advanced Technologies for Managing Insect Pests*. Springer Verlag, Berlin.

A növényi Cry1Ab-toxin mérésénél további nehézségek is felmerülnek. A *MON 810* genetikai eseményt hordozó fajták a *cry1Ab*-gén rövidített változatát tartalmazzák, ez a gén 91 kDa, míg az eredeti gén által termelt protoxin 131 kDa nagyságú. Emiatt a protoxinspecifikus antitestekkel és protoxin standarddal működtetett ELISA rendszereket csak korrekció után lehet a kurtított, preaktivált növényi Cry1Ab-toxin mérésére közvetlenül alkalmazni.³ Az EnviroLogix Cry1Ab/Cry1Ac Quantiplate és Abraxis *Bt* Cry1Ab/Ac érzékenysége eltérő.

A PCR-mérések során az Mf x Bm (*MON 810* ♀ x Kék főznivaló ♂) keresztezéssel kapott különböző színvariációk (sárga, sárgamozaik, kék, kékmozaik) esetében a sárgamozaikos magok minden esetben a 100%-osnak minősített, az eredeti *MON 810*-es magok *cry1Ab*-gén értékeit közelítették, míg a többi színváltozatok a *cry1Ab*-génre nézve alacsonyabb értékeket mutattak. Az ELISA-mérések jelzése hasonló volt. A PCR-es vizsgálatok esetében ez a különbség szignifikáns. Az ELISA-mérések eredményein látszik ugyanez a tendencia, ugyanis a kék, kékmozaikos és sárga magok a *MON 810*-es magoktól szignifikánsan eltérnek, míg a sárgamozaikos magok e kettő közötti értékeket vesznek fel. A vizsgált kukoricafajták – *MON 810 Bt* (M) Kék főznivaló (B – blue), Mindszenti fehér (W – white) és a beporzó fél variálásával (pl. Mf x Bm, Bf x Mm stb.) kapott F1 szemek vizsgálata során nem kaptunk szignifikáns különbséget azt illetően, hogy a transzgén mikro- (m – male) vagy makrogaméta (f – female) eredetű volt. Vizsgálataink világosan mutatják, hogy a transzgén az F1 nemzedékben megjelenik, és a Cry1Ab-toxintermelés a szemekben megkezdődik, így a keresztezett szemeket tartalmazó tájfajták esetében is – izolációs távolságtól függően – jelölésköteles termék keletkezhet.

Kulcsszavak: Bánáti Hajnalka, Vajda Boldizsár, Neszlényi Kálmán, Székács András, Darvas Béla, *cry1Ab*-gén, PCR, ELISA, F1 nemzedék, kukorica, transzgenikus fajták x tájfajták

*

MIKOTOXINOK BIODEGRADÁCIÓJÁRA KÉPES MIKROORGANIZMUSOK SZELEKCIÓJA ÉS ALKALMAZÁSA

*Cserhádi Máttyás,^a Krifaton Csilla,^a Kukolya József,^b Szoboszlai Sándor,^a
Dobolyi Csaba^a és Kriszt Balázs^a*

^aSzent István Egyetem, MKK-KTI, Környezetvédelmi és Környezetbiztonsági Tanszék, Gödöllő;

^bKözponti Környezet- és Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet, Budapest

Munkánk során sikerült több mikroorganizmust azonosítani, amelyek káros metabolitok nélkül képesek a különféle mikotoxinok bontására. Több mint hatvan mikroszervezet átvizsgálása történt meg, és közel harminc mikroszervezet mikotoxinbontó képességét mutattuk be. Ezáltal a tudomány és a gyakorlat számára is sikerült jelentős mértékben bővíteni a rendelkezésre álló és felhasználható mikrobák számát a mikotoxin-mentesítés és biodegradáció terén.

³ Székács, A., Lauber, É., Juracek, J. & Darvas, B. (2010) *Environ. Toxicol. Chem.* **29**: 182-190.

Az általunk vizsgált mikotoxinok biodegradációjára képes törzsek detoxifikációs képességét több módszerrel is igazoltuk: proteináz-K-vizsgálattal, pelletvizsgálattal és biotesztekkel történő geno- és citotoxicitás mérés, EDC-hatáselemzéssel, valamint állatetetési és -kezelési kísérletekkel. A kutatás során azonosított és mikotoxinok lebontására képes törzsek esetében sikerült feltérképezni és bemutatni, hogy melyek képesek káros mellékhatások és metabolitok nélkül lebontani az adott toxinokat, ami 2009 óta EFSA előírás.

Vizsgálataink fókuszja elsősorban a *Rhodococcus* nemzetségbe tartozó törzsekre irányult, mivel ez rendkívüli anyagcsere-folyamatokra képes nemzetség, és a tanszékünk is jelentős számú, szénhidrogének bontására képes izolátummal rendelkezik. Munkánk során harmincnál több *Rhodococcus* faj toxinbontási profilját vettük fel, ami alapján a *R. erythropolis* fajon kívül, aflatoxinB1 (AFB1) -bontásra képesek a *R. ruber*, *R. globerulus*, *R. coprophilus*, *R. gordoniae*, *R. pyridinivorans* és *R. erythropolis* fajok képviselői. Az eredmények alapján az is elmondható, hogy a bontási képesség szempontjából nemcsak a fajok között, hanem egy fajon belül is jelentős eltérések lehetnek. Mindezek mellett a toxinbontási profil arra is rámutatott, hogy az AFB1 toxin mellett a *Rhodococcus* nemzetség egyes tagjai jelentős zearalenon (ZEA) (*R. pyridinivorans*, *R. erythropolis* és *R. ruber*) és T-2-bontó (*R. erythropolis*, *R. globerulus*, *R. rhodochrous*, *R. coprophilus* és *R. gordoniae*) tulajdonsággal is rendelkeznek. Bár a két toxin szimultán bontásáról a szakirodalom egy mikroorganizmus esetében (*Trichosporon mycotoxinivorans*) már beszámolt, két további mikroszervezet (*R. pyridinivorans* és *R. rhodochrous*) két mikotoxin (AFB1-ZEA, AFB1-T-2) párhuzamos bontása és a *R. erythropolis* N11 multimikotoxin-bontása (AFB1, ZEA és T-2) a területen eddig publikált eredmények szerint egyedülálló tulajdonság.

A *Rhodococcus* nemzetségeken túlmenően kiemelnénk még a *Cupriavidus* nemzetséget, amelyből a *C. basilensis* jelentős ochratoxin A-bontási (OTA) képességgel rendelkezik, ezen faj mikotoxinbontási képessége ezidáig ismeretlen volt.

A munkánk során kiválasztott mikotoxin-biodegradációra képes három törzs (két *Rhodococcus pyridinivorans* törzs: AK37, K408 és egy *Cupriavidus basilensis* törzs: ÓR16) biodetoxifikációs hatékonyságát több módszerrel is ellenőriztük. Az AFB1 esetében az *SOS-Chromo* teszttel, valamint két állatetetési (hal, brojlercsirke) kísérlettel sikerült igazolni a mikotoxin-detoxifikációs képesség hatékonyságát. A ZEA esetében az EDC hatás vizsgálatára kifejlesztett BLYES tesztrendszerrel, valamint egy patkánykezelési kísérlet (génexpressziós vizsgálat) eredményeivel sikerült alátámasztani a törzs káros metabolitoktól mentes lebontó képességét. Az OTA esetében pedig egy egérkezelési kísérlet (génexpressziós vizsgálat) eredményei igazolták a detoxifikáló képesség meglétét. Ezen bioteszteken és állatmodelleken lefolytatott vizsgálatokkal sikerült igazolnunk a törzsek lebontó és toxicitásmentesítő képességét.

Kulcsszavak: Cserháti Máttyás, Krifaton Csilla, Kukolya József, Szoboszlav Sándor, Dobolyi Csaba, Kriszt Balázs, mikotoxin, aflatoxin, ochratoxin, biodegradáció, biodetoxifikáció, gén expresszió, *Cupriavidus*, *Rhodococcus*

A GM-NÖVÉNYEK ELTÉRŐ ENGEDÉLYEZÉSI STRATÉGIÁI AZ ISAAA ADATBÁZISA ALAPJÁN

Darvas Béla,^{a,c} Füleki Lilla,^{a,b} Bánáti Hajnalka,^{a,c} Deli Szabina^d és Székács András^a

^aKözponti Környezet- és Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet, Budapest; ^bBudapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem; ^cELTE, Környezettudományi Doktori Iskola; ^dSzent István Egyetem, Gödöllő

A géntechnológiai úton módosított (GM) növények engedélyeinek nyilvántartásával több adatbázis is foglalkozik. Korábban a Magyar GMO Adatbázis, *GMO Compass* és a *European Commission's Joint Research Centre* adatbázisait tekintettük át.⁴ A világ engedélyeinek összegyűjtésére az *International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA)* vállalkozott.

Az ISAAA adatbázisában 34 ország fajtacsoport (vö. genetikai esemény) engedélyei találhatóak meg, amelyek 2013-ban 26 növényfajra terjedtek ki. Közülük négy ország – Egyesült Államok, Japán, Kanada és Mexikó – engedélyezett száznál is több fajtacsoportot. Ötvennél több fajtacsoportot engedélyezők: Ausztrália, Dél-Korea, Új-Zéland, az Európai Unió, Fülöp-szigetek és Tajvan. A termesztés nagysága és a kibocsátott engedélyek száma nincs arányban. Nem is kevéssé meglepő, hogy a világ jelentős GM-növény-termesztőjeként Brazília, Argentína, India és Kína kevés fajtacsoportot engedélyez, míg Japán, Mexikó, Ausztrália, Dél-Korea, Új-Zéland, Európai Unió, Fülöp-szigetek, Tajvan, Kolumbia és Oroszország engedélyeznek ugyan, de a GM-növénytermesztésük jelentéktelen. A vetésterületek tekintetében az ISAAA adatbázisa egyébként felfelé torzít, hiszen a többszörös genetikai eseményeket tartalmazó GM-növények vetésterületét 2011-ig elismerten genetikai eseményenként többszörözve veszi tekintetbe (*trait hectare*).

Az engedélyek céljait illetően világszerte a növényvédelmi célú módosítások (*Bt*-növények, *glyphosate*- vagy *glufosinate*-tűrók) túlsúlya a jellemző. Csekély arányban megjelennek az összetételükben módosított GM-növények. Az egyszeres módosítással szemben átlagban a kétszeres módosítás felé haladnak a fajtatulajdonosok, de akár 8 genetikai eseményt tartalmazó (*multistack*) GM-növények is engedélyezésre kerültek. Az engedélyezés szerkezetében Oroszországra jellemzők az egyszeresen módosított fajtacsoportok, bár ezeket sem termesztik. Kettő fölötti átlag (többszörös/egyszeres) jellemző Japán, Mexikó, Dél-Korea, Tajvan, Fülöp-szigetek és Dél-Afrika listájára, amelyben paradoxon, hogy csak Dél-Afrika és Fülöp-szigetek számottevő termesztő. Az Egyesült Államok engedélyeztetésére az 1,7 arány jellemző, amitől az Európai Unió (1,9) sem tér el nagyon.

Az ISAAA adatbázisában az élelmiszerként, a takarmányként való felhasználásra (ebben a feldolgozás is beleértendő), továbbá vetésre kiadott engedélytípusok különülnek el. Új-Zéland és Tajvan engedélyei kizárólag élelmiszerként való felhasználást mutatnak. Brazíliában minden megadott engedély mindhárom területre kiterjed. Az Egyesült Államoknál ez az arány 2,6. Japán és Kanada engedélyezési stratégiája is ehhez hasonló, bár Japán tőlük eltérően nem

⁴ Darvas B., Deli Sz., Németh Gy., Bánáti H., Füleki L. és Székács A. (2013): Géntechnológiai úton módosított növényekkel 1999 és 2012 között végzett szabadföldi kísérletek Európában és Magyarországon. *Növényvédelem* (in press)

termeszt GM-fajtákat. Az Európai Unió engedélyeiben az élelmiszerként és takarmányként való felhasználás a jellemző, amit alacsony számú vetési engedély követ. Ehhez hasonlít a Fülöp-szigetek és Oroszország engedélyezési stratégiája.

Az engedélyezés felülnézeti képe nem azt mutatja, hogy korunk egyik új technológiáját az államok/államszövetségek azonos megfontolások alapján kezelik. Az Egyesült Államok és Kanada vezető helyet foglal el mind az engedélyeztetésben, mind a termesztésben. Japán kiemelkedő engedélyeztetési buzgalma nem érthető, hiszen az engedélyei nem hasznosulnak a termesztés gyakorlatában. Habár Dél-Korea engedélyezése számottevő, ezzel szemben az aktivitás a termesztésre nem terjed ki. Különös India és Pakisztán gyapotra koncentrálnak csekély engedélyezési aktivitása, miközben termesztése ezekből jelentős. Brazília és Argentína termesztése messze jelentősebb engedélyeztetési aktivitást igényelnének, különösen azért, mert úgy tűnik ezen a területen Brazília fenntartások nélkül használja minden vonatkozásban azokat a fajtacsoportokat, melyeket engedélyezésre kiválaszt.

Az Európai Unió a GM-növények termesztési térképén nincs igazán jelen. Spanyolország az egyetlen, ahol közel százezer hektáron *MON 810*-es *Bt*-kukoricát termesztnek. Ugyanakkor az EU engedélyeztetési aktivitása a termesztéséhez képest igen jelentős. Míg az Egyesült Államokban a GM-növényekből készült élelmiszereket és takarmányokat nem kell jelölni, addig az EU országaiiban ezek jelöléskötelesek. Az EU két (*MON 810* kukorica, *AMFLORA* burgonya) fajtacsoporthoz adott ki eddig vetési engedélyt (az *ISAAA* szerint további tíz halad az engedélyeztetés útján), azonban 58 GM-fajtacsoport termése használható fel élelmiszerekben és takarmányokban. Ebben a szója igazán kritikus, mivel ezt az EU országai Dél-Amerikából hozzák be. Az *ISAAA* által nyilvántartott EU engedélyeknél (67) a *GMO Compass* (az EU nem hivatalos adatbázisa) jóval több (117) engedély előrehaladásáról számol be.

Kulcsszavak: Darvas Béla, Füleki Lilla, Bánáti Hajnalka, Deli Szabina, Székács András, *ISAAA*, GM-fajtacsoport engedélyezők, engedélyezési stratégiák

*

ÍZELTLÁBÚ KÁRTEVŐK ELLEN ALKALMAZOTT HATÓANYAGOK MAGYARORSZÁGON 1962 ÉS 2013 KÖZÖTT

Darvas Béla,^a Kardos Cecília^b és Székács András^a

^aKözponti Környezet- és Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet, Budapest; ^bSzent István Egyetem, Gödöllő

A mezőgazdasági környezetanalitika és ökotoxikológia számára fontos követelmény a hazánkban alkalmazott veszélyes vegyületek körének részletes áttekintése.⁵ Számtalan közülük – pl. klórozott szénhidrogének, triazin típusú gyomirtók – perzisztens viselkedésük miatt évtizedekkel a használat után is kimutathatók a talajokból és a vízi üledékekből.

⁵ Darvas B. és Székács A. (szerk.) (2006): *Mezőgazdasági ökotoxikológia*. Harmattan, Budapest.

Az elmúlt fél évszázad alatt a hazai növényvédelemben 208-féle, ízeltlábúak állománygyérítésére használható ágens lehetett alkalmazni.⁶ Közülük 199 valamilyen kémiai hatóanyag (közülük 20 tartozik a természetes eredetű vegyületek és az olajok közé), további 9 biológiai ágens (parazitoidok, ragadozók, rovarokat megbetegítő mikrobiális szervezetek). A 179 szintetikus hatóanyagból 106 idegméreg hatású (klórozott szénhidrogének, szerves foszforsav-észterek, zoocid karbamátok, piretroidok és neonikotinoidok). A fennmaradóból csupán 13 sorolható a rovar-egyedfejlődést és -szaporodást zavaró (*IDRD*) hatású anyagok, míg 60 az egyéb hatású szintetikus vegyületek közé (utóbbiak fele atkaölő).

Az egyes években alkalmazható hatóanyagok/ágensek száma 27 (1962) és 113 (2001) között változott. Míg az engedélyezett védekezési ágensek száma 2001-ig emelkedő tendenciát mutatott – ami a hazai hatóanyag-revizíó elmaradására vezethető vissza –,⁷ addig ezt követően jelentős csökkenés tapasztalható. 2013-ban – az Európai Unió által több lépcsőben megvalósított hatóanyag-revizíó miatt – már csak 71 ágens használata megengedett, s e tekintetben is a környezetbarát védekezési módok előretörését tapasztalhatjuk.

2008-ban az *endosulfan* kivonása jelentette a klórozott szénhidrogének hazai kivonásának végét, azonban a *HCH*-származékok közül a *lindane* (2003) is indokolatlanul sokáig volt használatban. Az EU növényvédőszer-revizíója igen jelentős mértékben csökkentette a szerves foszforsav-észterek, zoocid karbamátok, akaricidek és egyéb szintetikus vegyületek körét. Nagyfokú mérgezőségük/balesetveszélyességük miatt a talajfertőtlenítésre használt idegméreg használata lehetetlenné vált. Örvedetes, hogy az EU hatóanyag-revizíója megkülönböztetett módon egy nagyságrenddel csökkentette a növényvédelemben használható, valamely vizsgálati rendszerben mutagének talált anyagok számát (pl. *dichlorvos*, *malathion* stb.).

A mai rovar- és atkairtás gyakorlata főként piretroidokra és neonikotinoidokra támaszkodik. A piretroidok méh- és halveszélyessége kiemelkedő. Jelzi ezt a méhészerek sokasága, amelynek oka ma már főként a csípőszúnyog-állománygyérítés – imágókra koncentráció – gyakorlata. A neonikotinoid csávázó szerek – amelyek megjelenhetnek a növények guttációs folyadékában, nektárjában és pollenjében – a méhekre gyakorolt hatásai miatt az EU szakhatóságának kiemelt figyelmére számíthatnak. A szakirodalomban jelentős teret kap a méhcsalád-összeomlás tünetegyüttesben (*CCD*) betöltött szerepük.

Mára észrevehetően nőtt az ízeltlábúak állománygyérítésére használt olajok, természetes eredetű vegyületek és biológiai ágensek száma, amelyek az integrált (*IPM*) és ökológiai termesztéshez is megfelelhetnek.

Kulcsszavak: Darvas Béla, Kardos Cecília, Székács András, inszekticid, zoocid, akaricid, klórozott szénhidrogén, szerves foszforsav-észter, zoocid karbamát, piretroid, neonikotinoid, *IDRD*, *IPM*

*

⁶ Kardos C. (2013): Magyarországon 1962-2013 között ízeltlábúak (atkák és rovarok) elleni felhasználásra engedélyezett hatóanyagok és biológiai ágensek. SzIE, Gödöllő, MSc szakdolgozat

⁷ Darvas B. (1999): A kémiai növényvédelem és kritikája. 15-48. old. In: Polgár A. L. (szerk.) *A biológiai növényvédelem és helyzete Magyarországon 1999*. OMF, Budapest.

A BALATONI ALJZATÜLEDÉK NEHÉZFÉMTARTALMÁNAK GEOKÉMIAI ÉS ÖKOLÓGIAI JELLEMZÉSE – KÖRNYEZETI KOCKÁZAT ELEMZÉSE

Farkas Anna és Ács András

MTA Ökológiai Kutatóközpont, Balatoni Limnológiai Intézet

A Balaton vízminőségét és ökológiai védelmét szolgáló átfogó kutatások részeként, az elmúlt két évtized során, több vizsgálat irányult a tó és vízgyűjtőjének antropogén eredetű szennyezettségének vizsgálatára. A legrészletesebb eredmények két kutatási projekt keretében, a Balaton aljzatüledékének nehézfém tartalmával kapcsolatban születtek.⁸⁻⁹ Mindkét tanulmányban a balatoni aljzatüledékben felhalmozott nehézfémek szintjét a hazai 10/2000 KöM-EüM-FVM-KHVM rendeletben¹⁰ meghatározott fémek és félfémek talajszennyezettségi határértékeihez hasonlítva értékelték, valamint a nemzetközi gyakorlatban alkalmazott üledékminőségi értékekhez (*SQVs, Sediment Quality Values*) és üledék-háttérértékekhez (*SBVs, Sediment Background Values*) hasonlították. A kiválasztott referenciaértékek alapján, mindkét felmérés a Balaton aljzatüledékének nehézfém tartalmát a tó teljes területén a hazai geológiai háttér szinthez hasonlóan minősítette, és a tavat, antropogén eredetű nehézfém szennyezéstől mentes víztestként értékelte.

