

## II. ÖKOTOXIKOLÓGIAI KONFERENCIA előadás és poszter kötete

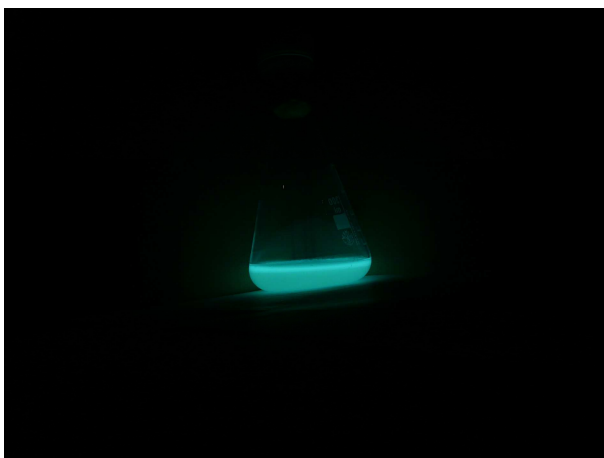
### V. GÉNTECHNOLÓGIA – NÖVÉNY- ÉS KÖRNYEZETVÉDELMI SZIMPÓZIUM

### II. KÖRNYEZETANALITIKAI ÉS ÖKOTOXIKOLÓGIAI SZIMPÓZIUM

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

Időpontja  
2012. november 23. (péntek) 9:00-17:30

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



*Aliivibrio fischeri* tenyészet – fotó: Krifaton Csilla<sup>©</sup>

A konferenciakötet szerkesztője  
***Darvas Béla***

A konferenciakötet szerkesztő bizottságának tagjai  
*Bakonyi Gábor, Major Jenő és Székács András*

***ISBN 978-963-89452-1-1***

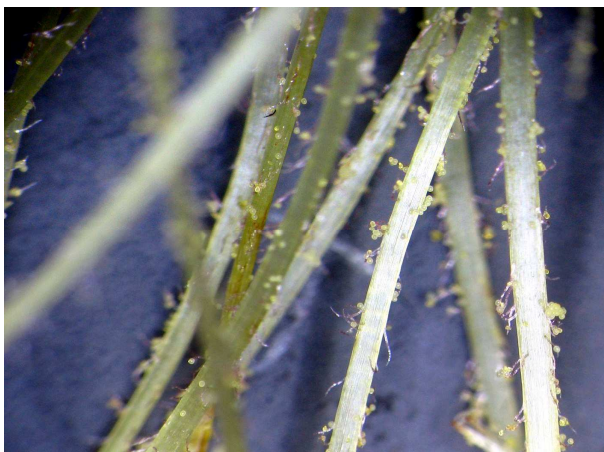
Kiadó  
***Magyar Ökotoxikológiai Társaság***