A felszíni vizek üledékében felhalmozott nehézfémek környezeti kockázatának megítélése során azonban kitűnt, hogy a valóság hű becsléshez az adatokat a lokális geológiai háttér szintekhez kell viszonyítani a geokémiai akkumulációs index szerint (*Igeo, Index of geoaccumulation*), és minimum követelmény a kockázatos nehézfémek geokémiai jellemzése, azaz a kémiai kötés (stabil vs. mobilis részarány) szerinti megoszlásának ismerete. A nemzetközi gyakorlatban a felszíni vizek antropogén szennyezettségének kockázatelemzésében hatékony eszköznek minősül a potenciális ökológiai kockázat-index (*RI, Potential Ecological Risk Index*) alkalmazása, amely a szennyezők egyedi ökológiai kockázati és toxicitási faktorait, az anyagok szennyezettség indexét, illetve a lokális háttértől való eltérést ötvözi.

A szakirodalmi adatok értékelése során elvégeztük a Balaton aljzatüledékéről közölt nehézfém adatok (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) kockázatelemzését a geokémiai akkumulációs index, a geokémiai megoszlási és a potenciális ökológiai kockázat-index szerint, valamint értékeltük e módszerek alkalmasságát a nyíltvízi területek és a jelentősebb hajóforgalmat bonyolító kikötők környezetében az üledék antropogén eredetű terheléskülönbségeinek kimutatására.

A geokémiai háttérindex értékelés alapján megállapítottuk, hogy a Balaton nyíltvízi területein az aljzatüledék mikroelem-tartalma a regionális geokémiai háttér

⁸ Hlavay, J. & Polyák, K. (2002) *Microchem. J.* **73**: 65-78.

⁹ Nguyen, H. L., Leermakers, M., Osán, J., Török, S. & Baeyens, W. (2005) *Sci. Total Environ.* **340**: 213-230.

¹⁰ Hatályon kívül, jelenleg a 219/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet szabályozza a földtani közeg és a felszín alatti vizek védelmét és kémiai állapotának értékelését.

tartományával egyezik, ellenben a kikötők vonzáskörzetében enyhe/mérsékelt As-, Cd-, Cu-, Hg- és Pb-szennyezés alakult ki.

A nehézfémek kémiai kötés szerinti megoszlásának elemzése azt mutatta, hogy míg a tó nyíltvízi területein csak a Cd kötődik szignifikánsan nagyobb mértékben (33%) a labilis ásványi frakciókhoz, a kikötők környezetében ez minden vizsgált elemnél jellemző, ami a fémek biológiai hozzáférhetőségét valószínűsíti.

A potenciális ökológiai kockázat értékelése alapján, a nyíltvízi területeken az üledék az alacsony kockázati besorolásnak felel meg, ellenben a kikötők környezetében az aljzatüledék Hg-, Cd- és As-szintje mérsékelt – számottevő veszélyt jelent az ott élő szervezetekre.

Az eredmények a Balaton környezeti kockázat elemzésének folytatását indokolják, és kiemelt figyelmet kell szánni a perzisztens szerves szennyezőanyagok helyzetére, melyekről igen kevés adat áll rendelkezésünkre.

Kulcsszavak: Farkas Anna, Ács András, geokémiai akkumulációs index, potenciális ökológiai kockázat-index, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn

*

KOMMUNÁLIS SZENNYVÍZTISZTÍTÓ MŰKÖDÉSÉNEK ELEMZÉSE *VIBRIO FISCHERI* TESZTORGANIZMUSSEL

Farsang Ágota,^a Béres Csilla,^a Ács András,^b Kováts Nóra^b és Rétfalvi Tamás^c
^aNyugat-magyarországi Egyetem Földrajz és Környezettudományi Intézet; ^bPannon Egyetem Mérnöki Kar Limnológia Tanszék; ^cNyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar Kémia Intézet

A szennyvíz összetételét tekintve komplex kémiai – biológiai rendszer. Benne különféle szerves és szervetlen szennyező anyagok találhatóak oldott-, kolloid-, valamint partikulált formában. A nagyvárosok tisztító telepeire napi szinten több ezer köbméter szennyvíz kerül. A beérkező szennyvizek toxicitása sok esetben magas. Megfelelő hatásfokú tisztításuk kiemelt feladat. A *Vibrio fischeri* bioluminesszcencia-gátláson alapuló ökotoxicitás-teszt jól használható a szennyvizek minősítésére. Az *in vitro* bakteriális vizsgálat gyors, reprodukálható és költséghatékony.

Kutatásunkban abiotikus paraméterek hatásait vizsgáltuk egy kommunális szennyvízkezelő üzem működésére. A kutatás helyszíne Szombathely város 100000 lakos-egyenértéknél nagyobb kapacitású regionális szennyvíztisztító telepe, ahol 35 település szennyvizének kezelése történik. Szombathely régi történelmi belvárosából és Kőszegről a szennyvíz- és csapadékvíz-elvezetés egyesített rendszerről jön, míg az újabban épített részek már elválasztó rendszerűek. A vegyes kialakítású csatornarendszer révén, komoly hidraulikai terhelés érheti a telepet nagy felhőszakadást követően. Kutatásunk során vizsgáljuk a szombathelyi szennyvíztelepre bekerülő szennyvíz, a tisztítás folyamatában lévő szennyvíz, és az elfolyó víz ökotoxikológiai paramétereit *Vibrio fischeri* tesztorganizmussal. A kémiai és biológiai folyamatok alakulására a mindenkori abiotikus paramétereknek jelentős hatása van. Az ökotoxikológiai mérésekkel párhuzamosan ezért a

folyamatra ható abiotikus paraméterek (ökológiai faktorok) mérése is szükséges. Így az abiotikus paraméterekkel össze lehet kapcsolni a tisztítóban lezajló kémiai és biológiai degradációs folyamatok által bekövetkező toxicitásváltozást. A pH-nak a nehézfémek mobilitásában és biológiai felvehetőségében van szerepe, másrészt lúgos kémhatás esetén az ammónia mérgező hatása lép fel. A hirtelen, nagy mennyiségben lehulló csapadék megnöveli a hidraulikai terhelést, általa csökkenhet a tisztítási hatékonyság. A hőmérséklet a kémiai és biológiai folyamatok sebességét befolyásolja.

A mintavételezés 2012. júniustól 2013. februárig, tíz alkalommal történt, délelőtt 11-12 óra között. Minden alkalommal mintát vettünk a szennyvíztisztító befolyójánál, az előülepítő után, az aerob biológiai medence végén és a kifolyónál. Minden mintavétel alkalmával rögzítettük a mintavételt megelőző 24 óra átlaghőmérsékletét és ezen időszak alatt lehullott csapadék mennyiségét. Az Országos Meteorológiai Szolgálat honlapjának térképes adatait használtuk fel a munkánk során.

Az ökotoxikológiai vizsgálatokat *Vibrio fischeri* tesztorganizmussal végeztük el szabvány alapján.¹¹ A módszer az *Aliivibrio fischeri*-ként nyilvántartott tengeri baktériumtenyészetek fénykibocsátás-gátlásának meghatározásán alapul. A lumineszcenciát Microtox (gyártó: Azur, USA) típusú készüléken mértük. A mintákat az alábbi hígításokban vizsgáltuk: 50%, 33,33%, 25%, 16,67%, 12,5%, 8,33%, 6,25%, 4,17%, 3,13%. A mért toxicitási értékekből az 50%-os fénykibocsátás-csökkenést okozó EC₅₀ értékeket adja meg a Microtox 4.1 Omni szoftvere.

A telep működése ökotoxikológiai szempontból vizsgálva megfelelő, a kifolyó szennyvíz toxicitása már nem mérhető. A nagy mennyiségű, intenzív csapadékhullás átmossa a telepet, felhígítja a mintákat, és ezáltal csökkenti a toxikusságukat. A toxicitás csökkenését a befolyótól a biológiai medencéig vizsgáltuk. Melegebb nyári időben változó értékeket és kisebb toxicitás csökkenést tapasztaltunk a hideg téli időszakhoz képest. A magas hőmérséklet megnöveli a kémiai, és biológiai bomlási folyamatok sebességét, sok esetben toxikusabb anyag keletkezhet a kiindulási termékénél. A magas hőmérséklet a párolgási folyamatokat is felgyorsítja, szennyezőanyagokra nézve koncentráltabbá teszi a szennyvizet. A neutrális közeli pH-értékek közvetlenül nem befolyásolták a minták toxicitását.

Kulcsszavak: Farsang Ágota, Béres Csilla, Ács András, Kovács Nóra, Rétfalvi Tamás, kommunális szennyvíz, *Vibrio fischeri*



¹¹ ISO/EN/DIN 11348-3:2000 szabvány [Vízminőség. Vízminták gátló hatásának meghatározása a *Vibrio fischeri* fénykibocsátására (lumineszcensbaktérium-teszt). 3. rész: Vizsgálat fagyasztva szárított baktériumokkal]

SZITAKÖTŐLÁRVÁK ELEMENALITIKAI VIZSGÁLATA *MP-AES* MÓDSZERREL

*Harangi Sándor,^a Málnás Kristóf,^b Balogh Zsuzsanna,^a Szondi Attila,^a
Baranyai Edina,^c Braun Mihály,^d Tóthmérész Béla,^a Dévai György^e és Simon Edina^a*
^aDE TEK Ökológiai Tanszék, Debrecen; ^bBioAqua Pro Kft., Debrecen; ^cDE-TEK, Szervetlen és Analitikai Kémiai
Tanszék, Debrecen; ^dMTA ATOMKI Hertelendi Ede Környezetanalitikai Laboratórium, Debrecen;
^eDE TEK Hidrobiológiai Tanszék, Debrecen

Hazai vízfolyásaink közül a Tisza esetében van tudomásunk rendszeres nehézfémzennyezésről. A cianidszennyezés óta kevés esetben került sor a szennyezést túlélő populációk egyedeinek indikátorként történő alkalmazására.¹²⁻¹³

Szitakötőlárva (*Gomphus flavipes*), valamint víz- és üledékanalitikai vizsgálatot végeztünk a Felső-Tisza (Tokaj-Tiszabecs) és a Szamos folyó magyarországi szakaszán. Kutatásunk célja a Felső-Tisza toxikuselem-szennyezettségének feltérképezése volt, valamint mikrohullámú plazma-atomemissziós spektrométer (*MP-AES*) optimalása a bonyolult mintamátrixszal jellemezhető biológiai mintákra. A vizsgálatok során a Felső-Tisza jelentősebb mellékfolyóinak torkolata alatt jelöltünk ki mintavételi helyeket a szennyezések forrásának felderítéséhez. A szakasz legnagyobb vízhozamú mellékfolyóján, a Szamoson további szelvényekből is történtek mintavételek. Az abiotikus indikátorként használt víz- és üledékmintákon kívül a folyó teljes szakaszán gyakori folyami szitakötők lárváit használtuk toxikuselem-akkumulációs vizsgálatára.

Az *MP-AES* készülék optimalás során az egyes elemek különböző elemző vonalainak érzékenységét, továbbá kimutatási és meghatározási határát vettük alapul. A készülék optimalási eredményei alapján megállapítottuk, hogy a mikrohullámú gerjesztéssel előállított robosztus plazma könnyedén kezeli a bonyolult mintamátrixokat. A széles dinamikus tartomány rugalmas mérési körülményeket biztosít, az analízissel szimultán háttérkorrekció szignifikánsan növeli a precizitást. A folyadék halmazállapotú minták beporlasztása nagy mintaszámok mérése esetén is folyamatos és stabil. A kiválasztott toxikus elemek kimutatási határa az optimált mérési körülmények között a következő: Al: 4 µg l⁻¹, Ba: 0,4 µg l⁻¹, Cr: 0,7 µg l⁻¹, Cu: 4 µg l⁻¹, Fe: 31 µg l⁻¹, Mn: 0,8 µg l⁻¹, Pb: 9 µg l⁻¹, Sr: 0,3 µg l⁻¹, Zn: 24 µg l⁻¹.

Főkomponens-analízis (*PCA*) segítségével az üledék, a víz és a szitakötő lárvák toxikuselem-tartalma alapján megállapítottuk, hogy a Felső-Tiszát érő nehézfémzennyezések elsősorban a Szamos folyón keresztül érkeznek. A vízminták elemösszetételét figyelembe véve megállapítható, hogy a Cd kivételével mindegyik kimutatott nehézfém koncentrációja a Szamos hazai szakaszán volt a legmagasabb (Al: 0,6 ± 0,1 mg l⁻¹, Ba: 0,12 ± 0,01 mg l⁻¹, Cu: 0,02 ± 0,01 mg l⁻¹, Fe: 0,8 ± 0,1 mg l⁻¹, Mn: 0,3 ± 0,1 mg l⁻¹, Pb: 0,09 ± 0,01 mg l⁻¹, Sr: 0,99 ± 0,02 mg l⁻¹, Zn: 0,19 ± 0,01 mg l⁻¹). A Felső-Tisza „felső” szakaszán jóval magasabb volt az Al (8,3 ± 0,7 g kg⁻¹), a Ba (51 ± 7 mg kg⁻¹) és az Fe (22,2 ± 0,2 mg kg⁻¹) koncentrációja az

¹² Fleit, E. & Lakatos, G. (2003) *Toxicol. Lett.* **140-141**: 323-332.

¹³ Woelfl, S., Mages, M., Óvári M. & Geller, W. (2006) *Spectrochim. Acta B* **61**: 1153-1157.

üledékben, mint a másik két szakaszon. A *Gomphus flavipes*-lárvák PCA segítségével meghatározott nehézfém-tartalmában az üledékhez hasonló eloszlást figyelhettük meg. Ebben az esetben is elkülöníthető a Felső-Tisza–Szamos-torkolat feletti szakasza és a Szamos; közöttük helyezkedik el a Felső-Tisza–Szamos-torkolat alatti szakasza. Szignifikánsan magasabb Zn-koncentrációt tapasztaltunk a Szamosról gyűjtött lárvákban ($179 \pm 23 \text{ mg kg}^{-1}$). A Tisza felső szakaszáról gyűjtött lárvákban mért Pb-koncentráció nem különbözött szignifikánsan a Szamosról gyűjtött mintáktól (Tisza felső szakasza: $27 - 8 \text{ mg kg}^{-1}$, Szamos: $30 - 9 \text{ mg kg}^{-1}$).

Megállapítható továbbá, hogy a folyami szitakötő-lárvák nehézfém-akkumulációja elsősorban az üledék szennyezettségének mértékével mutat összefüggést, míg a vízminták nehézfém-analitikai elemzésével elsősorban a pillanatnyi szennyezésekről nyerhetünk információt. A vízi ökoszisztémát reprezentáló biológiai minták elemanalitikai vizsgálatát kiegészítve, a vizes élőhelyek komplex állapotfelméréséhez szükséges analitikai vizsgálatok sorába hatékonyan beilleszthető az általunk, MP-AES készülékre kidolgozott mérési módszer.

Kulcsszavak: Harangi Sándor, Málnás Kristóf, Balogh Zsuzsanna, Szondi Attila, Baranyai Edina, Braun Mihály, Tóthmérész Béla, Dévai György, Simon Edina, MP-AES, Tisza, Szamos, *Gomphus flavipes*, Al, Ba, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Sr, Zn

*

DICLOFENAC BOMLÁSÁNAK, FELVÉTELÉNEK ÉS AKKUMULÁCIÓJÁNAK TANULMÁNYOZÁSA GYÉKÉNYES MEZOKOZMOSZ KÍSÉRLETI RENDSZEREKBE

*Jakabné Sándor Zsuzsanna,^a Percze Vanda,^a Borné Papp Zsuzsanna^a
és Farkas Nikolett^b*

^aHalászati és Öntözési Kutatóintézet, Szarvas; ^bSzent István Egyetem, Tessedik Agrárcentrum, Szarvas

A nem szteroid hatóanyagú fájdalomcsillapító- és gyulladáscsökkentő szerek (NSAID) a legnagyobb mennyiségben fogyasztott humán- és állatgyógyászati termékek közé tartoznak. Az utóbbi évtizedben végzett felmérések alapján világossá vált, hogy évente felhasznált mennyiségük és a molekulák nagy stabilitása miatt a legfontosabb csoportot alkotják. Kísérletünk során a hazánkban rendkívül elterjedt fájdalomcsillapító, a *diclofenac* nevű vegyület viselkedését vizsgáltuk gyékényes mezokozmosz kísérleti rendszerekben. Célunk volt ezen xenobiotikum bomlásának, felvételének és akkumulációjának tanulmányozása vízinövényekben és azok mikro környezetében.

Mezokozmosz rendszer kialakításához nyolc műanyag tartályból álló rendszert építettünk ki egy fóliasátor alatt, egyenként 70 cm átmérőjű és 50 cm magasságú kör alakú edényekből. A kísérleti növénynek keskenylevelű gyékény (*Typha latifolia*) helyeztünk ki, 60-70 cm átlagmagassággal. A tartályok aljára 10 cm magasságban 1-2 mm átmérőjű tiszta homokos kavicsot töltöttünk, melybe beültettük a növényeket. A növénytűrség 15 db/m^2 , a vízmagasságot 10 cm-re

állítottuk be. A tápanyagigény meghatározásához a C:N:P = 100:16:1 arányt tartottuk. A szennyezési kísérletet 6 hét után indítottuk, mikor a növények mérete megduplázódott, és néhány növényenél már terméskezépződés is beindult. A szennyezéshez analitikai tisztaságú *diclofenac*-nátriumsót használtunk különböző koncentrációkban: 0, 10, 1000 $\mu\text{g l}^{-1}$ és 100 mg l^{-1} . A rendszert 30 nap után számoltuk fel, mikor rhizóma-, levél-, virágzat-, víz- és üledékmintákat vettünk. A *diclofenac*-tartalmat GC-MS módszerrel határoztuk meg MTBSTFA reagenssel történő származékképzés után.

A keskenylevelű gyékények rhizómájában és szárában kimutattuk a *diclofenac* vegyületet a szennyezési kísérlet hatására. A kísérlet során mértük a kavicsos üledékben kiülepedett hatóanyag mennyiségét és a vízben még visszamaradt szinteket is, melyből a vegyület eloszlását modelleztük. A 0 és 10 $\mu\text{g l}^{-1}$ dózisok esetén nem mértünk értékeket a növényekben, az üledékben és a vízben sem. Az 1 mg l^{-1} *diclofenac* koncentrációval történt kezelés során a kijuttatott mennyiségnek a rhizómában 4,02%-át, a levélben 2,92%-át, az üledékben 0,21%-át mértük. Az expozíciós idő végén a víz *diclofenac* tartalma 2,32 $\mu\text{g l}^{-1}$ volt. Összességében a kijuttatott vegyszer mennyiség 92,68%-a a fotodegradációs folyamatok révén elbomlott. A 100 mg l^{-1} koncentrációban kijuttatott *diclofenac* esetében 31,25%-át a növények rhizómája akkumulálta, 3,32 %-ot a levél és a virágzatban is meghatároztunk 0,023%-ot. Az üledékben és a vízben található mennyiségek is magasabbak az előző rendszerhez képest, 9,68% az üledékben, 2,82 %-a a vízben volt mérhető. A fotodegradáció során a kijuttatott vegyszermennyiség 53%-a bomlott el.

Az eredmények azt mutatják, hogy a gyökérszónával rendelkező növények képesek e hatóanyag beépítésére. Az alacsonyabb koncentrációk esetén csak kis mértékben jelenik meg, viszont az 100 mg l^{-1} koncentráció esetén ezerszeres dúsulás is kimutatható a kontrollhoz képest az egy hónapig tartó periódus alatt. Az új hajtásoknál a levélben találtuk nagyobb mennyiségben, míg a már idős példányokban többnyire a rhizómában fordult elő, valamint megjelent a virágzatban is. Következésképpen mondhatjuk, hogy a transzlokáció gyökérszónából a virágzat felé csak a legnagyobb dózis esetén volt megfigyelhető, de akkumulációt a levélben már az alacsonyabb dózisonál is tapasztaltunk.

A nem szteroid típusú gyógyszermaradványok természetes vizekből történő eltávolítására jó lehetőségnek mutatkoznak a nagy biomasszával rendelkező vízi növényfajok, egyrészt bioakkumulációs képességük révén, másrészt a mikrokozmosz rendszer létrejöttével, ahol a biodegradációs és fotodegradációs folyamatok eredményesen játszódhatnak.

Kulcsszavak: Jakabné Sándor Zsuzsanna, Percze Vanda, Borné Papp Zsuzsanna, Farkas Nikolett, *diclofenac*, gyékény, *Typha latifolia*



ALACSONY ARZÉNEXPOZÍCIÓ CITO- ÉS GENOTOXIKUS HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA

Kocsis Zsuzsanna, Tarnóczai Tímea, Marcsek Zoltán és Major Jenő
Országos Kémiai Biztonsági Intézet, Molekuláris és Sejtbiológiai Osztály, Budapest

Magyarországon az artézi kutakkal történő lakossági ivóvízellátás következtében jelent meg a környezeti arzénterhelés, mint közegészségügyi probléma. Epidemiológiai adatok alapján, hazánkban az ivóvízzel bevitt magas arzénkitettség megnövekedett egészségügyi kockázatot jelent, mivel közel 1-1,5 millió ember él olyan településen, ahol az ivóvíz átlagos arzénkoncentrációja eléri vagy meghaladja a $30-50 \mu\text{g l}^{-1}$ értéket. Az EU hazánkat arra kötelezi, hogy az ivóvíz arzéntartalmát $10 \mu\text{g l}^{-1}$ határérték alá csökkentse. Vizsgálataink során arra kerestük a választ, hogy a *CHO* sejtek életképességét, genetikai állományát hogyan befolyásolja a hosszú ideig tartó alacsony arzénexpozíció.

Vizsgálatainkban kínaihőrcsőg-petefészek eredetű sejteket (*CHO*-sejteket) tenyésztünk tartósan alacsony arzéntartalmú tápközegen. 79 napig folyamatosan alacsony arzéntartalmú ($10-50$ és $100 \mu\text{g l}^{-1}$) tápfolyadékon tenyésztettük a sejteket. Időközönként sejtmintákat vettünk citotoxicitási és antioxidáns-vizsgálatokra. A genotoxikus hatásváltozást mikronukleusz- és kromoszómaaberráció- teszttel értékeltük. Összesen 10 ponton vettünk mintát a tenyészetekből, sorrendben az 1-2-6-11-17-30-44-51-66. és 79. tenyésztési napokon.

A sejt toxicitást *MTT*-teszttel értékeltük. Megállapítottuk, hogy a *CHO*-sejtek 11-napos folyamatos $10 \mu\text{g l}^{-1}$ arzénes kezelése nem befolyásolja a sejtek életképességét. A 17-napos folyamatos kezelésnél azonban 60 százalékos életképesség-csökkenést tapasztaltunk, majd tovább folytatva a kezelést a sejt életképessége visszatért a kontroll szintre, ezt követően az életképesség drasztikus csökkenése a 44-napos kultúránál újra megismétlődött.

Az életképesség-változás tekintetében az $50 \mu\text{g l}^{-1}$ arzénes kezelés az előzővel megegyező tendenciát mutatott. Míg a 2-, 6- és 17-napos $100 \mu\text{g l}^{-1}$ arzénes kezelés enyhe proliferációemelkedést, addig a 44-napos $100 \mu\text{g ml}^{-1}$ arzénes kezelés 60 százalékos életképesség-csökkenést eredményezett. A tenyésztéssel egybekötött kezelést tovább folytatva a sejtek életképessége visszatért a kontroll állapothoz, és később ezt az értéket valamivel meg is haladta.

Ha párhuzamosan értékeljük az arzénnel kezelt *CHO*-sejtkultúrák antioxidáns-kapacitási értékeit, azt tapasztaljuk, hogy mindhárom arzénkoncentrációnál ($10-50$ és $100 \mu\text{g l}^{-1}$) a kezelés előrehaladtával folyamatosan csökkent, majd 11. napnál közel 40 százalékra visszaesett, majd tovább folytatva a kezelést a 17. napos és a 30. napos kultúrák antioxidáns-kapacitási értékei visszatértek a magasabb kontroll értékre.

Összefoglalva az életképesség alakulását, a *CHO*-sejteknel egy intermittáló életképesség-emelkedést, majd -csökkenést tapasztaltunk. Az arzénnel alacsony koncentráción folyamatosan kezelt *CHO*-sejtkultúrákra intermittáló változás jellemző, mind életképesség, mind antioxidánskapacitás-változás tekintetében.

Vizsgálatainkból az is kitűnik, hogy a sejtek antioxidánskapacitás-csökkenése nem a sejttotoxicitás-emelkedés következménye.

A tartósan arzénes közegen tartott *CHO*-sejtek intermittáló tulajdonsága arra enged következtetni, hogy a *CHO*-sejtek különböző, fémrezisztenciára jellemző lehetséges mechanizmust működtethetnek. A sejten belül arzéndetoxifikálás történhet, amely létrejöhet fehérjék indukciója által, szerves savak lerövidülő metabolikus életidejével, valamint az *ABC*-traszporter ATP-áz enzimek aktív közreműködésével, illetve mindezen mechanizmusok együttes működtetésével egyaránt.

Kulcsszavak: Kocsis Zsuzsanna, Tarnóczai Tímea, Marcsek Zoltán, Major Jenő, arzén, citotoxicitás, antioxidáns-kapacitás, *CHO*-sejt

*

AFLATOXINTERMELŐ *ASPERGILLUS FLAVUS* TÖRZSEK MEGJELENÉSE MAGYARORSZÁGON, A TOXINTERMELÉS IGAZOLÁSA ANALITIKAI, GENETIKAI ÉS BIOLÓGIAI HATÁSMÉRÉSEN ALAPULÓ RENDSZEREKKEL

*Kukolya József,^a Sebők Flóra,^b Baka Erzsébet,^a Szécsi Árpád,^c Krifaton Csilla,^b
Kriszt Balázs^b és Dobolyi Csaba^b*

^aKözponti Környezet- és Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet, Budapest; ^bSzent István Egyetem, Gödöllő; ^cMTA ATK Növényvédelmi Intézet, Budapest

A globális klímaváltozás lehetővé teszi a melegkedvelő gombák eddigi elterjedési területein túli megjelenését, és így az általuk termelt mikotoxinok olyan takarmányokban és élelmiszerekben jelenhetnek meg, ahol ez idáig sohasem okoztak problémát. Az aflatoxintermelő penészgombáknál jól megfigyelhető ez a folyamat, melynek során a veszélyes toxint termelő törzsek egyre északabbra kerülnek kimutatásra.

A jelenséggel az utóbbi években Európa számos országában, így a hazánkkal határos Szerbiában, Szlovéniában, Horvátországban, Romániában és Ukrajnában is szembesülnünk kellett. Indokoltnak látszott tehát egy átfogó, Magyarország kukoricatermő területeire kiterjedő, az aflatoxint termelő penészgombák jelenlétét tisztázó, mikrobiológiai tenyésztésen és toxinkimutatáson alapuló vizsgálatsorozat elvégzése.

Az elmúlt években végzett, az ország fő gabonatermő vidékeiről származó, több mint száz független gabonaminta vizsgálata során a kukoricaszem-minták 65%-ából az *Aspergillus* nemzetség Flavi szekciójába tartozó izolátumokat tudunk kitenyészteni. Ezek kalmodulinszekvenciáinak analízisével megállapítottuk, hogy valamennyiük az *Aspergillus flavus* fajba sorolható. Steril kukoricaszemek laboratóriumi fertőzésével kimutattuk, hogy izolátumaink 19%-a idéz elő az Európai Unió határérték feletti ($5 \mu\text{g kg}^{-1}$, 165/2010/EU rendelet) aflatoxinszennyeződést a szemekben. ELISA módszerrel végzett méréseink eredményeit *HPLC-FLD* és *HPLC-MS* módszerekkel is alátámasztottuk. A legjelentősebb aflatoxin B1-termelő

Aspergillus a dél-dunántúli eredetű SZMC 20750 törzs volt, közel 5000 µg kg⁻¹ dózissal. Ez a kukorica szemtermésen produkált érték az élelmiszerekre megállapított határérték ezerszeres túllépését jelenti.

A klasszikus immunokémiai és analitikai vizsgálatokon túl *SOS-Chromotest* tesztekkel is alátámasztottuk a legjobb toxintermelő törzsek jelentős genotoxikus hatását. Az izolátumok aflatoxin B1-termelő képességének prognosztizálására a toxinszintézis kulcsenzimeinek jelenlétét igazoló PCR-technikát használtunk. Ennek során kimutattuk, hogy a *nor1*, *ver1* és *aflR* gén vagy gének hiánya az aflatoxintermelés megszűnésével jár együtt.

Az *Aspergillus flavus* fajnak és különösen aflatoxintermelő törzseinek Magyarországon történő ismételt előfordulása és egészségkockázatot jelentő toxintermelésének mértéke, melyre példa a tavalyi évben a hazai tejtermékekben jelentkező aflatoxin M1-szennyezés, indokoltá teszi az erre irányuló hazai vizsgálat sorozat folytatását, kiegészítve az aflatoxintermelő képesség felmérésével is.

Kulcsszavak: Kukolya József, Sebők Flóra, Baka Erzsébet, Szécsi Árpád, Krifaton Csilla, Kriszt Balázs, Dobolyi Csaba, klímaváltozás, kukorica, aflatoxin B1, *Aspergillus flavus*, molekuláris taxonómiai identifikáció, kalmodulin, ELISA, HPLC-MS, HPLC-FLD, *SOS-Chromotest*, PCR

*

FELSŐ-TISZA-VIDÉKI HOLTMEDREK SZENNYEZETTSÉGÉNEK FELMÉRÉSE VÍZ- ÉS ÜLEDÉKMINTÁK ALAPJÁN

Kundrát János Tamás,^a Gyulai István,^b Baranyai Edina,^c Hubay Katalin,^d Harangi Sándor,^a Balogh Zsuzsanna,^a Braun Mihály,^d Katona Bettina,^a Szabó Éva,^a Tóthmérész Béla^a és Simon Edina^a

^aDebreceni Egyetem, TTK, Ökológiai Tanszék, Debrecen; ^bDebreceni Egyetem, TTK, Hidrobiológiai Tanszék, Debrecen; ^cDebreceni Egyetem, TTK, Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék, Debrecen; ^dMTA ATOMKI, Hertelendi Ede Környezetanalitikai Laboratórium

A Felső-Tisza-vidéket az elhagyott folyómedrek, levágott kanyarulatok, időszakos és állandó vízzel borított mocsaras, lápos területek jellemzik. Legtöbbjük a folyószabályozás, a Tisza menti nagy kiterjedésű vadvízország eltűnése következtében jött létre.¹⁴ Növény- és állatviláguk az egykori folyó menti vizes élőhelyek gazdag élővilágának megmaradt, ide visszaszorult részei. Több ritka és védett faj szinte kizárólagos előfordulásának helyei, „szentély”-jellegű holtágak.¹⁵ Az élőlények biodiverzitását, életkörülményeiket negatívan befolyásolhatják a különböző antropogén hatások.¹⁶ A vizes élőhelyek minőségéről, változásairól fontos információt szolgáltatnak a vízkémiai és biológiai vizsgálatok.

A felszíni víz és a felszíni üledék, mint abiotikus indikátorok vizsgálata jelentősen hozzájárul a vízi ökoszisztéma szennyezettségi állapotának felméréséhez. A Felső-Tisza-vidéki holtmedrek közül öt holtmeder (Gyürei Holt-Tisza, Vargaszegi

¹⁴ Pálfi I. (2001) *Magyarország holtágai*. Közlekedési és Vízügyi Minisztérium, Budapest.

¹⁵ Dévai, Gy., Juhász-Nagy, P. & Dévai, I. (1992) *Acta biol. debrecina, Suppl. oecol. hung.* **4**: 13-28.

¹⁶ Koerselman, W., Van Kerkhoven, M. B. & Verhoeven, J. T. (1993) *Biogeochemistry* **20**: 63-81.

Holt-Tisza, Foltos-kerti Holt-Tisza, Boroszló-kerti Holt-Tisza és Lónyai morotva) víz és üledék kémiai vizsgálatát végeztük el. A vizsgált holtmedrek közül a Foltos-kerti Holt-Tisza és a Boroszló-kerti Holt-Tisza antropogén hatásoktól mentes. A vizsgált holtmedreken belül 7-11 mintavételi pontot jelöltünk ki a holtmedrek méretétől függően. A következő toxikus elemek koncentrációját vizsgáltuk mikrohullámú plazma atomemissziós spektrométerrel (*MP-AES*): Al, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb, Sr és Zn.

Főkomponens-analízist (*PCA*) alkalmazva az öt holtág elkülönül egymástól a víz fizikai-kémiai paraméterei és toxikuselem-koncentrációja alapján. Kisebbség átfedés tapasztalható a Boroszló-kerti Holt-Tisza és a Vargaszegi Holt-Tisza, illetve a Foltos-kerti Holt-Tisza és a Lónyai morotva között. Szignifikáns különbséget tapasztaltunk az Al, Cd, Fe, Mn, Pb és Sr koncentrációi alapján az egyes holtágak között. A Fe és Mn koncentrációja a Foltos-kerti Holt-Tiszában volt a legmagasabb, míg szignifikánsan magasabb Sr-koncentrációt tapasztaltunk a Gyürei Holt-Tisza és Lónyai morotvában. Az Al koncentrációja a Vargaszegi Holt-Tiszában, míg a Cd koncentrációja a Foltos-kerti Holt-Tiszában volt a legmagasabb. Az Pb-koncentráció a Gyürei Holt-Tiszában és a Lónyai morotvában volt a legmagasabb.

A felszíni üledékben mért toxikus fémek koncentrációja alapján a vizsgált holtmedrek teljes mértékben elkülönülnek egymástól a vízmintában mért koncentrációkhoz hasonlóan. Az antropogén tevékenységtől mentes Boroszló-kerti és a Foltos-kerti Holt-Tisza között tapasztaltunk kisebb átfedést. Míg az antropogén tevékenységgel terhelt Lónyai-morotva a Vargaszegi Holt-Tiszával mutat hasonlóságot. A toxikus elemek közül a Cu, Pb, Zn, Al, Fe, Mn és Sr koncentrációiban tapasztaltunk szignifikáns különbséget az egyes holtmedrek között. Szignifikánsan magasabb Cu- és Fe-koncentrációval jellemezhető a Foltos-kerti- és Boroszló-kerti Holt-Tisza. A Zn és Pb koncentrációja a Lónyai-morotvában, míg a Sr-koncentráció a Vargaszegi Holt-Tiszában volt a legmagasabb. Az Al-koncentráció a Boroszló-kerti Holt-Tiszában, a Mn-koncentráció pedig a Foltos-kerti Holt-Tiszában volt a legmagasabb.

A vízmintákra kapott eredményeinket az MSZ:12749-es szabványban¹⁷ található határértékekkel hasonlítottuk össze. A Gyürei Holt-Tisza Al-tartalma ($110 \pm 10 \mu\text{g l}^{-1}$, átlag \pm SE) alapján ($<200 \mu\text{g l}^{-1}$) jó kategóriába tartozik. A vízben mért Fe-koncentráció alapján a Boroszlókerti- és a Gyürei Holt-Tisza a szennyezett, a Foltos-kerti- és a Vargaszegi Holt-Tisza az erősen szennyezett osztályba tartozik. A Lónyai és Gyürei holtmedrek Pb-koncentráció alapján szennyezettek, míg a többi holtmeder állapota tűrhető. Az Egyesült Államok Környezetvédelmi Hivatala (*Environmental Protection Agency, EPA*) üledékre vonatkozó javasolt határértékei alapján az általunk vizsgált öt holtmeder toxikus elemtartalomra nézve a közepesen és erősen szennyezett tartományba esik.

Kulcsszavak: Kundra János Tamás, Gyulai István, Baranyai Edina, Hubay Katalin, Harangi Sándor, Balogh, Zsuzsanna, Braun Mihály, Katona Bettina, Szabó Éva, Tóthmérész Béla, Simon Edina, *MP-AES*, Al, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb, Sr, Zn

¹⁷ MSZ12749:1993 Felszíni vizek minősége, minőségi jellemzők és minősítés. 9. táblázat: Az MSZ 12749 számú magyar szabvány mutatócsoportjai.

KOMBINÁLT VEGYI HATÁSOK KÉMIAI BIZTONSÁGA

Major Jenő

Országos Kémiai Biztonsági Intézet, Budapest

A kémiai biztonság, mint a vegyi anyagok környezet- és ebből következő egészségkárosító hatásainak kivédésére szolgáló tevékenységek, intézmények és szabályozások összessége, a primer prevenció egyik leghatékonyabb eszköze. Hogy feladatát betölthesse, egyik elsődleges tevékenysége a vegyi anyagok toxikus hatásainak vizsgálata. A toxikológiai vizsgálatok, éppen a lehetőség szerint egyértelmű eredmények érdekében többnyire magas tisztaságú anyagokkal történnek, ugyanakkor a valóságban ilyen expozíciók alig fordulnak elő. Egyfelől magukban a kereskedelmi forgalomba kerülő termékekben is megjelennek szennyeződések, amelyek tulajdonságai jelentősen módosíthatják a termék toxicitását, másfelől az egyidejűleg vagy szukcesszíve történt kémiai expozíciók a szervezetben interferenciába kerülhetnek, és ez jelenleg alig ismert következményekkel járhat. Ennek során additív vagy szinergista hatások jelenhetnek meg, esetenként egyenként igen kis, toxicitást még nem mutató dózisokat is hatásossá téve.

A jelenség régóta jól ismert, egy jellemző kihasználása, pl. a daganatellenes gyógyszerkórtélok alkalmazása, ahol a többnyire mutagén, mégis különböző hatásmechanizmusú drogok összesített hatása jelentősen felülmúlja az egyes anyagok egyedi hatását. Általában azonban a kombinált hatások következménye nem ilyen pozitív. Az előadás során az intézetünk saját kutatási anyagából mutatok be erre példákat: alkiláló és döntően oxidatív hatásmechanizmusú mutagén hatás (etilén-oxid és ²²²Rn), műanyagipari kombinált expozíciók (akril-nitril és dimetilformamid), illetve fémek és oldószerek emberi egészségre gyakorolt hatásainak vizsgálatával.

A kombinált hatások kémiai biztonsága az utóbbi időben, a világban és az Európai Unióban is előtérbe került. Az *OECD* 2011-ben szervezett konferenciát a kombinált hatások expozícióbecslésével kapcsolatos kérdéseknek, és a *WHO* is lefektette az ilyen hatások vizsgálatával kapcsolatos kerettervezetet. Az EU-ban az *EFSA* többek között, már 2006-tól kezdődően, az élelmiszerekben kimutatható növényvédőszer-maradékok kumulatív expozíciójának becslését, illetve az esetleges következmények elhárítását hangsúlyozta. Az európai uniós kémiai biztonsági tevékenységeket koordináló *ECHA* is fokozott jelentőséget tulajdonít a kombinált hatások megfelelő vizsgálatának és az ezen alapuló hatékony szabályozásnak. Ennek keretében szükségessé válik a megfelelő módszertan kidolgozása, a *REACH* és a Vízkeret Irányelv integrációja, illetve a *REACH* és a *CLP* rendeletek megfeleltetése, Magyarországon pedig a megfelelő szakmai, illetve intézményi háttérkapacitások kialakítása.

Kulcsszavak: Major Jenő, additív, szinergista, etilénoxid, ²²²Rn, akrilnitril, dimetilformamid, *REACH*

NEM TOXIKUS ANYAGOK KÖRNYEZETI TOXIKUS HATÁSAI

Marcsek Zoltán

Országos Kémiai Biztonsági Intézet, Budapest

Életünk minden területén találkozunk vegyi anyagokkal. Ezeket direkt kiszórjuk a természetbe (pl. növényvédő szerek, biocidok, műtrágyák, termésnövelők), kiöntjük (pl. tisztítószer, háztartási fertőtlenítők), megesszük és kiürítjük (pl. gyógyszerek, ételszínezékek, tartósító szerek), használjuk majd eldobjuk (pl. műanyagok, impregnáló szerekkel, festékekkel, égésgátlókkal kezelt anyagok). A kikerült szennyezések jelentős részét „feldolgozza a természet”, azaz rövidebb-hosszabb idő alatt elbomlanak vagy – jó esetben – degradálja ezeket az élővilág. Megkülönböztető figyelmet igényelnek azok a vegyületek, amelyek nagyon stabil szintetikus kémiai szerkezettel rendelkeznek, és mivel nem fordulnak elő a természetben, biológiailag nem bonthatók.