Budapest  
2012

## TARTALOMJEGYZÉK

|   |    |
|---|----|
| <b>Bakonyi Gábor és Haulik Beatrix</b> – SSD-modellek alkalmazása nanoanyagok, vízi életközösségekre hatást még nem mutató koncentrációjának (PNEC) becslésére  | 4  |
| <b>Balázs Mária, Pándics Tamás, Udvardy Orsolya, Demeter Zoltán és Törökné Kozma Andrea</b> – A nanoszennyezők szemikvantitatív kockázatbecslési modelljeinek finomítása krónikus ökotoxikológiai tesztek eredményeivel                           | 5  |
| <b>Bánáti Hajnalka, Vajda Boldizsár, Neszmélyi Károly, Székács András és Darvas Béla</b> – GM <sup>♀</sup> x nem-GM <sup>♂</sup> kukorica F1 GMO-tartalma [N <sup>o</sup> 3]  | 6  |
| <b>Báskay Imre</b> – Előzetes vizsgálatok nyomnyi mennyiségű herbicid hatásának a planktonikus algaflórára gyakorolt hatásáról, laboratóriumi körülmények között  | 7  |
| <b>Darvas Béla, Deli Szabina, Füleki Lilla, Németh Gyöngyi és Székács András</b> – GMO engedélyezés és kísérleti kibocsátások Európában   | 9  |
| <b>Dobó Zoltán és Báskay Imre</b> – A reprodukciós <i>Daphnia</i> -teszt (OECD 211) kiterjesztése a hormonmoduláns hatás vizsgálatára   | 10 |
| <b>Fejes Ágnes, Takács Eszter, Juracsek Judit, Klátyik Szandra, Fekete Gábor, Székács András és Darvas Béla</b> – Cry-toxin tartalmú kukoricák vízben való lebomlásának vizsgálata és toxikológiai értékelése                                     | 11 |
| <b>Gyöngyösiné Papp Zsuzsanna, Jakabné Sándor Zsuzsanna, Bíró Janka és Alexandrina Fodor</b> – Javaslat gyógyszermaradványok természetes úton történő eltávolítására szennyvíztisztítók elfolyó vizéből   | 13 |
| <b>Halmy Eszter és Halmy László</b> – Hormonmodulánsok szerepe az elhízás kialakulásában  | 14 |
| <b>Jakab Mátyás, Magyar Éva Judit, Besenyei Krisztina, Major Jenő és Tompa Anna</b> – DNS repair és apoptózis összefüggése környezeti humán expozíciókban   | 15 |
| <b>Krifaton Csilla, Kriszt Balázs, Cserhádi Mátyás, Risa Anita, Szűcs Ádám, Szoboszlav Sándor, Harkai Péter, Dobolyi Csaba, Sebők Flóra és Kukolya József</b> – Biomonitoring rendszerek fejlesztése az aflatoxin-B1 és a zearalenon vizsgálatára | 16 |
| <b>Major Jenő</b> – A többvégpontos humán géntoxikológiai monitor alkalmazása a környezeti mutagén hatások primer prevenciójában  | 17 |
| <b>Mörtl Mária, Juracsek Judit, Németh Gyöngyi, Lisa Kamp, Fernando Rubio és Székács András</b> – A glyphosate immunanalitikai meghatározása és előfordulása szennyezőként a hazai környezeti vízmintákban  | 18 |
| <b>Nagy Péter, Sávoly Zoltán, Hrács Krisztina, Horváth Boglárka és Záray Gyula</b> – Eltérő krómformák toxicitásának és felvételi viszonyainak vizsgálata talajlakó fonálférgeken   | 20 |
| <b>Pethő Ágnes és Ocskó Zoltán</b> – A környezetben tartósan megmaradó szerves szennyező (POP) növényvédő szerek hazai felhasználása 1950-2010 között   | 21 |
| <b>Sávay Sándor, Rigó Barbara, Nánássy László, Debreceni Diána, Dudás Beáta, Süli Ágota, Higi Vera, Kósa Zsolt és Vereczkey Attila</b> – A perikonceptcionális időszak toxikológiai vonatkozásai  | 22 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Sávoly Zoltán, Hrács Krisztina, Havancsák Károly, Nagy Péter és Záray Gyula</b> – Talajlakó fonálférgek mikroanalitikai vizsgálata <i>FIB-SEM</i> technika segítségével _____  | 23 |
| <b>Székács András és Darvas Béla</b> – Álláspontok a <i>GMO</i> környezeti kockázatbecslésben alkalmazott statisztikai módszerekről _____   | 24 |
| <b>Takács Eszter, Darvas Béla, Bánáti Hajnalka, Lauber Éva, Juracsek Judit és Székács András</b> – A <i>MON 810</i> -es GM-kukorica Cry1Ab-tartalmának változása a tenyésztési időszak során szabadföldi és üvegházi körülmények között _____ | 25 |
| <b>INDEX</b> _____  | 27 |

Felnőtt kukorica portokok – fotó: Darvas Béla<sup>©</sup>Kukorica bibék megtapadó kukoricapollen – fotó: Darvas Béla<sup>©</sup>