Az élővilág a kikerülő szennyezések következtében exponálódik, ez lehet igen rövid ideig tartó akut kitettség, de lehet folyamatosan kibocsájtott szennyezés következtében krónikus expozíció is. A biológiai hatással rendelkező szintetikus anyagok (xenobiotikumok) befolyásolják az élő szervezetek működését, és ennek következtében a normálistól eltérő működések alakulnak ki. Igen sok, alacsony toxicitású szintetikus anyag nem mutat akut toxicitást, hanem az expozíció követően évekkel, évtizedekkel – esetleg a következő generációkban – jelentkezik hatása valamely ún. nem fertőző krónikus betegség képében. Sok xenobiotikum jellemzője az, hogy – mivel nincs természetes lebomlása – akkumulálódik a vízben, üledékben, talajban, élőlényekben. Ez elsősorban a zsírolékony, konjugált ciklusos vegyületekre jellemző.

A kialakuló hatások szempontjából vannak specifikus szervkárosító hatásúak, vannak daganatokat indukáló anyagok, vannak, amelyek az immunrendszert károsítják és vannak, amelyek a magasabb rendű szervezetek életét szabályozó (neuro-)endokrin rendszert, azaz az életfunkciók hormonális szabályozását befolyásolják, helytelen működéseket indukálnak. Ez utóbbiak összefoglaló neve az „endokrin diszruptor”, ezek azok az alacsony toxicitású anyagok, amelyek akár egyetlen esetben előfordult expozíciót követően is az egyed életminőségét és/vagy több generáció fejlődését, életét, életképességét meghatározhatják. Az „endokrin diszruptor” következményének tartjuk ma a folyamatosan csökkenő fajszámot, egyes fajok lokális kipusztulását, az ivari fejlődés rendellenességeit, életképességet csökkentő vázszerkezeti eltérések gyakoriságának növekedését, a zsírsanyagcsere felborulását, a *thyroid* hormon által szabályozott fejlődési folyamatok megzavarását. Emberben az összetett, endokrin háttérrel járó betegségek összefoglaló neve a „metabolikus szindróma”, melynek kezelése ma a világ egészségügyi ellátó rendszerének legtöbb anyagi forrását emészti fel.

A veszély megelőzésére – gondolkodó szkeptikusok szerint – már nincs lehetőségünk, mert korábban a környezetbe került nem lebomló vagy csak nagyon lassan bomló, bioakkumulálódó, az endokrin rendszert károsító anyagok hatására máris megkezdődött a bioszféra változása. Különösen fontos az, hogy az „endokrin

diszruptorok” hatását manifesztáló sejtmagi receptorok transzkripciós faktorok, ezek a DNS másodlagos módosításával, epigenetikai úton megváltoztatják egyes célsejtek génextpresszióját, amely változás több generáción keresztül fennmarad.

Kulcsszavak: Marcsek Zoltán, perzisztencia, krónikus betegségek, hormonmoduláns vegyületek

*

NEONIKOTINOID CSÁVÁZÓSZEREK MEGJELENÉSE A KUKORICA GUTTÁCIÓS FOLYADÉKÁBAN

Mörtl Mária, Juracsekné Nádasdi Judit, Cseresnyés Erika, Fekete Gábor, Fejes Ágnes, Kereki Orsolya és Székács András
Központi Környezet- és Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet, Budapest

A neonikotinoidok ma a világon leginkább használt rovaölő szerek, melyek csávázószerként való felhasználása is jelentős. Felszívódó hatású szerként megjelennek a növényi nedvben, perzisztenciájuknak köszönhetően felhalmozódnak a talajban, és jó vízdoldhatóságuk miatt felszíni vizek szennyezőiként is detektálhatók.¹⁸ A xilemedv eredetű guttációs folyadék, ami az egyes növények leveleinek csúcán vagy szélén választódik ki, újabb vizsgálatok szerint¹⁹ tartalmazza a neonikotinoid hatóanyagokat is a méhekre veszélyes koncentrációban. A veszélyekre tekintettel az EU felfüggesztette a szerek engedélyét és további vizsgálatokat tart szükségesnek.

Jelenlegi munkánkban két hatóanyag (*thiamethoxam* és *clothianidin*) felszívódását és megjelenését vizsgáltuk a kukorica guttációs cseppjeiben különböző körülmények között. Négy különböző kísérleti ültetvényen gyűjtöttük a guttációs cseppeket a levelek csúcásáról és két ültetvényen a levélkorona közepéről is. A leghosszabb mintázást mintegy két hónapig végeztük a félszabadszabvány területen. A hatóanyagok koncentrációját folyadékkromatográfiás elválasztást követő UV detektálással határoztuk meg.

Tapasztalataink szerint a guttációs folyadékban mérhető hatóanyag-tartalom számos olyan tényező függvénye, amelyek akár a felszívódásra, akár a cseppek párolgására befolyással bírnak. Laboratóriumi körülmények között tartott kukoricáknál a kezdeti 160 ppm feletti értékről gyorsan lecsökkent a *clothianidin* koncentrációja a levélszélekről gyűjtött cseppekben, míg a szabadban nevelt növények esetében a csökkenő tendencia mellett erősen ingadozik a koncentráció, és valamivel kisebb maximális értékeket mértünk. A levelek közepéről vett mintákban mindig jóval kisebb koncentráció volt mérhető, és az ingadozás is mérséklődött. Különösen aggasztó, hogy a félszabadszabvány körülmények között végzett kísérletben még az ültetés utáni 56. napon is a levelek széléről gyűjtött cseppekben 371 ng ml⁻¹, míg a közepéről gyűjtött cseppekben 65 ng ml⁻¹ *clothianidin* volt mérhető. Ez

¹⁸ Goulson, D. (2013) *J. Applied Ecology* **50** (4): 977-987.

¹⁹ Girolami, V., Mazzon, L., Squartini, A., Mori, N., Marzaro, M., di Bernardo, A., Greatti, M., Giorio, C. & Tapparo A (2009) *J. Econ. Entomol.* **102** (5): 1808-1815.

mindenképp azt jelzi, hogy a méhek esetében is a hosszú távú kitettséggel kell számolni.

Tenyészedényes kísérletünkben a *clothianidin* koncentrációja a cseppekben rendre jóval nagyobb volt, mint az azonos körülmények között nevelt *thiamethoxam* hatóanyagú készítménnyel csávázott kukorica esetében. Ugyanolyan magokat elvetve, a szántóföldi kultúránál éppen ellenkező volt az arány, ami arra utal, hogy a termőföld és annak vízellátottsága is erősen befolyásolja a mérhető növényvédőszer-szinteket. Hasonlót tapasztaltak Tapparo és munkatársai is az üvegházi és a szántóföldi eredményeiket összevetve.²⁰

Mivel a *clothianidin* egyben a *thiamethoxam* bomlásterméke is, az utóbbival kezelt kukoricáknál mindkét hatóanyag kimutatható a guttációs folyadékból, amit a toxicitás szempontjából figyelembe kell venni. Méréseink szerint a *clothianidin* aránya a *thiamethoxam*-hoz képest egyre nő, majd állandósul az ültetés utáni 20. nap táján, amikor is a teljes neonicotinoid-tartalomnak mintegy 30 százalékát teszi ki a *clothianidin*.

A meteorológiai paraméterek közül a relatív páratartalom hatása, illetve az esetleges szélmozgás meghatározó. A hőmérséklet hatása kevésbé tűnik jelentősnek a kialakuló koncentrációk tekintetében, bár a cseppek bepárlódásának időpontját némileg befolyásolja. A méhek a bepárlási maradékkal érintkezhetnek, azt a kaptárba bevihetik, így további hatásnak tehetik ki a kolóniát.

Összegezve a tapasztalatainkat, a koncentráció változásának dinamikája különböző volt az egyes kísérletekben, ugyanakkor az megállapítható, hogy a hatóanyagok a guttációs cseppekben biztosan jelen vannak több mint egy hónapig. Mivel ezen hatóanyagok méhekre rendkívül toxikusak (*clothianidin*-re az akut orális toxicitás 2-2,5 ng/méh tt. g, kontakt toxicitás 11-27,5 ng/méh tt. g), a növényi guttációs folyadékon keresztüli kitettség hosszú távon gyengítheti a kolóniákat.

Kulcsszavak: Mörzl Mária, Juracsekne Nádasi Judit, Cseresnyés Erika, Fekete Gábor, Fejes Ágnes, Kereki Orsolya, Székács András, neonicotinoidok, *thiamethoxam*, *clothianidin*, guttáció

*

MAGYARORSZÁG ATRAZINE-FELHASZNÁLÁSÁNAK ELEMZÉSE

Pethő Ágnes

Nemzeti Élelmiszer-lánc Biztonsági Hivatal, Növény- és Talaj- és Agrárkörnyezet-védelmi Igazgatóság

Az *atrazine* hatóanyag a világ növényvédő szer piacán páratlan anyagi sikert hozott a növényvédőszer-gyártóknak, és hatékony gyomirtó szerként egyike volt a legnépszerűbb herbicideknek. Az Egyesült Államokban a mai napig engedélyezett. Az Európa Közösség növényvédőszer-felülvizsgálata során a hatóanyag mégis 2004-ben visszavonásra került a közösség tagállamaiból (2004/248/EK irányelv). Hazánk a 2004-es uniós csatlakozás során „nélkülözhetetlen használat” (*essential*

²⁰ Tapparo, A., Giorio, C., Marzaro, M., Marton, D., Soldà, L. & Girolami, V. (2011) *J. Environ. Monitor.* **13** (6): 1564-1568.

use) címen húsz *atrazine*-tartalmú készítmény alkalmazására kért és kapott engedélyt 2007. június 30-ig, azóta a hatóanyag hazánkban sem engedélyezett.

Az *atrazine* a klórszubsztituált triazin típusú herbicidek közé sorolható fitotoxikus növényvédő szer (2-klór-4-etil-amino-6-izopropil-amino-1,3,5-triazin), amely a fotoszintézis gátlása révén hat. Elsősorban magról kelő kétszikű gyomok ellen használták, főleg kukoricában szelektív gyomirtóként.

Az uniós visszavonás oka az *atrazine* világméretű környezeti szennyezése. Az *atrazine* vízszennyező volta, valamint hormonrendszert károsító hatása miatt veszélyes. Gyenge vízdékonysága és kémiai stabilitása miatt, nagy dózisu alkalmazása során szermaradéka a kezelt talajokban a vegetációs perióduson túl is fennmaradhatnak, és alkalmazása a talaj mikroorganizmusait is károsítja, gyengítve ezzel a talaj újraépülését. Anaerob viszonyok között az *atrazine* bomlása leáll, ami segíti feldúsulását. A szárazság, az alacsony hőmérséklet és az alacsony szervesanyag-tartalom tovább fokozza az *atrazine* perzisztenciáját. E tényezők együttesen eredményezik erős talaj- és vízszennyező hatását.

A hazai növényvédőszer-gyártó cégek (BVM, Nitrokémia) a kémiai növényvédelem hőskorában (az 1960-as évektől) ráálltak az *atrazine*-tartalmú növényvédő szerek behozatalára, majd gyártására. A klórozott szénhidrogén-tartalmú szerek (*DDT*, *lindane* stb.) idején (1962 és 1972 között) is rendszeresen alkalmazták. A *DDT*-tartalmú készítmények visszavonását (1968) követő tíz év során csaknem tízszeresére emelkedett felhasználásuk. Kezdetben csak tiszta hatóanyagként, de 1970-től már a *fenteracol* (hazai neve *klorinol*) hatóanyaggal együtt került a piacra a BUVINOL nevű készítményben. Az *atrazine*-tartalmú készítmények többsége hazai gyártású volt, bár külföldről jelentős mennyiségű alapanyagot hoztak be. A 90-es évektől megjelenő nemzetközi cégek hazai képviseletei (Monsanto, Syngenta, Agan, BASF) maguk forgalmazták termékeiket. Az ezredforduló után a globális cégek egy tucat új *atrazine*-tartalmú készítményt dobtak piacra. Valószínűleg a hatóanyag uniós jelölésekor abban a reményben fejlesztették ki az új készítményeket, hogy az *atrazine* fennmarad az engedélyezett listán. Miután ez nem sikerült, 2004-2005 során hazánkban is visszavontuk az engedélyeket, de 2007 közepéig felhasználhatóak maradtak a meglévő készletek.

A hazai *atrazine* felhasználásának 48 éve során, a forgalmazott *atrazine*-tartalmú készítmények a teljes növényvédőszer- felhasználás (2260439 tonna) 6,2%-át tették ki, ami tekintettel a hatóanyagok széles skálájára, meglehetősen magas aránynak számít. Az *atrazine*-tartalmú szerek (144741 tonna) a többi herbicid arányában a gyomirtó készítmények 13%-át adták. Ez a magas arány világosan tükrözi a gyomirtásban az *atrazine* jelentőségét.

A Magyarországi területén alkalmazott *atrazine*-tartalmú növényvédő szerekben levő hatóanyag össz mennyisége: 55041 tonna, ami átlag 38%-os *atrazine*-tartalmat jelent. A kezdetben használt *atrazine*-tartalmú növényvédő szerek sokkal töményebbek voltak. 1960-1970 évek között átlag 79% volt az *atrazine*-tartalmuk, bár ekkor még felfutóban volt értékesítésük. Az 1971-1980 közötti évtizedre az *atrazine*-tartalmú készítmények felhasználása csaknem meghétszereződött, a szerek *atrazine*-tartalma azonban átlag 31%-ra csökkent. A hetvenes években a kivont *POP*-tartalmú növényvédő szereket részben a triazin herbicidekkel pótolták. Az *atrazine*-tartalmú szerek fokozott mértékű felhasználása elősegítette a

triazinrezisztencia kialakulását. Bár az 1980-as évekre felére csökkent a felhasznált készítmények mennyisége, még mindig igen jelentős volt alkalmazásuk, és érdekes módon a készítmények átlag *atrazine*-tartalma ismételtelen emelkedett 41%-ra. A 90-es évekre közismertté vált az *atrazine* felszíni vizeket és a talajvizet károsító hatása és lassú lebomlása, amely miatt felkerült az ún. „Vörös listára”. Ez közrejátszott az 1991-2000 közötti periódusban az *atrazine*-tartalmú szerek értékesítésének visszaesésében, bár a készítményeik *atrazine*-tartalma nem mutatott jelentős csökkenést (39%). A 2001-2007 közötti években bár ismét csaknem megfeleződött a készletek értékesítése, de a szerek hatóanyag-tartalma alig csökkent (34%). Mivel Magyarország a „nélkülözhetetlen használati” engedély révén 2007-ig kapott haladékot a meglévő készletek értékesítésére, 2008-tól már sem értékesítési, sem felhasználási adatokat nem találtunk. Viszont azt is elmondhatjuk, hogy nálunk a „nélkülözhetetlen használat” miatt az utolsó évig is (2007) a legváltozatosabb neveken és viszonylag nagy tételben dobták piacra a növényvédőszer-gyártó nagyvállalatok maradék készleteiket. Amit Európa többi tagállamában már nem adhattak el, azt nálunk értékesítették.

Kulcsszavak: Pethő Ágnes, *atrazine*, triazin, *essential use*

*

HORMONTERHELTSÉG FELMÉRÉSE A BALATON ÉS A ZALA VÍZGYŰJTŐJÉBEN MODERN TÖMEGSPEKTROMETRIAI (MALDI MS, LC-ESI MS) MÓDSZEREKKEL

*Pirger Zsolt,^{a,b} Takács Péter,^a Erős Tibor,^a Márk László,^b Avar Péter^b
és Maász Gábor^b*

^aBalaton Limnológiai Intézet, Ökológiai Kutatóközpont, Magyar Tudományos Akadémia, Tihany;

^bBiokémiai és Orvosi Kémiai Intézet, Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar, Pécs

Az ivóvízkészlet tisztaságának megóvása kiemelt feladat világszerte. A napjainkban alkalmazott, Európai Szabványok szerint működő többlépcsős szennyvíztisztítási technológiák számos természetes és mesterséges hatóanyagot nem képesek eltávolítani a tisztítási eljárások során. Így ezek a hatóanyagok akár a kibocsátott tisztított szennyvízzel a felszíni vizekbe jutva, akár a hulladéklerakókból vagy termőföldekre kihelyezett szennyvíziszapból, állati trágyákból kimosódva, komoly szennyező hatással bírnak. A relatív kis koncentrációjú hatóanyagok hatásuk alapján a toxikus gyógyszermaradványok (pl. zsíryanycsere-szabályozók, béta-blokkolók, fájdalomcsillapítók), a rezisztenciát kialakító gyógyszermaradványok (pl. antibiotikumok) és a hormonműködésre hatók csoportjába sorolhatók.

A tisztított szennyvízből az élővizeinkbe kerülő gyógyszerkészítmények, hormonok hatással lehetnek egyed szinten a vízben élő szervezetekre, rendszer szinten a táplálékláncokra.²¹⁻²² Az élő szervezetek hormonháztartását befolyásoló

²¹ Colborn, T., Vom Saal, F. S. & Soto, A. (1993) *Environ. Health Perspect.* **101** (5): 378-384.

endogén diszruptorok három csoportba sorolhatók: fitoösztrogének, szintetikus xenoösztrogének és az emberi vagy állati eredetű szteroidhormonok. A szteroidhormonok családjába tartoznak a természetes ösztrogének (ösztradiol, ösztron, ösztriol), a progeszteron és az androgének (pl. tesztoszteron). A természetbe kijutó szteroidok egy részét az emberi és állati endokrin folyamatok bomlástermékei, míg más részét, az orális fogamzásgátló tabletták hatóanyagának bomlástermékei, az ösztrodiol szintetikus formája az etinil-ösztrodiol adja.²³ A hormonok és hormonszármazékok biológiai lebontása általában lassú a stabil, többgyűrűs szteránváz és az esetleges xenofor csoportok miatt, így azok bioakkumulálódnak. A víztestekben akkumulálódó természetes és szintetikus hormonok már kis koncentrációban (ng l^{-1}) változásokat idézhetnek elő az egyébként stabil ökoszisztémákban. Drasztikus változásokat okoznak az arra érzékeny halak, kétéltűek, puhatestűek, ízeltlábúak, primitív táplálékszervezetek endokrin szabályozásában, reprodukív rendszerében, megzavarva az egyes fajok populációdinamikáját. Az ökoszisztémába bekerülő szteroidok utánozzák és antagonizálják az endogén hormonok (ösztrogének, progeszteron, androgének) hatását, megváltoztatják a természetes hormonok metabolizmusát és szintézisét, valamint módosítják a hormonreceptorok szintjét.

Ugyanakkor, Magyarország vizeiben ez idáig természetes és szintetikus hormonok mennyiségi analízisét átfogóan nem vizsgálták. Célunk volt tehát, hogy modern tömegspektrometriai mérőműszerek felhasználásával kimutassuk a Balaton és a Zala vízgyűjtőjének lehetséges hormonterheltségét. 71 előzetesen meghatározott mérési ponton gyűjtöttük a vízmintákat a vízgyűjtő területen és a Balatonban. Párhuzamosan felmértük az adott víztest halállományát is a hormontartalom és a halgazdagság összefüggéseinek későbbi meghatározása céljából. A vízminták eddigi vizsgálata során a progeszteron- és tesztoszteron-hormonszennyezések mennyiségi mérését végeztük el. A progeszteronterheltség mennyiségi viszonyai változatos eloszlást mutattak *LC-ESI MS* méréseinkben, 2-81 ng l^{-1} koncentrációtartományban mozogva. Kiugró értékeket főleg a Balaton déli partjának vízgyűjtő területéről regisztráltunk. A tesztoszteron mennyisége alacsonyabb értékek között mozgott, mint a progeszteroné. Átlagosan 45 ng l^{-1} koncentrációt mértünk. Felméréseink folyamatban vannak, de az már most megállapítható, hogy a Dunához, a Velencei-tóhoz hasonlóan a Balaton is jelentős hormonterhelést kap vízgyűjtő területéről. Jelenlegi megfigyeléseink alátámasztják korábbi méréseink eredményeit is.²⁴

Kulcsszavak: Pirger Zsolt, Takács Péter, Erős Tibor, Márk László, Avar Péter, Maász Gábor, Balaton, hormonszennyezés, tesztoszteron, progeszteron



²² Toppari, J., Larsen, J. C., Christiansen, P., Giwercman A., Grandjean, P., Guillette, L. J., Jégou, B., Jensen, T. K., Jounnet, P., Keiding, N., Leffers, H., McLachlan, J. A., Meyer, O., Müller, J., Rajpert-De Meyts, Scheike, T., Sharpe, R., Sumpster, J., Skakkebaek, N. E., (1996) *Environ. Health Perspect.* **104** (4): 741-803.

²³ Snyder, S. A., Westerhoff, P., Yoon, Y. & Sedlak, D. L. (2003) *Environ. Engineering Sci.* **20** (5):449-469.

²⁴ Pirger Z., Kiss T., László Z., G-Tóth L., Váczy A. és Márk L. (2010) *Hidrologiai Közlemény* **90** (6):117-119.

A ZEARELENON BIODETOXIFIKÁCIÓJA *RHODOCOCCUS* TÖRZSEK SEJTMENTES KIVONATAIVAL

Risa Anita,^a Krifaton Csilla,^a Cserhádi Mátyás,^a Kukolya József^b és Kriszt Balázs^a

^aSzent István Egyetem, Gödöllő; ^bKözponti Környezet- és Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet, Budapest

A zearalenon (ZEA) a *Fusarium* gombafajok által termelt mikotoxin, mely gabonanövényeket, elsősorban a kukoricát és a búzát fertőzi. Mindezek ismeretében a mikotoxinok eliminálása az élelmiszerekből és a takarmányokból egyre sürgetőbb feladattá vált, hiszen a ZEA természetes ösztrogénhez hasonló hatása révén reprodukciós és szaporodásbiológiai zavart okoz a haszonállatokban és az emberekben egyaránt. A mikotoxin eltávolításra az egyik legmegfelelőbb megoldást a biodetoxifikáció jelenti, melynek során mikroorganizmusok vagy enzimek végzik a mikotoxinok lebontását.

Korábbi kutatás során már elemeztük a ZEA biodegradációját, melynek szűrővizsgálataihoz sikeresen alkalmaztuk a *Saccharomyces cerevisiae* genetikailag módosított *BLYES/BLYR* törzseinek fénykibocsátásán alapuló bioripporter rendszert. A biológiai hatáselemzés eredményeit kémiai analitikával (*HPLC-FLD*) és immunanalitikával (*ELISA*) is alátámasztottuk. A három módszer előnyeit magába foglaló komplex elemzés szerinti legígéretesebb törzseknek a *Rhodococcus* nemzetség tagjai bizonyultak.

Kutatásaink jelentőségét bizonyítja, hogy az Európai Élelmiszerbiztonsági Hivatal (*EFSA*) elfogadott egy listát a biztonságosnak minősített (*QPS – Qualified Presumption of Safety*) mikroorganizmusokról. Az *EFSA* ajánlása szerint a listán szereplő mikroorganizmusok alkalmazhatóak a takarmány- és élelmiszerláncban. A *Rhodococcus* nemzetség tagjai ugyan nem szerepelnek a *QPS* listán, de enzimalapú preparátumok alkalmazása sikeres megoldást jelentene a mikotoxinok eliminációjára.

Jelen kutatásunkban *Rhodococcus* fajok extracelluláris kivonataival dolgoztunk, hogy fényt derítsünk a ZEA biodetoxifikációjában résztvevő enzimatis folyamatokra. A felszaporított sejtszuszpenziót szétválasztottuk, majd a továbbiakban csak a sejtmentes extraktummal dolgoztunk, melyet $1 \mu\text{g ml}^{-1}$ végkoncentráció eléréséig ZEA mikotoxinnal szennyeztünk. Ezt követően a ZEA-t tartalmazó extracelluláris kivonatokot 7 napig, 28°C -on inkubáltuk, és 24 óránként mintáztuk a biodegradáció nyomon követése érdekében. Az enzimek indukált vagy konstitutív termelésének felderítésére a törzsszuszpenziókat a szétválasztás előtt ZEA-val vagy anélkül szaporítottuk. További kísérleteket folytattunk, az extra- és intracelluláris enzimek vizsgálatára, így a mintákat kétféle módon kezeltük: (i) az extracelluláris enzimeket felülúszó mintában vizsgáltuk; (ii) az intracelluláris enzimek hozzáférhetősége érdekében a felszaporított sejtszuszpenzióból ultrahangos feltárás után nyertük ki a sejtmentes extraktumot.

Kísérleteink során a vizsgált törzsek nem igényeltek a ZEA sikeres biodegradációjához előinkubációt, így nagy valószínűséggel a ZEA bontásáért felelős enzimek konstitutív módon termelődnek. Bontási kísérletünkben az ultrahangos feltárással nem kezelt szuszpenzióból készített felülúszó folyadékban nem volt mérhető biodegradáció; a roncsoláson átesett sejteknél viszont több törzs

kivonata is képes volt a hormonhatást csökkenteni. Eredményeink igazolják, hogy a ZEA degradációjáért konstitutívan termelődő, intracelluláris enzimek felelősek.

Köszönetnyilvánítás: Kutató Kari Kiválósági Támogatás – *Research Centre of Excellence* – 17586-4/2013/TUDPOL, TÁMOP-4.2.1B-11/2/KMR-2011-0003, The Tennessee University (Knoxville, Tennessee).

Kulcsszavak: Risa Anita, Krifaton Csilla, Cserháti Mátyás, Kukolya József, Kriszt Balázs, zearalenon, biodetoxifikáció, *Saccharomyces cerevisiae* BLYES/BLYR, *Rhodococcus*, sejtmentes kivonat, enzimátikus folyamatok

*

ZNO NANORÉSZECSKÉK TALAJLAKÓ FONÁLFÉRGEKKEL VALÓ KÖLCSÖNHATÁSÁNAK VIZSGÁLATA

Sávolgy Zoltán,^a Hrács Krisztina,^b Horváth Boglárka,^b Nagy Péter István^b
és Záray Gyula^a

^aEötvös Loránd Tudományegyetem, Analitikai Kémiai Tanszék, Budapest;

^bSzent István Egyetem, Állattani és Állatökológiai Tanszék, Gödöllő

A szabadon élő fonálférgék fontos résztvevői tudományos kutatásoknak: ökotoxikológiai vizsgálatok tesztállatai, potenciális bioindikátorok, továbbá bizonyos fajok modellszervezetként való alkalmazhatóságuknak köszönhetően biológiai és biokémiai folyamatok tisztázásának kulcsszereplői. Modern mikroanalitikai technikák lehetővé teszik különböző szennyezéseknek kitett fonálférgék egyed szintű vizsgálatát.²⁵ Vizsgálható az elemtartalom mellett az egyes szennyezők eloszlása, speciációja. Napjainkban a nanorészecskék felhasználása egyre növekszik széleskörű alkalmazási lehetőségeiknek köszönhetően. Káros hatással lehetnek azonban mind a környezetre, mind pedig az emberi egészségre. Ökotoxikológiai vizsgálatuk ezért elengedhetetlen.²⁶ Kutatásaink során ZnO nanorészecskék felvételét és a cink eloszlását és speciációját vizsgáltuk talajlakó fonálférgékben pásztázó elektronmikroszkópia (*SEM*), fókuszált ionsugár (*FIB*), elektronsugaras mikroanalízis (*EPMA*) és röntgenabszorpciós spektrometria (*XANES*) segítségével.

A folyékony nitrogénben történő gyorsfagyasztást követő liofilizálás megfelelő mintaelőkészítési módszer fonálféreg-minták elemeloszlási²⁷ és XANES²⁸ vizsgálatára, ezért mindkét típusú vizsgálat során azt alkalmaztuk. Az állatok kezelése 50 mg l⁻¹ koncentrációjú nano-, illetve nagyszemcsés ZnO-szuszpenziókkal történt. A szuszpenziókat a 24 óráig tartó kezelése megkezdése előtt fél óráig szonikáltuk. A szuszpenziók fizikai és kémiai jellemzésére különböző műszeres módszereket alkalmaztunk (pásztázó és pásztázó transzmissziós elektronmikroszkópia, dinamikus fényszóródás mérés, röntgen-diffrakció, oldott

²⁵ Sávolgy, Z., Nagy, P. I., Havancsák, K. & Záray, Gy. (2012) *Microchemical Journal* **105**: 83-87.

²⁶ Ma, H., Williams, P. L. & Diamond, S. A. (2013) *Environmental Pollution* **172**: 76-85.

²⁷ Sávolgy, Z., Nagy, P. I., Varga, G., Havancsák, K., Hrács, K. & Záray, Gy. (2013) *Microchemical Journal* **110**: 558-567.

²⁸ Sávolgy, Z., Pepponi, G., Nagy, P. I., Strelci, C., Buzanich, G., China-Cano, E. & Záray, Gy. (2013) *X-Ray Spectrometry* **42**: 321-329.

cink mennyiségének meghatározása totálreflexiós röntgenfluoreszcens spektrometriával). A XANES spektrometriai vizsgálatokat a *Helmholtz Zentrum Berlin BESSY II* szinkrotronjának *MySpot* nyalábján végeztük. A férgeket három helyen (fej, testközép és farok környéke) vizsgáltuk kb. 300 μm átmérőjű, kör alakú nyaláb segítségével. Szilárd referenciavegyületek és vizes oldatokból készített komplexek XANES spektrumait is felvettük, a mintákból mért spektrumokat ezek lineáris kombinációjával illesztettük. A liofilizált fonálférgeket a XANES vizsgálatok elvégzése után szénszalagra helyeztük majd *FEI Quanta 3D* készülékkel vizsgáltuk. Mindkét kezelés esetén bemetszést végeztünk az állat feji vége közelében *FIB* technika segítségével. A keresztmetszetekben elemeloszlási térképeket vettünk fel (128 x 100 képpont, 2s tartózkodási idő, összesen kb. 7 óra mérési idő). Az elemeloszlási térképek egyszínűek (*RGB* térkép) voltak, bizonyos elemek eloszlása közti korreláció vizsgálata érdekében az adott elemekhez tartozó térképeket összeadtuk, a keverékszín megjelenése ezen elemek együttes előfordulására utal az adott pozícióban.

A XANES spektrumok illesztése alapján megállapítható, hogy az állat fejében megtalálható a ZnO függetlenül a kezelőszer típusától (nagyszemcsés vagy nano), a testközépnél csak a nagyszemcsés kezelés esetén, míg a farokban egyik esetben sem. Mindkét minta esetén, mindhárom vizsgált pozícióban az illesztés főkomponense a cink-foszfát volt. A *SEM-FIB* vizsgálatok eredménye alapján megállapítható, hogy a ZnO nagy része bejut az állat testébe mindkét kezelés esetén, a *SEM* képen az állat külső felszínén csak elvéve találhatók részecskék. Bár jelen van a ZnO is az állat testében, nagy része (>60%) biotranszformációt szenved el, és főként foszfortartalmú ligandumokhoz kötődik. A cink eloszlása korrelációt mutat a kalcium és a foszfor eloszlásával a nagyszemcsés és a nano-ZnO-szuszpenzióval kezelt állat esetén is. A nano-ZnO-szuszpenzióval kezelt állatnál a belső régiókban található egy cinkben gazdag terület, ahol a kalcium, foszfor és kén esszenciális elemek közül egyik sem mutat dúsulást.

A kutatást a TÁMOP-4.2. 1.B-11/2/KMR-2011-0003 sz. projekt támogatta.

Kulcsszavak: Sávolgy Zoltán, Hrács Krisztina, Horváth Boglárka, Nagy Péter István, Záray Gyula, ZnO nanorészecskék, elemeloszlás, speciáció, röntgenabszorpciós spektrometria, elektronsugaras mikroanalízis



Gyékényből készült kasok – fotó: Darvas Béla[©]

A MAGYARORSZÁGI CSAPVIZEK ÓLOMTARTALMA, AZ ÓLOMTARTALOM FELMÉRÉSÉRE SZOLGÁLÓ SPECIÁLIS MONITOROZÁSI RENDSZER BEMUTATÁSA

*Sebestyén Ágnes,^a Borsányi Mátyás,^{a,b} Molnár Erzsébet,^{c,d} Vargha Márta^a
és Dura Gyula^a*

^aOrszágos Környezetegészségügyi Intézet, Budapest; ^bOrszágos Tisztifőorvosi Hivatal, Budapest; ^cÓbudai Egyetem, Budapest; ^dNemzeti Munkaügyi Hivatal, Munkahigiénés és Foglalkozás-egészségügyi Főosztály, Budapest

Az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről szóló 201/2001. (X.25.) Kormányrendelet a 98/83/EK európai uniós irányelvvel összhangban az ólom ivóvízben mérhető koncentrációjának rendszeres ellenőrzését is előírja. Az ivóvíz ólomtartalmára vonatkozó, jelenleg érvényes ideiglenes határérték $25 \mu\text{g l}^{-1}$, amely határérték 2013. december 25-én $10 \mu\text{g l}^{-1}$ értékre változik. Hazánkban az ivóvíz ólomtartalma szinte kizárólag a vízzel érintkező szerkezeti anyagokból származik, ezen belül is a fő forrás a régi városmagok ivóvízelosztó hálózatában, valamint a régi épületek belső hálózatában még ma is sok helyen jelen lévő ólomcsövek. A jelenleg alkalmazott monitorozási rendszer az ivóvíz minőségi követelményeinek történő megfelelést igazol. Erre a rendszerre alapuló országos adatbázisban található ólomtartalomra vonatkozó adatok értékelését 2011. és 2012. évre vonatkozóan az 1. táblázat mutatja. A megfelelési monitorozási értéktől eltér mind mintaszámban, mind a mintavételi helyek kiválasztásának szempontjait tekintve a speciális, feltáró monitorozási rendszer, amelynek célja, hogy meghatározzuk egy adott területen problémát jelent-e az ivóvíz ólom tartalma.

1. táblázat: A csapvizek ólomtartalma az országos ivóvíz-minőségi adatbázis alapján

	2011	2012
Mérések eredmények száma	1551 db	1788 db
Eredmények átlaga	$1,29 \mu\text{g l}^{-1}$	$1,63 \mu\text{g l}^{-1}$
Legnagyobb érték	$64 \mu\text{g l}^{-1}$	$102 \mu\text{g l}^{-1}$
$>25 \mu\text{g l}^{-1}$	5 db (0,32%)	3 db (0,17%)
$>10 \mu\text{g l}^{-1}$	33 db (2,13%)	23 db (1,29%)

Az Országos Környezetegészségügyi Intézet jelenleg is kutatást folytat a 30 évnél régebbi épületekben található lakások, illetve gyermekintézmények (bölcsődék, óvodák) csapvizében az ólomtartalom mintázására és vizsgálatára vonatkozóan. Mintavételi módszerként előzetes folytatás nélkül vett csapnyitási mintát (RDT), illetve 0,5-1 perc folytatás után vett kifolyatott mintát (FF) vettünk, illetve ahol lehetőség volt rá, vízmintát vettünk a vízi közművek vízátadási pontjához legközelebbi mintavételi csapból is (udvari csap, pincében található csap). A kutatás célja az, hogy felhívjuk a figyelmet arra, hogy hazánkban is bizonyos területeken problémát jelent a csapvizek ólomtartalma, és szükség lenne a feltáró monitorozás bevezetésére. A vizsgálatainknál a feltáró ólom monitorozás elveit vettük figyelembe. A mintavételi helyek számát, illetve az ivóvíz ólomtartalmára vonatkozó eredmények összefoglalását a magánlakások, illetve gyermekintézmények esetén a 2. táblázat mutatja.

2. táblázat: A csapvizek jellemző ólomtartalma az Országos Környezetegészségügyi Intézet vizsgálatai alapjánⁱⁱ

	Budapesti magánlakások	Budapesti gyermekintézmények
Mérések eredmények száma	33 db (72 db ⁱⁱⁱ)	11 db (23 db ⁱⁱⁱ)
Legnagyobb érték	171 µg l ⁻¹	23,9 µg l ⁻¹
>25 µg l ⁻¹	13 db	0 db
>10 µg l ⁻¹	17 db	2 db

Megjegyzések: ⁱAmennyiben a csapnyitási vagy folyatott vízminta ólomtartalma meghaladta a határértéket, a lakás csapvizének ólomtartalmára jellemző értékét határérték felettinek tekintjük; ⁱⁱA vízminták vizsgálata jelenleg még folyamatban van, a táblázat az 2013. október 22-i állapotot mutatja; ⁱⁱⁱ2013. október-november időszakban tervezett összes mintavételi hely számával kiegészítve;

Az országos ivóvíz-minőségi adatbázisban található eredmények alapján megállapítható, hogy az ivóvíz ólomtartalmára vonatkozó meg nem felelőség 1-2% körüli. A felhívó jellegű vizsgálati eredmények alapján a 30 évnél régebben épült épületekben található lakások kb. fele esetén az ivóvíz ólomtartalma jellemzően 10 µg l⁻¹ feletti. A jelenleg rendelkezésünkre álló eredmények alapján nehezen becsülhetők az ólomtartalmú ivóvízzel érintett területek, és az ivóvíz ólomtartalmának kitett populáció nagysága. Ennek becsléséhez szükséges a speciálisan az ivóvíz ólomtartalmának felmérésére szolgáló monitorozás megvalósítása legalább 15 reprezentatívnek tekinthető mintaterületen.

Kulcsszavak: Sebestyén Ágnes, Borsányi Máttyás, Molnár Erzsébet, Vargha Márta, Dura Gyula, ólom, ivóvíz, nehézfém

*

DEBRECEN LÉGSZENNYEZETTSÉGÉNEK BECSLÉSE LEVÉLMINTÁK ALAPJÁN

*Simon Edina,^a Baranyai Edina,^b Braun Mihály,^c Cserhádi Csaba,^d Fábíán István^b
és Tóthmérész Béla^a*

^aDebreceni Egyetem, Ökológiai Tanszék, Debrecen; ^bDebreceni Egyetem, Szervetlen-és Analitikai Kémiai Tanszék, Debrecen; ^cMTA ATOMKI Hertelendi Ede Környezetanalitikai Laboratórium, Debrecen;

^dDebreceni Egyetem Szilárdtest Fizikai Tanszék, Debrecen

A városiasodás jelentős környezetszennyezést okoz, ezáltal komoly kockázatot jelent a szárazföldi ökoszisztéma egészére.²⁹ A toxikus anyagok gáz, részecske vagy aeroszol formában párolgás vagy defláció révén kerülnek a városi környezetbe.³⁰ A levegőben található és onnan kiülepedő toxikus elemek a légszennyező anyagok egyik kiemelt csoportját képviselik.

A falevelek érzékenyek a légszennyezésre, ezért számos tanulmányban alkalmazták a faleveleket a városi környezet légszennyezettségének becslésére. A porszemcsék megkötésében a nagy méretű levélfelületnek és a levélfelületen

²⁹Simon, E., Braun, M., Vidic, A., Bogyó, D., Fábíán, I. & Tóthmérész, B. (2011) *Environ. Pollution* **159**: 1229-1233.

³⁰Baranyai E. (2011) *Természetvédelmi Közlemények* **18**: 45-57.

található szőröknek, míg a gáznemű légszennyező anyagok abszorbeálásában a növények sztómáinak van fontos szerepe.³¹

Egy urbanizációs grádiens mentén (városi, városszéli és városon kívüli területek) kései meggy (*Padus serotina*), mezei juhar (*Acer campestre*), zöld juhar (*Acer negundo*), kocsányos tölgy (*Quercus robur*) és nyugati ostorfa (*Celtis occidentalis*) falevélen megülepedett por mennyiségét, az ülepedett por és a falevelek toxikus elemtartalmát tanulmányoztuk (Ba, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, S, Sr és Zn) Debrecenben. A megülepedett por és a levélszövetben felhalmozódott toxikus elemek koncentrációja mellett pásztázó elektronmikroszkóppal a vizsgált fafajok levélfelületének morfológia szerkezetét és pormegkötő képességét is tanulmányoztuk.