## SSD-MODELLEK ALKALMAZÁSA NANOANYAGOK, VÍZI ÉLETKÖZÖSSÉGEKRE HATÁST MÉG NEM MUTATÓ KONCENTRÁCIÓJÁNAK (*PNEC*) BECSLÉSÉRE

Bakonyi Gábor és Haulik Beatrix

Szent István Egyetem, Állattani és Állatökológiai Tanszék, Gödöllő

A nanoanyagok felhasználása különböző területeken rendkívül gyors ütemben növekszik.<sup>1</sup> A várható nagymértékű kibocsátás miatt elengedhetetlen, hogy felmérjük az ilyenfajta környezetterhelés kockázatait. A vízi környezet vizsgálata különösen fontos, mivel lakossági és ipari szennyvizekkel, valamint a mezőgazdasági alkalmazás során nagymértékű nanoméretű szennyező kibocsátás várható a jövőben. Az elmúlt években ugyan a különböző nanoszennyezők biológiai hatásait egyre jobban kutatták, és megkezdődött ezen anyagok ökotoxikológiai tesztelése is, de ezeknek az anyagoknak a környezeti hatásairól rendkívül keveset tudunk.

Ebben a vizsgálatban a nano TiO<sub>2</sub>, a nano ZnO, a nano Ag és a fullerének hatását elemeztük felszíni vízi életközösségekre a fajok érzékenységének eloszlásán alapuló módszer segítségével. A fajok érzékenységének eloszlásán alapuló eljárások a „*Species Sensitivity Distribution*” (*SSD*) modellek<sup>2</sup> egyre gyakrabban használatosak a kockázatelemzés során, mivel segítségükkel statisztikailag lehet becsülni egy anyagnak az életközösségekre veszélyesnek tekinthető koncentrációját.

Összesen 37 tudományos cikkből, 36 fajra vonatkozó ökotoxikológiai adatot, akut EC<sub>50</sub>/LC<sub>50</sub>/IC<sub>50</sub>, valamint *NOEC* és *LOEC* értékeket dolgoztunk fel. Mind a négy vizsgált nanoanyag esetén, a rendelkezésre álló fajok és koncentráció adatok mennyiségétől függően, több *SSD* modellt illesztettünk. A modellekből számolt, az életközösségekre előreláthatólag hatást még nem mutató koncentrációkat (*PNEC*) számoltuk ki.

A négy vizsgált nanoanyag közül a nanoezüst bizonyult a legtoxikusabbnak, melyet a nano-cinkoxid, és a fullerének követtek a toxicitási sorban. A nano-titándioxid volt potenciálisan a közösségekre a legkevésbé toxikus. Megállapítottuk, hogy nanoezüst esetén az átlagok helyett a minimum toxicitási értékek felhasználása az *SSD* modellekben megbízhatóbb értéket ad a biztonságos becsléshez, mint az átlagok felhasználása. A fullerének pontosabb *PNEC* értékek meghatározásához több faj és fullerén-típus vizsgálatára van szükség, mint amennyi pillanatnyilag rendelkezésre áll.

A kutatást a TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0003 számú „Az oktatás és kutatás színvonalának emelése a Szent István Egyetemen” című pályázat támogatta.

**Kulcsszavak:** Bakonyi Gábor, Haulik Beatrix, *species sensitivity distribution*, *SSD*, nano-titán, nano-cink, nanoezüst, fullerén, *PNEC*

<sup>1</sup> Piccinno, F., Gottschalk, F., Seeger, S. & Nowack, B. (2012) *J. Nanopart Res.* **14**, 1109 DOI 10.1007/s11051-012-1109-9

<sup>2</sup> Posthuma, L., Suter, G. W. H. & Traas, T. P. (2001) *Species Sensitivity Distributions in Ecotoxicology* Lewis: Boca Raton, FL, USA

## A NANOSZENNYEZŐK SZEMIKVANTITATÍV KOCKÁZATBECSLÉSI MODELLJEINEK FINOMÍTÁSA KRÓNIKUS ÖKOTOXIKOLÓGIAI TESZTEK EREDMÉNYEIVEL