A megkötött por mennyiségében szignifikáns különbséget tapasztaltunk az egyes fafajok között. A *C. occidentalis* ($416 \pm 39 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) és az *A. negundo* ($390 \pm 55 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) faleveleken megkötött pormennyiség volt a legnagyobb, míg a *Q. robur* ($43 \pm 11 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) és *P. serotina* ($56 \pm 23 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) leveleken volt a megkötött por mennyisége a legalacsonyabb. A levélfelület morfológiai vizsgálata alapján megállapítható, hogy a megkötött pormennyiség a trichomadenzitással van összefüggésben, mivel a *C. occidentalis* és az *A. negundo* levélfelületen jelentős számban találhatóak trichomák, amelyek fontos szerepet játszanak a pormegkötésben.

A főkomponens-analízis eredményei szerint a megkötött por toxikuselem-tartalma alapján az egyes fafajok különböztek egymástól. Hasonló eredményt tapasztaltunk a levélszövetben mért toxikus elemek koncentrációja alapján is. A nagy sztómamérettel és -denzitással jellemezhető fajok levélszövetében jóval magasabb koncentrációban voltak jelen a következő toxikus elemek: Ba, Cu, Fe, Mn, S, Sr és Zn. Az átlagos koncentráció értékei: *A. campestre* – Ba: $22 \pm 5 \text{ mg kg}^{-1}$, Cu: $6 \pm 1 \text{ mg kg}^{-1}$, Fe: $168 \pm 32 \text{ mg kg}^{-1}$, Mn: $1264 \pm 324 \text{ mg kg}^{-1}$, S: $3353 \pm 549 \text{ mg kg}^{-1}$, Sr: $44 \pm 13 \text{ mg kg}^{-1}$, Zn: $35 \pm 7 \text{ mg kg}^{-1}$; *A. negundo* – Ba: $31 \pm 16 \text{ mg kg}^{-1}$, Cu: $5 \pm 2 \text{ mg kg}^{-1}$, Fe: $229 \pm 38 \text{ mg kg}^{-1}$, Mn: $225 \pm 118 \text{ mg kg}^{-1}$, S: $3610 \pm 492 \text{ mg kg}^{-1}$, Sr: $64 \pm 21 \text{ mg kg}^{-1}$, Zn: $24 \pm 4 \text{ mg kg}^{-1}$; *C. occidentalis* – Ba: $61 \pm 24 \text{ mg kg}^{-1}$, Cu: $5 \pm 2 \text{ mg kg}^{-1}$, Fe: $182 \pm 41 \text{ mg kg}^{-1}$, Mn: $151 \pm 31 \text{ mg kg}^{-1}$, S: $3579 \pm 353 \text{ mg kg}^{-1}$, Sr: $114 \pm 31 \text{ mg kg}^{-1}$, Zn: $16 \pm 5 \text{ mg kg}^{-1}$. A legmagasabb sztomadenzitással az *A. negundo* (757 ± 26 sztóma/ mm^2), *A. campestre* (757 ± 26 sztóma/ mm^2) és *C. occidentalis* (511 ± 12 sztóma/ mm^2) rendelkezett.

Összességében kijelenthető, hogy a falevelek a felületükön megkötött por mennyiségi és minőségi becslésére, valamint a levélszövetben felhalmozódott toxikus elemek koncentrációjának meghatározására kiválóan alkalmasak.

Kulcsszavak: Simon Edina, Baranyai Edina, Braun Mihály, Cserhát Csaba, Fábián István, Tóthmérész Béla, sztóma denzitás, sztóma méret, trichoma, *Padus serotina*, *Acer campestre*, *Acer negundo*, *Quercus robur*, *Celtis occidentalis*, Ba, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, S, Sr, Zn

*

³¹ Kardel, F., Wuyts, K., Babanezhad, M., Vitharana, U. W. A., Wuytack, T., Potters, G. & Samson, R. (2010) *Environ. Pollution* **158**: 788-794.

ÚJ TECHNOLÓGIÁKKAL KEZELT ÉLELMISZEREK ELFOGADÁSÁNAK VIZSGÁLATA

Szabó Erzsébet^a és Bánáti Diána^b

^aKözponti Környezet- és Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet, Budapest;

^bInternational Life Sciences Institute Europe, Brüsszel

A fogyasztók általában egyszerre több, egymással nehezen összeegyeztethető követelményt támasztanak az új élelmiszerekkel szemben. Kényelmi szempontból előnyösnek tartják a hosszabb eltarthatósággal rendelkező termékeket, ugyanakkor szeretnének minél frissebb, természetes ízű élelmiszereket fogyasztani. E két nehezen összeegyeztethető elvárás együttes kielégítésére fejlesztették ki az ún. kíméletes tartósítási eljárásokat, amelyek fizikai elvek alkalmazásával – sok esetben a hagyományosnál energiatakarékosabb módon – képesek a hőkezeléses tartósítási eljárások kiváltásával frissebb ízű, az értékes tápanyagokat kevésbé módosító és hosszabban eltartható élelmiszerek előállítására. Ugyanakkor ezen eljárások iránt a fogyasztó sok esetben bizalmatlan, velük szemben negatív attitűddel bír.

Kísérletünkben az egyetemisták – mint az új jelenségek iránt fogékony fogyasztói csoport – két kíméletes technológiával (nagy hidrosztatikus nyomású kezelés, valamint pulzáló elektromos térerő) szembeni elfogadását vizsgáltuk. A felmérésben vizsgáltuk – többek között – azt, hogy: (i) az egyetemisták kezeléstechnológia-elfogadása hogyan változik az élelmiszerek táplálkozásunkban betöltött jellege (természetes, egészséges, szükséges) függvényében (11 különböző élelmiszer új technológiákkal való kezelése elfogadásának értékelését kértük 5 fokozatú Likert-skálán); (ii) milyen változás észlelnek az egyetemisták a kezelt termék természetességében; (iii) milyen kapcsolat mutatható ki a kezelés elfogadásában és a vásárlást befolyásoló szempontok között.

Kérdőívünket 228, elsősorban élelmiszermérnöki tanulmányokat folytató hallgató töltötte ki, a válaszokat SPSS statisztikai programcsomaggal (korrelációs számítás, keresztábrák, klaszterelemzés) értékeltük ki. Az új kezelések elfogadása mérsékelt volt: 2,52 és 3,31 között változott. A természetesnek észlelt termékek (pl. tej, tejföl) esetében tapasztaltuk a legnagyobb mértékű észlelésbeli változást (csökkenést) a kezelés hatására. Főbb megállapításaink a következőkben összegezhetők: (a) Hipotézisünkkel ellentétben a vizsgált két technológiánál az eredeti termékek természetességének, egészségességének és szükségességének megítélése nem gyakorolt meghatározó befolyást az elfogadásra; (b) A megkérdezettek között jelentős volt az eltérés a kezelések elfogadásában, három klasztert tudunk kialakítani, ezek közel azonos méretűek voltak (támogatók, ellenzők és bizonytalanok). A klasztertagság szignifikáns kapcsolatot mutatott a termékválasztás különböző szempontjainak értékelésével (pl. adalékanyag mentesség, kényelem). Azok számára, akiknek fontos a termék előállításának módja és a vásárolt termékek adalékanyag-mentessége, a leginkább elutasítók közé tartoznak. Tekintettel a valós jellemzők és a hiedelmek közötti összhang hiányára, az elfogadás megfelelő kommunikációval javítható és javítandó; (c) A vizsgált 11 élelmiszer (málna, kóla, tejföl, bébiétel, kenőmáj, tej, almalé, müzliszelet,

csokoládé, kenyér, gyümölcsjoghurt) közül a kenyér kezelésének elfogadása volt a legalacsonyabb, ezen alap élelmiszerünk előállításmódjának változtatásával kapcsolatos ellenérzés a legnagyobb; (d) Minden termékénél pozitív korrelációt figyeltünk meg a kezelés elfogadása és a kezelt termék észlelt természetessége között, azaz a kezelést jobban elfogadják a kezelt terméket is természetesebbnek ítélték, mint az elutasítók.

Vizsgálatunkból levonható következtetés a gyakorlat számára, hogy a fizikai kezelések alkalmazását az eltarthatóság növelése céljából az egyetemisták egyértelműen és egységesen a termék természetességét csökkentő hatásúnak ítélték, míg a technológiafejlesztéssel foglalkozó szakemberek éppen azok kíméletes jellegét hangsúlyozzák. A fogyasztók elfogadóbbá tételének kulcstényezője tájékoztatásuk az új technológiák előnyeiről annak érdekében, hogy jobban tudjanak az új technológiával kezelt termékek esetében az észlelt előny és észlelt kockázat alapján döntést hozni.

Kulcsszavak: Szabó Erzsébet, Bánáti Diána, nagy hidrosztatikus nyomású kezelés, pulzáló elektromos térerő, fogyasztói elfogadás

*

ÉLELMISZERBIZTONSÁG A *RASFF* RENDSZER TÜKRÉBEN

Székács András, Adányiné Kisbocskói Nóra és Darvas Béla

Központi Környezet- és Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet, Budapest

Az európai élelmiszer- és takarmánybiztonsági riasztási rendszer – *RASFF* (*Rapid Alert System for Food and Feed*) – célja takarmány- és élelmiszerbiztonság szempontjából vizsgálandó és a fogyasztókat figyelmeztetni a jogszabályban rögzített szinteket meghaladó szennyezettségi értékekre, valamint az esetleges veszélyekre. A fő vizsgáló laboratóriumokat Olaszországban, az Egyesült Királyságban, Németországban, Spanyolországban, Lengyelországban, Hollandiában és Franciaországban találjuk. Hazánk ebbéli vizsgálati kapacitása sajnos szerény. A *RASFF* rendszerében évente négyezer körüli élelmiszermintát vizsgálnak meg, és intézkedés esetén a termelő, a forgalmazó és a termék adatai is nyilvánosságra kerülnek. Az élelmiszer bizalmi termék, ezért a piacon gyakran fennakadók a jövőbeli vásárlókat is elveszíthetik. Ilyen megítélésük jelen pillanatban Kína, Törökország és India élelmiszerei. A riasztási okok között 2011-ben a mikotoxinok (34%), a növényvédőszer-maradékok (21%), a nehézfémek (19%), a patogén mikroorganizmusok (16%) és az egyéb szerves szennyezők (11%) jelenléte emelhető ki.

A mikotoxintartalommal kapcsolatos riasztások 2002 óta folyamatosan vezető helyet foglalnak el. Közöttük meghatározó az *Aspergillus flavus* törzsek által termelt aflatoxinok jelenléte. Kiemelhető az olajos magvak közül a földimogyoró (India, Kína, Argentína, Egyiptom és Dél-Afrika) és a pisztácia (Irán, Törökország) szennyezettsége, bár 2012-2013-ban a préselt füge (Törökország) szállítmányai is fennakadtak az ellenőrzésen. Korábban trópusi – szubtrópusi területről érkeztek

aflatoxinos élelmiszerek. Két éve a riasztási rendszer is jelezte, hogy a mérsékelt égöv alatti kukorica szemtermésen élő *A. flavus*-törzsek is jelentős mennyiségű aflatoxin termelésére képesek (Bulgária – kukorica, Magyarország – tej).³²

A növényvédőszer-maradékok 2006-tól újra emelkedő jelleget mutatnak, melyek közül kiemelhető a paprika (Törökország – *formetanate*, *tetradifon*, *procymidone*), az okra (India – *acephate*, *monocrotophos*, *triazophos*), a paradicsom (Jordánia és Törökország – *procymidone*), a lencse (Törökország – *glyphosate*) és a cápaharcsa-filé (*Pangasius*) (Vietnam – *chlorpyrifos*, *trifluralin*). A felsorolt hatóanyagok közül több az Európai Unió országaiban már nem használható. Egy hatóanyag az utóbbi években kiemelkedő jelentőségű a szermaradékok között (alma, egres, fejes saláta, őszibarack, paprika és uborka), nevezetesen a *dimethoate*. Nagy megdöbbenést váltott ki 2013-ban a *bromadiolon* (patkányirtó) megjelenése lengyel tejporban és édességekben.

A nehézfém-tartalom kiugró koncentrációit vizsgálva a higany- (24%) és kadmiumsók (23%) jelenléte gyakori, elsősorban kardhal-, tonhal- és szardíniamintákban (2011). Marokkó és Thaiföld szerzett e területen rossz megítélést. A feldolgozás alatti krómszennyezés (16%) az Egyesült Államokban és Kínában fordul elő. 2013-ban ólomtartalmú lengyel disznósír akadt fenn a vizsgált rendszeren.

Emberre patogén mikroorganizmusok közül a *Salmonella*-fajok okozta riasztások teszik ki a kifogásolt esetek felét (51%). Legfőként dél-ázsiai országok termékei szennyezettek (Banglades, India, Thaiföld és Vietnam), bár 2012-2013-ban Brazíliából származó fagyasztott csirke is a kifogásolt tételek közé került. A *Listeria monocytogenes* okozta szennyeződés (35%) viszont az európai minőségi élelmiszereket is jellemzi, így a lengyel és dán füstölt halat, a francia és olasz sajtokat, a belga pástétomot, továbbá az olasz sonkát és szalámit (2011).

A szerves szennyezők megjelenése már a feldolgozással hozható összefüggésbe. Ezek közül kiemelhetők a teflon elterjedését követően a műanyag konyhai eszközök, amelyek közül a kínai eredetűekben formaldehid (49%), primer aromás aminok (21%) és melamin (12%) jelentős koncentrációját is kimutatták (2011). A fogyasztó hatású funkcionális élelmiszerek összetevői között 2012-2013-ban szinefrint (Csehország) és johimbint (Egyesült Államok) mutattak ki, de fenolftalein (Kína) tartalmút is találtak.

Az élelmiszerek közül az olajos magvak vezetik a riasztási listát, ezt követi a friss zöldségek és gyümölcsök, majd a halak és a tenger gyümölcsei csoportja. Utóbbi kettő a jövőben több figyelmet igényel majd. Élelmiszer-biztonsági szempontból nem kedvező az Egyesült Államok statisztikája, de Németország is sokszor igényesebb vásárló, mint eladó. Az európai hírű spanyol, francia és olasz élelmiszerek biztonságossága mellé is tehető kérdőjel. Magyarország exportélelmiszer-statisztikája kitűnő, amit a *RASFF* rendszer eredményei bizonyítanak: hazánk Japánra és Svédországra jellemző élelmiszerbiztonsági eredményekkel dicsekedhet. Bizakodásra ad okot az a tény is, hogy az idehaza

³² Dobolyi Cs., Sebők F., Varga J., Kocsubé S., Szigeti Gy., Baranyi N., Szécsi Á., Lustyik Gy., Micsinai A., Tóth B., Varga M., Kriszt B. és Kukolya J. (2011) *Növényvédelem*, **47**: 125-133.

forgalomba került élelmiszerek növényvédőszer-maradék okozta szennyeződése 2005 óta folyamatosan csökken.³³

Kulcsszavak: Székács András, Adányiné Kisbocskói Nóra, Darvas Béla, RASFF, aflatoxin, *Aspergillus flavus*, növényvédőszer-maradék, *dimethoate*, *Salmonella*, *Listeria*, Hg, Cd, formaldehid, primer aromás amin

*

A GLYPHOSATE MARADÉKAINAK MEGJELENÉSE A KÖRNYEZETBEN – A GYOMIRTÓ SZER MARADÉKAINAK ANALITIKAI VIZSGÁLATA

Szigeti Tamás János, Suszter Gabriella, László József és Palotai Zoltán
WESSLING Hungary Kft.

A világ leggyakrabban alkalmazott gyomirtó hatóanyaga a *glyphosate*. A becsült globális felhasználás 1997-ben 74 ezer tonna hatóanyag volt,³⁴ amely 2011-re 650 ezer tonnára emelkedett.³⁵ A *glyphosate*-tartalmú készítmények toxikológiai hatásairól napjainkban is folynak a viták. A kutatók bizonyos kétélűekre, madarakra nézve gyaníthatóan teratogén és mutagén hatásokat, egyéb szervezetek esetében további kedvezőtlen élettani hatásokat észleltek.³⁶ A *glyphosate* felhasználásának növekvő üteme és az a tény, hogy egy európai felmérés során 182 ember vizeletében 44% gyakorisággal sikerült a hatóanyagnak és bomlástermékének (amino-metil-foszonsav, AMPA) jelenlétét kimutatni,³⁷ arra ösztönzött bennünket, hogy a WESSLING Hungary Kft laboratóriumaiban módszereket állítsunk be a *glyphosate* maradékainak kimutatására élelmiszer- és vízmintákról.

A *glyphosate* meghatározásának analitikai nehézségei évtizedek óta kísértenek. A hatóanyag és bomlástermékének molekulái erősen polárosak, kicsinyek, nem illékonyak, fényelnyelésük gyenge, és kielégítő intenzitású fluoreszcenciás aktivitást sem mutatnak. Mindezeket túl elhanyagolható retenciójuk van a fordított fázisú folyadékkromatográfiás rendszerekben, ami az elválasztástechnikai alapú analitikát is kényelmetlenné teszi.³⁸

A mérésekhez LC-MS/MS módszereket választottunk negatív ionizációval, amelyeket saját elképzelésünk szerint kissé módosítani kényszerültünk. Vízmintákból jó eredményeket értünk el a két vegyület 9-fluorinometil-kloroformáttal (FMOC) képzett származékainak elemzésével. A módszer élelmiszerek és mezőgazdasági termények mintáinak elemzésekor azonban nem bizonyult használhatónak. E mintatípusok elemzéséhez csak ¹³C és ¹⁵N nuklidokkal jelzett referenciaanyagokkal szemben tudtunk kielégítő megbízhatóságú analitikai eredményekhez jutni származékképzés nélkül. A tömegspektrometriás analízis során

³³ Jordán L. (2013) Az Országgyűlés Mezőgazdasági Bizottságának Élelmiszer-biztonsági albizottsága előtt tartott előadása (október 22).

³⁴ Woodburn, A. T. (2000) *Pest. Manag. Sci.* **56**: 309-312.

³⁵ FOE (2013) Introducing glyphosate, the World's biggest selling herbicide. June

³⁶ Darvas B., Fejes Á., Mörtl M., Bokán K., Bánáti H., Fekete G. és Székács A. (2011) *Növényvédelem* **47**: 387-401.

³⁷ Hoppe, H-W. (2013) Determination of Glyphosate Residues in Human Urine Samples from 18 European Countries. Report Glyphosate MLHB-2013-06-06. Medical Laboratory Bremen, Germany

³⁸ Vreeken, R. J., Speksnijder, P., Bobeldijk-Pastorova, I. & Noij, Th. H. M (1998) *J. Chromatography A*, **794**: 187-199.

a *glyphosate* esetében a legjellemzőbb tömegátmenet a 168/63, és 171/63, illetve az *AMPA* jellemző tömegátmenete 110/63 volt. Bízunk benne, hogy e hatóanyag és bomlásterméke maradékainak laboratóriumi vizsgálatával hozzájárulhatunk hazánk élelmiszer- és környezetbiztonságának javításához.

Kulcsszavak: Szigeti Tamás János, Suszter Gabriella, László József, Palotai Zoltán, *glyphosate*, *AMPA*, *LC/MS/MS*, *FMOG*

*

A TÚLFOGYASZTÁS PROBLÉMÁJA A FIATALOK SZEMSZÖGÉBŐL

Szűcs Viktória^a és Hámori Judit^b

^aKözponti Környezet- és Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet, Budapest;

^bNemzeti Agrárgazdasági Kamara, Budapest

Minden évben 6 millió gyermek hal meg az ötödik születésnapja előtt alultápláltság miatt,³⁹ amíg 2,8 millió ember a túlsúly és elhízás következményeképpen.⁴⁰ Az előállított élelmiszerek durván egyharmada (kb. 1,3 milliárd tonna) végzi szemétként,⁴¹ ugyanakkor a világon 800 millió ember fekszik le éhesen nap mint nap. Több mint 2,6 milliárd ember nem tud személyes higiénéről gondoskodni, és több mint egymilliárd ember fogyaszt nem biztonságos forrásokból vizet, amíg egy átlagos európai lakos akár 200-300 liter vizet is elhasznál egy nap.⁴² Túlfogyasztásról akkor beszélünk, ha egy faj túlterheli az adott ökoszisztéma azon képességét, ami egyes természeti erőforrások megújulásában és a hulladékok ártalmatlanításában (asszimilálásában) jelenik meg. Az ember által okozott túlfogyasztás etikai probléma is, mivel az emberi faj – a descartes-i–kanti ontológia alaptételeként – az egyetlen, amely képes saját létezésére reflektálni, mely nem csupán filozófiai kérdés, de a fogyasztói magatartást érintő vonatkozásai is vannak.⁴³

A fiatalok túlfogyasztással kapcsolatban felmerülő gondolatainak, ismereteinek, a fogyasztási szokásaiknak, valamint a helyes gyakorlat megvalósulásának, akadályainak feltárása céljából fókuszcsoporthoz vizsgálatokat (6-8 fős csoportok) végeztünk 15-18 év közötti középiskolás diákok (két budapesti gimnázium, egy vidéki gimnázium és egy vidéki szakközépiskola), valamint 18-28 éves fiatal felnőttek körében (budapesti és vidéki érintettséggű személyek vegyesen). Felmérésünk során elsőként a résztvevők túlfogyasztással kapcsolatos asszociációit szerettük volna megismerni. A túlfogyasztás szó hallatán mindkét korcsoport esetén a leggyakoribb (az összes említés 52%-a középiskolások és 42%-a fiatal felnőttek esetén) valamilyen energiával, energiahordozókkal kapcsolatos említés volt. A termékpazarlással összefüggésben inkább a fiatal felnőtt korosztálynál merült fel több asszociáció, ezen belül is legnagyobb arányban az élelmiszer-pazarlást

³⁹ Millennium project (2013) <http://www.unmillenniumproject.org/documents/UNMP-FastFacts-E.pdf>

⁴⁰ WHO (2013) <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>

⁴¹ FAO (2012) <http://www.fao.org/save-food/key-findings/en/>

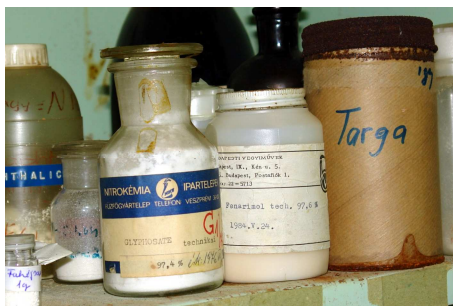
⁴² UNDP (2006) Human Development Report. New York 34. pp.

⁴³ Kocsis T. (2005): A fogyasztói szemléletváltás esélye a gazdaságilag fejlett országokban. Környezeti nézőpontok. Aula Kiadó, Budapest, pp. 15-30.

említették (az összes említés 29%-a) – ez a fiatalabb korosztály esetén sokkal kevésbé volt fajsúlyos, és csak a vidéki diákok esetében merült fel (3%). Konkrétan környezetszennyezéssel kapcsolatos említések csak az idősebb, fiatal felnőtt korosztály esetében merültek fel, míg a középiskolásokra inkább volt jellemző, hogy valamilyen általánosabb negatív jelzővel írták körbe gondolataikat (pl. pazarlás, rossz, felelőtlenség). Egyik tanuló sem tartotta magát igazán környezettudatosnak, viszont szintén kevés volt az a diák, aki egyáltalán nem mutatott érdeklődést a téma iránt. A mindennapokban leginkább az energiatakarékosságra fordítanak figyelmet. A helyes gyakorlat hiányának okaként főleg a rossz otthoni példát említették, pozitívum viszont, hogy néhány alkalommal ők szólnak rá a szülőkre. A fiatal felnőttek gyakorlata alapján elmondható, hogy lehetőségeikhez mérten szintén igyekeznek takarékoskodni, azonban ennek fő motivációja nem csak a környezettudatosság, hanem inkább a saját pénzüikkel való takarékoság. Az élelmiszerpazarlásról negatívan vélekedtek, viszont velük is gyakran előfordul, hogy élelmiszert dobnak ki. A túlfogyasztás okaként a fogyasztásra buzdító reklámokat, az így mesterségesen megnövelt fogyasztói igényeket, valamint a profitorientált termelést említették.

A túlfogyasztással kapcsolatos asszociációk alapján látható, hogy a válaszadók említései négy témakör köré csoportosultak: energiapazarlás, termékpazarlás, környezetterhelés és valamilyen negatív érzet vagy jelenség. Összességében a fiatalabb, középiskolás korosztály jóval több (64 db) asszociációt említett, mint az idősebb korosztály (31 db), de az idősebbeknek konkrétabb, koncentráltabb ismeretei vannak a témát illetően. Mindkét korosztály esetében elmondható, hogy tisztában vannak a túlfogyasztás káros hatásaival, azonban saját felelősségük kevésbé tudatosul bennük, többnyire másra hárítják azt („én minnek csináljam, ha más nem”). A fókuszcsoportos felmérés eredményei rámutatnak, hogy a fiatalok érdeklődőek a környezeti problémák és azok okai iránt, sőt előfordul, hogy szüleiknél tájékozottabbak is, azonban a környezettudatosság, mint értékrend nem alakult ki az esetükben, kevésbé érzik a saját felelősségüket, így az életvitelükben is csak felületesen jelenik meg a fenntarthatóság gyakorlata. Szükséges lenne tehát már a legfiatalabb korosztály számára irányt mutatni, hogy felnőttkorban a környezettudatosság, mint meghatározó értékrend jelenjen meg a fogyasztói magatartásban.

Kulcsszavak: Szücs Viktória, Hámori Judit, túlfogyasztás, élelmiszerpazarlás



Glyphosate 1976-ból – fotó: Darvas Béla®

**TÖBBSZÖRÖS KÖLCSÖNHATÁSOK NÖVÉNYVÉDŐSZER-
HATÓANYAGOK ÉS FORMÁZÁSI SEGÉDANYAG KÖZÖTT: A
GLYPHOSATE GYOMIRTÓSZER-HATÓANYAG, A FORMULÁLÁSÁRA
ALKALMAZOTT POLIETOXILÁLT FAGGYÚAMINOK ÉS A CRY1AB-
TOXINFEHÉRJE KOMBINÁLT CITOTOXIKUS HATÁSAI**

*Takács Eszter,^{a,b} Darvas Béla,^a Fejes Ágnes,^a Nicolas Defarge,^c Gilles-Éric Séralini^c
és Székács András^{a,b}*

^aKözponti Környezet- és Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet, Budapest; ^bSzIE Környezettudományi Doktori Iskola, Gödöllő; ^cUniversity of Caen – CRIIGEN, Caen, France

A növényvédő szerek hatóanyagai a mezőgazdasági alkalmazás során a környezeti közegekbe kerülnek, emiatt részletes mellékhatás-vizsgálatuk elengedhetetlen. Különösen igaz ez a *glyphosate*-tartalmú gyomirtó szerekre, melyeknek alkalmazása a mezőgazdasági gyakorlatban világszinten a legnagyobb mértékű a gyomirtók között.⁴⁴ Az engedélyezési eljárások a hatóanyag teljes körű kockázatelemzését megkövetelik, míg a készítmény felületaktív és egyéb adalékanyagainak vizsgálatát nem. Számos tudományos közlemény számol be a *glyphosate* hatóanyagú ROUNDUP gyomirtó szer egyik formázó anyagának, a polietoxilált faggyúaminnak (*POEA*) toxikus és szinergens hatásáról a *glyphosate* hatóanyaggal. A biológiailag inaktívnak vélt *POEA* formázó anyagot erősen toxikusnak találták vízi ökoszisztémában baktériumok, mikroalgák, protozoák és rákfélék fajain,⁴⁵ tengeri sünön,⁴⁶ valamint a *glyphosate* hatóanyaggal szinergens hatást mutattak ki kételtű fajokon.⁴⁷

Jelen vizsgálatunk során *glyphosate* hatóanyagú gyomirtó készítmény (ROUNDUP), annak formázóanyagai (polietoxilált faggyúaminok, *POEA*), valamint az aktív hatóanyag egyéni és együttes citotoxikus hatását néztük az alábbi három humán sejtvonalon: *placenta choriocarcinoma* JEG3 sejtvonal (*ECACC 92120308*), embrionális vese 293 sejtvonal (*HEK293, ECACC 85120602*) és hepatocelluláris karcinoma sejtvonal (*HEPG2, ECACC 85011430*). A citotoxicitás mértékét három biokémia teszt segítségével határoztuk meg: (i) mitochondrális oxigénfogyasztás borostyánkősav dehidrogenáz enzimaktivitás mérésével (*MTT* teszt); (ii) a membránok lebomlásának vizsgálata nekrozismarkerként az intracelluláris adenilát kináz enzim mennyiségének meghatározásával a médiumban (*TOXILIGHT* teszt); (iii) az apoptózis következtében elpusztult sejtek mennyiségének meghatározása kaszpáz-3 és kaszpáz-7 enzimaktivitás meghatározásával (*Caspase-Glo 3/7* teszt). A mitochondrális sejtlegzés vizsgálata során mindhárom általunk vizsgált sejtvonal esetében a formázóanyag (*POEA*) LC_{50} érték alapján 1500-szor volt toxikusabb a sejtekre az aktív hatóanyagnál. A nekrotikus folyamatok vizsgálata során, az egyes

⁴⁴ Székács, A. & Darvas, B. (2012) Forty years with glyphosate. In: *Herbicides – Properties, Synthesis and Control of Weeds* (Hasaneen, M. N. A. E-G., Ed.) InTech, Zagreb, Croatia.

⁴⁵ Tsui, M. T. K. & Chu, L. M. (2003) *Chemosphere* **52**: 1189-1197.

⁴⁶ Marc, J., Le Breton, M., Cormier, P., Morales, J., Bellé, R. & Mulner-Lorillon, O. (2005) *Toxic. Appl. Pharmacol.* **203**: 1-8.

⁴⁷ Relyea, R. A. & Jones, D. K. (2009) *Environ. Toxicol. Chem.* **28**: 2004-2008.

sejtvonalak érzékenységtől függően 2-6-szor, apoptózis esetében 3-5-ször erősebb induktornak bizonyult a formázóanyag a *glyphosate* hatóanyagánál.

Ezen citotoxikus hatások lehetséges előfordulását nagy mértékben elősegíti a növényi biotechnológiai fejlesztések eredményeképpen megjelent *glyphosate*-tűrő, géntechnológiai úton módosított (GM) növények megjelenése miatti fokozott *glyphosate*-használat a mezőgazdaságban. Minthogy a többszörösen módosított (*multistack*) növények egyre nagyobb számban jelennek meg, a rovarrezisztenciáért felelős Cry-toxinok és a *glyphosate* hatóanyagú készítmények együttes hatásvizsgálata szükséges a GM-növények környezeti kockázatelemzése során, mivel hatásuk nem ítéltető meg az egyszeres genetikai eseményű növények hatásvizsgálatai alapján. A *HEK293* humán sejtvonalon vizsgáltuk Cry1Ab- és Cry1Ac-toxin, illetve ROUNDUP gyomirtó és Cry-toxinok együttes citotoxikus hatását. A Cry1Ab-prototoxin és aktivált toxin esetében 100 ppm koncentrációnál mutatkozott citotoxikus hatás mitochondriális sejtlégzés vizsgálata során, míg a Cry1Ac esetén ez nem volt megfigyelhető. A Cry-toxinok és a ROUNDUP együttes hatását az intracelluláris adenilát kináz és a kaszpáz 3/7 enzimek aktivitásával határoztuk meg. A két kísérlet során a gyomirtó szert megválasztott koncentrációban (LC_{50}) vizsgáltuk, hozzáadva a Cry-toxinokat 1, 10 és 100 ppm koncentrációban. Az együttes (szinergens) hatás legszámottevőbb mértékben az apoptózisindukcióban mutatkozott. A Cry1Ab és Cry1Ac toxinok kis mértékben enyhítették a *glyphosate* + faggyúamin detergens által kiváltott kaszpáz 3/7 enzimaktivációt, vélhetően a toxinfehérjék és az adjuváns közötti reverzibilis kötődés, s ezáltal az adjuváns biológiai hozzáférhetőségének időszaki csökkentése/késleltetése révén. Hasonló enyhe mérséklő hatás volt megfigyelhető a mitochondriális légzés és a membránle bomlás folyamataira is.

Kulcsszavak: Takács Eszter, Darvas Béla, Fejes Ágnes, Nicolas Defarge, Gilles-Éric Séralini, Székács András, *glyphosate*, formázó anyagok, polietoxilált faggyúamin, Cry1Ab-toxin, citotoxikus hatás

*

USZODAVIZEK MUTAGENITÁSI VIZSGÁLATA *ISO* SZABVÁNY ALAPJÁN

Tarnóczai Tímea, Kocsis Zsuzsanna és Marcsek Zoltán
Országos Kémiai Biztonsági Intézet, Molekuláris és Sejtbiológiai Osztály, Budapest

Az 1907/2006/EK *REACH* rendelet előírja, hogy regisztráció során a legalább egy tonna mennyiségben forgalmazott vagy gyártott anyagok esetén a bakteriális génmutációs vizsgálatok elvégzése szükséges. A vizsgálatokat a *Salmonella typhimurium* és *Escherichia coli* olyan mutáns törzseivel végezzük, melyek mutáció következtében elvesztették egy aminosav-szintetizáló képességüket. Mutagén anyagok hatására reverzió történik, a baktérium újra képessé válik az aminosav előállítására. Az Ames-teszt során S9 mix hozzáadásával nézzük, hogy a bakteriális rendszerekből hiányzó, azonban az emlőssejtekre jellemző metabolizmusnak milyen hatása van a vizsgálat anyagra.

Új anyag regisztrációja esetén a vonatkozó *OECD Guideline* a vizsgálatot 5 törzs (*Salmonella typhimurium* TA100, TA98, TA1535, TA1537 és az *Escherichia coli* WP2 uvrA) használatával írja elő. Új vegyület ellenőrzése esetén csupán szűrővizsgálat (*screening*) szükséges az adott vegyület mutagenitásának meghatározásához, ehhez a *Salmonella typhimurium* TA100 és TA98 tesztörzseket alkalmazzák.

A szakirodalom szerint a vizek fertőtlenítés céljából történő klórozásának következtében mutagén hatású, klórozott vegyületek keletkezhetnek, ezért kiemelkedő fontosságú a környezetbe kiengedett szennyvizek (ezen belül az uszodavizek) genotoxicitási vizsgálata. Ehhez a vizsgálathoz ad útmutatást az ISO 16240 szabvány, mely a *Salmonella typhimurium* TA98 és TA100 tesztörzs használatát írja elő.

Az Országos Kémiai Biztonsági Intézet Molekuláris és Sejtbiológiai Osztályán két uszodavíz-minta aktív szén szűrés utáni mutagenitási vizsgálatát végeztük el az ISO16240 szabvány alapján. A mintavétel aktív szén deklórozást követően történt, a vízmintát a beérkezést követően -18°C alatt tároltuk a vizsgálat megkezdéséig. A vizsgálatokat megelőző napon az említett két tesztörzsből készítettünk 18-órás szuszpenziós tenyészetet, melyet 37°C -on, 125 rpm fordulatszámon rázattunk.

Másnap top agarból, vizsgálati anyagból, illetve kontroll anyagból, baktériumszuszenzióból és foszfát pufferből, illetve S9 mixből álló keveréket készítettünk, és ezt minimál agaros Petri-csészére rétegeztük. Ezen felül a szuszpenziós tenyészetből készítettünk hattagú, tízszeres hígítási sorozatot, melynek utolsó tagját top agarral és S9 mixszel keverve rétegeztük a minimál agarra, melyből az inkubációs idő letelte után csíraszámbecslést végeztünk. Pozitív kontrollként nátrium-azidot (TA100, S9 nélkül), 4-nitro-1,2-fenilén-diamint (TA98, S9 nélkül) és 2-amino-antracént (mindkét törzs S9 hozzáadásával) használtunk.

A lemezeket 72 órára 37°C -os termosztátban inkubáltuk. Az inkubációs idő letelte után elvégeztük a telepszámlálást, értékeltük az átlag telepszámot és az indukciós rátát. Az indukciós ráta a vizsgálati anyag és a pozitív kontroll esetében számolt revertáns kolóniaszám átlag és a negatív kontrollnál számolt kolóniaszám átlag különbsége, TA100 esetén az indukciós ráta 80, TA98 esetén pedig 20. Az indukciós ráta egyik vizsgálati mintánál sem haladta meg a szabvány szerint megengedett értéket, tehát a vizsgálatok negatív eredménnyel zárultak.

Kulcsszavak: Tamóczi Tímea, Kocsis Zsuzsanna, Marcsek Zoltán, Ames-teszt, szennyvíz, uszodavíz, mutagenitás, genotoxicitás



Hétpettyes katicabogár lárvá kelőfélben – fotó: Darvas Béla[®]

TALAJ TÁPANYAG-UTÁNPÓTLÁSI MÓDOK KÖZVETETT BEFOLYÁSA AZ AFLATOXIN TERMELŐDÉSÉRE – KIINDULÁSI PONT

Vallner Judit, Krausz Erzsébet, Halász Judit és Béni Áron
Nyíregyházi Főiskola, Környezettudományi Intézet, Nyíregyháza

A talajlakó *Aspergillus flavus* és az *Aspergillus parasiticus* gombafajok jelenléte Magyarországon nem meglepő. A klímaváltozással kedvezőbb életfeltételeket kap a szaporodásuk, és ezt a talaj-pH változása is befolyásolja úgy, hogy a talaj-pH csökkenése kedvez a gombák szaporodásának. Ezen gombafajok jellemzője az aflatoxinok termelése, melyek károsak az emberi egészségre már kis koncentrációban is (májkárosító, rákkeltő, a sejtek örökítő anyagát és a szervezet védekező rendszerét károsan befolyásoló vegyületek).

Az aktuálisvá vált probléma az, hogy a hőmérséklet emelkedése fokozza egyrészt a magyarországi termőterületeken a gombák elterjedését, másrészt az általuk termelt mikotoxinok mennyiségének növekedését és azután a takarmányokban való megjelenését is. A takarmányból a toxin akár néhány napon belül bekerülhet az élelmiszerláncba (kukoricából a tejbe néhány órán belül átkerül). Ez a jelenség csak az utóbbi néhány évben került a vizsgálatok fókuszába. A gazdák figyelmét is felhívják ennek veszélyére, illetve a terménybevizsgálatási kötelezettségre.

Az 1960-as évek óta a magyarországi talajokon, részben az alkalmazott műtrágyázás következményeként a talaj pH-ja kedvezőtlen irányba változott, így savanyodó talajaink kedvező életkörülményeket teremtenek – a melegedő klímával együtt – az említett gombafajok szaporodásához és az aflatoxin fokozott termelődéséhez egyaránt.

Célunk annak vizsgálata, hogy a talajtípusok és a talajkezelési módok hogyan befolyásolják a talaj-pH-t, ezáltal a – gazdaságilag jelentős – toxintermelő *Aspergillus*-fajok szaporodását és aflatoxintermelését. Kutatási tervünket úgy állítottuk össze, hogy a különböző tápanyag-utánpótlási módok alkalmazása során találhassunk olyan lehetőségeket (az átlagos terméseredményt negatív irányba lehetőleg nem befolyásolva), amelyekkel a kukorica betakarításkori aflatoxintartalmát határértéken belül lehet tartani. A későbbiekben erre ugyanis nincs reális lehetőség: a határérték feletti toxint tartalmazó termény további, élelmiszer célú felhasználásra és feldolgozásra alkalmatlan.