Balázs Mária, Pándics Tamás, Udvardy Orsolya, Demeter Zoltán  
és Törökné Kozma Andrea

Országos Környezetegészségügyi Intézet, Budapest

A nanotechnológiai eljárások során előállított anyagok technológiai szempontból kedvező tulajdonságai mellett egyes esetekben kedvezőtlen – környezetre és emberi egészségre gyakorolt – hatása is igazolódott. Az egyre szélesebb körű alkalmazásuk miatt a kedvezőtlen – elsősorban méretükből, és a nagyszemcsés változatoknál lényegesen nagyobb fajlagos felületükből adódó – tulajdonságuk és a kockázatok meghatározása feltétlenül szükséges. A teljes körű kockázatbecslés elvégzéséhez még számos vizsgálat és kutatási eredmény hiányzik, így szemikvantitatív modellek kialakításával határozható meg azon anyagok köre, amelyek esetében jelentős hatással kell számolni. A modell finomításához, illetve a káros hatások és kockázatok felméréséhez tehát az első lépés a megfelelő adatok összegzése és a hiányzó vizsgálatok elvégzése.

Laboratóriumunkban akut és krónikus ökotoxikológiai vizsgálatokat végeztünk *Daphnia magna*, *Thamnocephalus platyurus* és *Heterocypris incongruens* édesvízi kiskrák tesztszervezeteken, valamint különböző alga (kova-, kék-, és zöldalga) tenyészeteken. Vizsgálataink tárgyát különböző nanoszennyezők, mint például a vas (II, III)-oxid, (30 nm-es átlagos szemcseméretű) és titán (IV)-oxid nanorészecskék képezték, amelyekre vonatkozó toxicitási számszerű adatok igen hiányosak.

Munkánk során a vas- és titán-oxidok különböző koncentrációjú vizes nanodiszperziójával kezeltük a tesztszervezeteket 0,01 és 100 mg/L közötti tartományban.

Bár a *Daphnia magna*-n és a *T. platyurus*-on elvégzett eddigi akut vizsgálatok egyelőre nem mutattak toxicitást, a mikroszkópos elemzésekben egyértelműen látszott a bélrendszerekben és a kültakarón lerakódott vas-oxid.

A nanoméretű oxidok akut hatását több algafajon is vizsgáltuk ugyanabban a koncentráció-tartományban. A 10 mg/L-es koncentráció felett eltérő mértékben, de mindegyik tesztelt fajra gátló hatást eredményezett. A legérzékenyebbnek a *Navicula pelliculosa* (kovaalga) bizonyult, de az *Anabaena* sp. (kéalga) valamint a *Pseudokirchneriella subcapitata* (zöldalga) tesztszervezeteken is egyértelműen kimutatható volt a gátlás a 10 mg/L feletti tartományban.

Az elvégzett akut tesztek eredményei arra ösztönöztek bennünket, hogy a fém-oxidok hatását hosszabb expozíciós idejű és érzékenyebb végpontú krónikus tesztekben is vizsgáljuk. *Daphnia magna* reprodukciós vizsgálat (OECD Guideline 211) kerestük a választ arra, hogy az akut tesztekben tapasztalt, a szervezetek kültakaróján és belső szerveiben lerakódott nanorészecskék befolyásolják-e az állatok életképességét. Emellett üledék-toxicitási vizsgálatokat is végeztünk a krónikus OSTRACOD TOXKIT segítségével.

A nanoszennyezők krónikus hatását 10 és 1000 mg/L között több koncentrációban is vizsgáltuk, és a szaporodásra illetve növekedésre vonatkozóan jelentős eltéréseket tapasztaltunk. Az eredményeink azt mutatják, hogy a nanoméretű fénoxidoknak szignifikánsan gátló hatása van a kontrollhoz és a nagy szemcsés fénoxid formákhoz képest.

Az elvégzett vizsgálataink igazolják azt az álláspontot, miszerint számos nanoanyag a biológiai hatását tekintve eltér a nagyszemcsés formáitól, így azt külön anyagként kezelve kell vizsgálni.

A nanorészecskék környezeti hatásairól teljes képet egyelőre még nem alkothatunk, de az eddigi vizsgálati eredmények segítségével szemikvantitatív modellt alakítottunk ki, amely segít annak megítélésében, hogy mely anyagok esetben áll fenn jelentős kockázat és az egyre jelentősebb számban rendelkezésre álló adatok felhasználásával egyre pontosabban határozható meg a kockázat.

**Kulcsszavak:** Balázs Mária, Pándics Tamás, Udvardy Orsolya, Demeter Zoltán, Törökné Kozma Andrea, *Daphnia magna*, *Thamnocephalus platyurus*, *Heterocypris incongruens*, *Navicula pelliculosa*, *Anabaena* sp., *Pseudokirchneriella subcapitata*, nano-vas, nano-titán, nanoszennyező

\*

## GM<sup>♀</sup> X NEM-GM<sup>♂</sup> KUKORICA F1 GMO-TARTALMA [N<sup>o</sup> 3]

Bánáti Hajnalka,<sup>a,b</sup> Vajda Boldizsár,<sup>c</sup> Neszmélyi Károly,<sup>c</sup> Székács András<sup>a</sup>  
és Darvas Béla<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup>ELTE Környezettudományi Doktori Iskola, Budapest; <sup>b</sup>Központi Környezet- és Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet, Budapest; <sup>c</sup>NÉBIH GMO Labor, Budapest

A szélbeporzású kukorica esetében az intraspecifikus hibridképződés jelentős probléma. Ennek csökkentésére izolációs távolságot kell betartani, amelyet a GM-kukoricatáblától mérnek. A fajtahibridizáció természetének vizsgálatára módosíthatlan színes és GM-kukoricákkal kísérletekbe kezdtünk.<sup>3</sup> Az egyes országok erre a célra eltérő távolságot tartanak szükségesnek. A fajtatulajdonosok kisebb távolság mellett voksolnak, míg a vetőmag- és ökológiai termesztők sokkal nagyobb távolságot tartanak szükségesnek. Vizsgálataink szerint jelentős különbség tapasztalható árukukorica (pollenkompetíció van) és vetőmag-kukorica (pollenkompetíció nincs) esetében szükséges izolációs távolság nagysága között, de számít a pollenszórás időszakában uralkodó szélirány is.<sup>4</sup> Mindez azért problematikus, mert a pollennel átvitt *cry1Ab*-gén már abban az évben Cry1Ab-toxint termel.<sup>5</sup>

A *cry1Ab* gén öröklődése és kifejeződése a további nemzedékben kevésbé ismert. Ezért a hibridképződés valós arányainak megállapítása nagy jelentőségű.

<sup>3</sup> Fónagy A., Muthukalingan, K., Bánáti H., Lauber É., Takács E., Székács A., Nyíri A., Herman G., Kugler N. és Darvas B. (2010) *Abs. Növényvédelmi Tudományos Napok* 53. old. – [http://www.fvm.gov.hu/doc/upload/201002/ntn\\_2010\\_kiadvany\\_a.pdf](http://www.fvm.gov.hu/doc/upload/201002/ntn_2010_kiadvany_a.pdf)

<sup>4</sup> Darvas B., Bánáti H., Takács E., Vajda B., Neszlényi K. és Székács A. (2011) *Abs. I. Ökotoxikológiai Konferencia* 11-12 old. – <http://bdarvas.hu/download/pdf/AbsMOT4.pdf>

<sup>5</sup> Székács A. és Darvas B. (2007) *In Mezőgazdasági géntechnológia – elsőgenerációs GM-növények*. Darvas B. szerk. OMB, Budapest. 19-32. old. – <http://mek.oszk.hu/09900/09926/>

2009-2011 között bibe- (*MON 810*) és címerizolálással (KÉK FŐZNIVALÓ), továbbá reggeli megporzással fajtahibrid csöveket állítottunk elő. A beporzás kétnaponta történt.