Kutatási tervünk: (i) Vizsgálandó talajok, területek kiválasztása és kijelölése (homoktalaj, lápos réti talaj, humuszos homoktalaj, csernozjom jellegű agyagos vályogtalaj); (ii) Talajmintavétel; (iii) Talajok fizikai-kémiai paramétereinek felvétele (talajvizsgálatok): pH, kötöttség, szemcseméret, összes karbonáttartalom CaCO_3 -ban kifejezve, humusztartalom, kálium-, nitrogén- és foszfortartalom, magnézium-, nátrium-, cink-, réz- és mangántartalom, *Aspergillus*-fajok mennyiségi meghatározása antibiotikumtartalmú szelektív táptalajon tenyésztve, majd faj szerinti meghatározása molekuláris biológiai módszerekkel; (iv) Amennyiben a talajok mikrobiológiai vizsgálata során nem mutatható ki *Aspergillus*-fajok jelenléte, akkor vizsgálatainkat tenyészedényes kísérletekkel kiegészítve folytatjuk tovább úgy, hogy azokat (törzstenyészetből származó) gombával beoltva, ugyanazokat a

talajkezelési módokat alkalmazzuk, mint a szabadföldi kísérletben; (v) *Aspergillus*-fajok hőmérsékleti és pH-optimumának, valamint -toleranciájának meghatározása; (vi) Őszi mintavétel és talajvizsgálatok (szerves trágyázás, szántás előtt); (vii) Első talajkezelés (őszi szerves trágyázás: minden talajtípus egy részén szerves juhtrágya alkalmazása, 80 t ha⁻¹); (viii) Tavaszi mintavétel és talajvizsgálatok (vetés előtt); (ix) Második talajkezelés (tavaszi alaptrágyázás, vetéssel egy időben, minden talajtípus különböző részletein) – szerves trágyázott területen Pétisó (27% nitrogén), 250 kg ha⁻¹; pétisó (27% nitrogén), 250 kg ha⁻¹; ammónium-nitrát, Genesis (34% nitrogén), 250 kg ha⁻¹; baktériumtrágya és Pétisó (27% nitrogén), 250 kg ha⁻¹; (x) Nyár eleji mintavétel, talajvizsgálatok (sorközművelés előtt); (xi) Talajkezelés: fejtrágyázás sorközműveléssel egy időben: minden területre Pétisó (27% nitrogén), 150 kg ha⁻¹; (xii) Késő nyári – kora őszi mintavétel, talaj- és növényvizsgálatok: aflatoxin B1 és össz-aflatoxin (B1, B2, G1, G2) azonosítása és mennyiségi meghatározása (HPLC-MS); (xiii) Őszi (az első mintavétel után egy évvel) mintavétel és vizsgálatok: talajvizsgálat, termésvizsgálat (kukoricaszemek: mennyiség és toxin), betakarításkor (nedves állapotban) azonnal, betakarítás után (nedves állapotban), 3 nappal, 7 nappal, 14 nappal; szárítás után közvetlenül (száraz állapotban), raktározás alatt (1 hónap múlva, 3 hónap múlva, 6 hónap múlva); (xiv) Adatfeldolgozás.

Kulcsszavak: Vallner Judit, Krausz Erzsébet, Halász Judit, Béni Áron, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus*, aflatoxin, nitrogén-műtrágyázás, kukorica

*

CYLINDROSPERMOPSIS RACIBORSKII ALGAVIRÁGZÁS ÉS HALPUSZTULÁS – AZ ELEKTROFIZIOLÓGIAI EREDMÉNYEK NEUROTOXIKUS HATÁSRA UTALNAK

Vehovszky Ágnes,^a Kovács W. Attila,^a Farkas Anna,^a Győri János,^a Szabó Henriette^a és Vasas Gábor^b

^aMTA Ökológiai Kutatóközpont, Balatoni Limnológiai Intézet, Kísérletes Állattani Osztály, Ökotoxikológiai Munkacsoport, H-8237 Tihany; ^bDebreceni Egyetem Botanikai Intézete, H-4032 Debrecen

2012. november elején a Debrecen-környéki Erdőpuszta-horgásztavak Fancsika 1. tározóján a víz elszíneződésével párhuzamosan nagymértékű halpusztulás, a parton pedig elhullott állatok voltak megfigyelhetők. Laboratóriumi vizsgálatok a víz *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya et Subba Raju (Noctocales, *Cyanophyceae*) fonalas kékalga algavirágzását igazolták (3,2 x 10⁴ filament ml⁻¹). Mivel korábbi elektrofiziológiai vizsgálataink kimutatták, hogy egyes balatoni *C. raciborskii* algavirágzásból származó izolátumok kivonatai anatoxin-a típusú cianotoxinokhoz hasonló kolinerggátló hatást fejtenek ki,⁴⁸⁻⁴⁹ feltételezhetjük rokon neurotoxikus mechanizmusok szerepét, melyek a fenti nagymértékű halpusztuláshoz hozzájárulhattak.

⁴⁸ Kiss, T., Vehovszky, Á., Hiripi, L., Kovács, A. & Vörös, L. (2002) *Comp. Biochem. Physiol. C.* **131**: 167-176.

⁴⁹ Vehovszky, Á., Kovács, A. W., Szabó, H., Győri, J. & Farkas A. (2012) *Acta Biol. Hung.* **63**: 160-170.

Helix pomatia központi idegrendszerének azonosított sejtjein teszteltük a Fancsika-tározóból gyűjtött környezeti minta (*FTM*) és a vízből izolált *C. raciborskii* biomassza (*FCM*) kivonatait, összehasonlítva a tiszta cianotoxin (anatoxin-a), a Balatonból izolált *C. raciborskii* ACT 9505, valamint az anatoxin-a (homoanatoxin-a) cianotoxinokat termelő *Oscillatoria* sp. *PCC 6506* izolátumok hasonlóan készített vizes kivonatával. A kolinerggátló neurotoxinokat tartalmazó *PCC 6506* izolátum kivonata erőteljesen gátolta az idegsejtek acetil-kolin alkalmazásával kiváltott membránválaszait ($EC_{50}=0,073$ mg száraztömeg ml^{-1}), és hasonló hatásokat tapasztaltunk a Fancsika-tározó mintáinak (*FTM*, *FCM*) esetén is, ami közös hatásmechanizmusra utal (*ACh*-receptorok gátlása). Összehasonlítva, a Fancsika-tározói (*FTM*) kivonat neuronális hatása erőteljesebbnek bizonyult, mint a hasonló módon készített *C. raciborskii* ACT 9505 (balatoni izolátum) kivonata ($EC_{50}=0,397$ mg ml^{-1} , illetve $0,734$ mg ml^{-1}).

Cylindropermopsis raciborskii először az 1970-es években jelent meg Magyarországon, a nyolcvanas években (köztük a Balatonon is) több algavirágzást okozott, és tömeges felszaporodása kisebb állóvizekben, halastavakban jelenleg fokozódni látszik.⁵⁰ Algavirágzáskor a teljes alga biomassza akár 95%-át is képviselheti⁵¹ A *C. raciborskii* és a potenciálisan neurotoxikus törzsek terjedése hazánkban jelentős humán egészségügyi és környezeti kockázati fenyegetést is jelenthet.

Kulcsszavak: Vehovszky Ágnes, Kovács W. Attila, Farkas Anna, Györi János, Szabó Henriette, Vasas Gábor, *Cylindropermopsis raciborskii*, anatoxin-a, *Helix pomatia*, neurotoxin, acetilkolin, halpusztulás

Munkánkat az OTKA K63451, K81370, F046493, GVOP-3.2.1, GVOP-TST 3.3.1-05/1-2005-05-0004/3.0, valamint az MTA „Megújítás 2012” Balaton monitoring program támogatta.

*

A *MON 810* KUKORICAFAJTA HOSSZÚ TÁVÚ HATÁSA A *FOLSOMIA CANDIDA* (COLLEMBOLA) BÉLRENDSZERÉNEK SZÖVETANI SZERKEZETÉRE – ELŐZETES VIZSGÁLATOK

Weisz Máté és Bakonyi Gábor

Szent István Egyetem, Állattani és Állatökológiai Tanszék

Napjainkban a globális kukorica-termőterület 35%-án olyan genetikailag módosított kukoricát (*Bt*-kukorica) termesztenek, amely egyes kártevő rovarokat károsító fehérjét (*Cry*-toxin) termel. Ilyen *Bt*-kukorica a *MON 810* kukorica fajtacsoport is, amely a kukoricamoly lárvája ellen hatásos fehérjét tartalmaz. A *Cry*-toxin a kukoricamoly-lárvák bélrendszerét károsítja, ami a lárvák pusztulásához vezet. A *Bt*-növényekben a *Cry*-toxin az összes növényi részben folyamatosan termelődik, ezért monokultúrás termesztés esetén a talajba folyamatosan, éveken

⁵⁰ Vasas, G., Surányi, G., Máthé, C., M-Hamvas, M. & Borbély G. (2010) *Acta Biol. Hung.* **61**: 218-225.

⁵¹ Présing, M., Herodek, S., Vörös, L., & Kóbor, I. (1996) *Arch. Hydrobiol.* **136**: 553-562.

keresztül bejuthat. Mivel a Cry1-toxin lebomlási ideje hosszú is lehet, a talajban élő állatok folyamatos kitettségekben élhetnek.

Az ugróvillások a talajban és annak felszínén élő ízeltlábú állatok. Részt vesznek a talajbeli lebontó folyamatokban, stimulálhatják a növények növekedését, valamint a növényi betegségek terjedését is gátolhatják. Ezekből következik, hogy megfelelő minőségű és mennyiségű jelenlétük a talajban, ökológiai és mezőgazdasági szempontból fontos, jelentős. A *Folsomia candida* faj talajökotoxikológiai vizsgálatokban gyakran használt modellszervezet, mert laboratóriumi tartása egyszerű, használata biológiailag releváns.

Vizsgálatunk során hat éve *MON 810* kukoricafajtát fogyasztó *F. candida*-tenyészet egyedeinek középbelét hasonlítottuk össze a közel izogénes kukoricát fogyasztó *F. candida* ugróvillások középbelével. Az állatok 20-napos korukig kukoricalevél-őrleményt kaptak táplálékkul, kevés élesztővel kiegészítve. Ezután fixáltuk és beágyaztuk az egyedeket. Az állatok bélrendszeréről félvékony és ultravékony metszeteket készítettünk, amelyeket fény- és elektronmikroszkóppal vizsgáltuk. A két csoportról készült felvételeket egymással összehasonlítottuk.

A vizsgálatok során mind a középbel szerkezetének struktúrájában, mind a bélhámsejtek finomszerkezetében különbségeket találtunk. A fénymikroszkópos vizsgálat során a *MON 810* kukoricafajtát fogyasztó állatok bélhámsejtjeinek alakja szabálytalanabb volt, és a kutikuláris szegély sem volt egyenletes a kontrollcsoporthoz képest. Az elektronmikroszkópos felvételeken a *MON 810* kukoricafajtát fogyasztó állatok bélhámsejtjein szabálytalan alakú apikális kitérődések voltak láthatók, rajtuk a mikrovillusok finomszerkezete rendezetlen volt. Ezzel szemben a közel izogénes kukoricát fogyasztó állatoknál a bélhámsejtek apikális oldala egyenletes volt, a mikrovillusok szabályos, párhuzamos elrendeződést mutattak. A *MON 810* kukoricát fogyasztó állatok középbelét vizsgálva a középbelhám sejtekben nagyméretű tápláléktörmelék tartalmazó szemcséket találtunk, ami a tökéletlen emésztési folyamatokra utal. A Cry1Ab-toxint termelő kukoricát fogyasztó állatok bélhámsejtjeinek sejtmagjában nagyobb arányú eukromatikus régiót tapasztaltunk, ami a fokozott génexpresszió jele lehet. Továbbá ugyanezen állatok bélhámsejtjeinek citoplazmájában megnövekedett mennyiségű endoplazmatikus retikulumot is megfigyeltünk, ami fokozott fehérjeátíródásra utal. Ezek alapján feltételezhető, hogy a *MON 810* kukoricafajtát fogyasztó állatok bélhámsejtjeiben megváltozott anyagcsere-folyamatok zajlanak. A jelenség hátterében valószínűleg a bélrendszer károsodása áll.

Vizsgálatunk alapján elmondható, hogy a *MON 810* kukoricafajtát fogyasztó *F. candida*-egyedek középbelhám struktúrája károsodik, ami feltehetően eltéréseket okoz a középbelhámsejtek anyagcsere-folyamataiban is. Ezek az eredmények aggodalomra adhatnak okot a talaj ökoszisztéma védelmét illetően, hiszen az ugróvillások károsodása hosszú távon befolyásolhatja a talajban zajló lebontó folyamatokat is.

A kutatás a TÁMOP-4.2.2.B-10/1 „A tehetséggondozás és kutatóképzés komplex rendszerének fejlesztése a Szent István Egyetemen” című pályázat támogatásával valósult meg.

Kulcsszavak: Weisz Máté, Bakonyi Gábor, GMO, *MON 810*, Cry1Ab, kukorica, ugróvillások, *Folsomia candida*, középbelhám

INDEX

A

<i>Acer campestre</i>	31-32
<i>Acer negundo</i>	31-32
acetilkolin	43-44
Adányiné Kisbocskói Nóra	34
additív	20
aflatoxin	5- 6, 34-36, 42-43
aflatoxin B1	17-18
akaricid	8- 9
akrilnitril	20
Al	13-14, 18-19
Ames-teszt	40-41
AMPA	36-37
anatoxin-a	43-44
antioxidáns-kapacitás	16-17
As	10-11, 16-17
<i>Aspergillus flavus</i>	17-18, 34-36, 42-43
<i>Aspergillus parasiticus</i>	42-43
<i>atrazine</i>	23-25
Avar Péter	25
Ács András	10, 11

B

Ba	13-14, 31-32
Baka Erzsébet	17
Bakonyi Gábor	44
Balaton	25-26
Balogh Zsuzsanna	13, 18
Bánáti Diána	33
Bánáti Hajnalka	4, 7
Baranyai Edina	13, 18, 31
Béni Áron	42
Béres Csilla	11
biodegradáció	5- 6
biodetoxifikáció	5- 6, 27-28
Borné Papp Zsuzsanna	14
Borsányi Mátyás	30
Braun Mihály	13, 18, 31

C

Cd	10-11, 18-19, 34-36
<i>Celtis occidentalis</i>	31-32
CHO-sejt	16-17
citotoxikus hatás	16-17, 39-40
<i>clothianidin</i>	22-23
Cr	10-11, 13-14
<i>cry1Ab</i> -gén	4-5

<i>Cry1Ab</i> -toxin	39-40, 44-45
Cu	10-11, 13-14, 18-19, 31-32
<i>Cupriavidus</i>	5-6
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	43-44
Cseresnyés Erika	22
Cserhát Csaba	31
Cserhádi Mátyás	5, 27

D

Darvas Béla	4, 7, 8, 34, 39
Deli Szabina	7
Dévai György	13
<i>diclofenac</i>	14-15
<i>dimethoate</i>	34-36
dimetilformamid	20
Dobolyi Csaba	5, 17
Dura Gyula	30

E

elektronsugaras mikroanalízis	28-29
elemeloszlás	28-29
ELISA	4- 5, 17-18
engedélyezési stratégiák	7-8
enzimatis folyamatok	27-28
Erős Tibor	25
<i>essential use</i>	23-25
etilénoxid	20
élelmiszerpazarlás	37-38

F

F1 nemzedék	4-5
Fábián István	31
Farkas Anna	10, 43
Farkas Nikolett	14
Farsang Ágota	11
Fe	13-14, 18-19, 31-32
Fejes Ágnes	22, 39
Fekete Gábor	22
FMOC	36-37
fogyasztói elfogadás	33-34
<i>Folsomia candida</i>	44-45
formaldehid	34-36
formázó anyagok	39-40
Füleki Lilla	7

G

gén expresszió	5-6
genotoxicitás	40-41
geokémiai akkumulációs index	10-11
Gilles-Éric Séralini	39
<i>Glyphosate</i>	36-37, 39-40
GM-fajtacsoport engedélyezők	7-8
<i>GMO</i>	44-45
<i>Gomphus flavipes</i>	13-14
guttáció	22-23
gyékény	14-15
Győri János	43
Gyulai István	18

H

Halász Judit	42
halpusztulás	43-44
Hámori Judit	37
Harangi Sándor	13, 18
<i>Helix pomatia</i>	43-44
Hg	10-11, 34-36
hormonmoduláns vegyületek	21-22
hormonszennyezés	25-26
Horváth Boglárka	28
<i>HPLC-FLD</i>	17-18
<i>HPLC-MS</i>	17-18
Hrács Krisztina	28
Hubay Katalin	18

I

<i>IDRD</i>	8-9
inszekticid	8-9
<i>IPM</i>	8-9
<i>ISAAA</i>	7-8
ivóvíz	30-31

J

Jakabné Sándor Zsuzsanna	14
Juracekné Nádasdi Judit	22

K

kalmodulin	17-18
Kardos Cecília	8
Katona Bettina	18
Kereki Orsolya	22
klímaváltozás	17-18
klórozott szénhidrogén	8-9
Kocsis Zsuzsanna	16, 40
kommunális szennyvíz	11-12

Kovács W. Attila	43
Kovács Nóra	11
középbélhám	44-45
Krausz Erzsébet	42
Krifaton Csilla	5, 17, 27
Kriszt Balázs	5, 17, 27
krónikus betegségek	21-22
Kukolya József	5, 17, 27
kukorica	4-5, 17-18, 42-43, 44-45
Kundrát János Tamás	18

L

László József	36
<i>LC/MS/MS</i>	36-37
<i>Listeria</i>	34-36

M

Maász Gábor	25
Major Jenő	16, 20
Málnás Kristóf	13
Marcsek Zoltán	16, 21, 40
Márk László	25
mikotoxin	5-6
Mn	13-14, 18-19, 31-32
molekuláris taxonómiai iden.	17-18
Molnár Erzsébet	30
<i>MON 810</i>	44-45
Mörthl Mária	22
<i>MP-AES</i>	13-14, 18-19
mutagenitás	40-41

N

nagy hidrosztatikus nyomású	33-34
Nagy Péter István	28
nehézfém	30-31
neonikotinoid	8-9, 22-23
Neszlényi Kálmán	4
Neurotoxin	43-44
Ni	10-11, 31-32
Nicolas Defarge	39
nitrogén-műtrágyázás	42-43
növényvédőszer-maradék	34-36

O

ohratoxin	5-6
ólom	30-31

P

<i>Padus serotina</i>	31-32
Palotai Zoltán	36
Pb	10-11, 13-14, 18-19, 31-32
PCR	4-5, 17-18
Percze Vanda	14
perzisztencia	21-22
Pethő Ágnes	23
piretroid	8-9
Pirger Zsolt	25
polietoxilált faggyúamin	39-40
potenciális ökol. kockázat-index	10-11
primer aromás amin	34-36
progeszteron	25-26
pulzáló elektromos térerő	33-34

Q

<i>Quercus robur</i>	31-32
----------------------	-------

R

222Rn	20
RASFF	34-36
REACH	20
Rétfalvi Tamás	11
<i>Rhodococcus</i>	27-28
<i>Rhodococcus</i>	5-6
Risa Anita	27
röntgenabszorpciós spektrometria	28-29

S

S	31-32
<i>S. cerevisiae</i> BLYES/BLYR	27-28
<i>Salmonella</i>	34-36
Sávoly Zoltán	28
Sebestyén Ágnes	30
Sebők Flóra	17
sejtmentes kivonat	27-28
Simon Edina	13, 18, 31
SOS-Chromoteszt	17-18
speciáció	28-29
Sr	13-14, 18-19, 31-32
Susztér Gabriella	36
Szabó Erzsébet	33
Szabó Éva	18
Szabó Henriette	43
Szamos	13-14
Szécsi Árpád	17
Székács András	4, 7, 8, 22, 34, 39
szennyvíz	40-41

szerves foszforsav-észter	8-9
Szigeti Tamás János	36
szinergista	20
Szoboszlai Sándor	5
Szondi Attila	13
sztóma denzitás	31-32
sztóma méret	31-32
Szűcs Viktória	37

T

Takács Eszter	39
Takács Péter	25
Tarnóczai Tímea	16, 40
tesztoszteron	25-26
<i>thiamethoxam</i>	22-23
Tisza	13-14
Tóthmérész Béla	13, 18, 31
transzgenikus x tájfajták	4-5
triazin	23-25
trichoma	31-32
túlfogyasztás	37-38
<i>Typha latifolia</i>	14-15

U

ugróvillások	44-45
uszodavíz	40-41

V

Vajda Boldizsár	4
Vallner Judit	42
Vargha Márta	30
Vasas Gábor	43
Vehovszky Ágnes	43
<i>Vibrio fischeri</i>	11-12
Weisz Máté	44

Z

Záray Gyula	28
zearalenon	27-28
Zn	10-11, 13-14, 18-19, 31-32
ZnO nanorészecskék	28-29
zoocid	8-9
zoocid karbamát	8-9

Abs. III. Ökotoxikológiai Konferencia, 2013
Magyar Ökotoxikológiai Társaság, Budapest
ISBN 978-963-89452-2-8