Vizsgálataink végén ellenőriztük a keletkező utód szemek színét és az egyes utódszem-csoportok (Sárga, kék/Sárga-mozaik, Kék/sárga-mozaik, Kék) Cry1Ab-toxin tartalmát (*ELISA*). A továbbiakban *RT-PCR*-rel történő egyszemes mérésekben – párhuzamosan – *MON 810* eseményspecifikus és konstrukcióspecifikus (*cryIMON 810*) mérési módszereket alkalmaztunk. Utóbbira azért volt szükség, mert a szakirodalomban nem találtunk *cryIAb*-specifikus *RT-PCR* reakciót, ám a *cryIMON 810* módszer egyik primere a *cryI* génben tapad.<sup>6</sup> Ez várakozásunk szerint lehetővé teszi az *ELISA* és a *RT-PCR* mérések eredményeinek összevethetőségét.

A *MON 810* eseményspecifikus és a *cryMON 810* konstrukcióspecifikus reakciók azonos nagyságú jelzést adtak az egyszemes minták minőségére. A magok *cryIAb* gén tartalmát számszerűen a *MON 810* eseményspecifikus, illetve a *cryMON 810* konstrukcióspecifikus reakció *Ct* értékének, illetve a *hmg1*-specifikus reakció *Ct* értékének különbségével jellemezzük (*dCt*). Minél nagyobb ez a szám, a *cry*-tartalom annál kisebb. A *GMO* tartalomhoz a *MON 810* (*ERM<sup>®</sup>-AD413*) plazmiddal készített koncentrációsorozatból készített logaritmikus kalibrációs görbe segítségével olvastuk le a minták adatait. Az így nyert értékekből egyutas varianciánalízissel (*ANOVA*) és Tukey-tesztel végeztük el az összehasonlítást.

Vizsgáltuk a 2010-ben termelt F1 szemszín, majd a 2011-ben termelt F2 csoportokban az önmagukkal (értsd S x S, kS x kS, Ks x Ks, K x K) való beporzás után a szemszín-öröklődését (hasadás). Az F1 nemzedékben a sárgamozaik szemekben több *MON 810*-tartalmat mértünk (*MON 810*-tartalom), mint a többi színváltozatban. Előzetes eredményeink a szín (→ mozaikoknál transzpozon-aktivitás) és toxintermelő gének eltérő természetű öröklődése felé mutatnak. A begyűjtött F2 minták feldolgozása (*ELISA*, *RT-PCR*) még folyamatban van.

**Kulcsszavak:** Bánáti Hajnalka, Vajda Boldizsár, Neszmélyi Károly, Székács András, Darvas Béla, *GMO*, *MON 810*, *cryI*, *cryIAb*, vetőmag, színöröklődés, *RT-PCR*, eseményspecifikus, konstrukcióspecifikus, *ERM-AD413*

\*

## ELŐZETES VIZSGÁLATOK NYOMNYI MENNYISÉGŰ HERBICID HATÁSÁNAK A PLANKTONIKUS ALGAFLÓRÁRA GYAKOROLT HATÁSÁRÓL, LABORATÓRIUMI KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT

Báskay Imre

NÉBIH Talaj- és Agrár-környezetvédelmi Igazgatóság Gödöllői Vízélettani Laboratórium, Gödöllő

Az élővizeket érő hatások között jelentős szerepet játszik a mezőgazdasági tevékenység során bekerülő növényvédő szer. Kevésbé feltűnő, ha csak nyomnyi mennyiségű mérgező anyag jut a vizekbe, azaz az  $EC_{50}/LC_{50}$  értékének a töredéke.

<sup>6</sup> Kuribara, H., Shindo, Y., Matsuoka, T., Takubo, K., Futo, S., Aoki, N., Hirao, T., Akiyama, H., Goda, Y., Toyoda, M., & Hino, A. (2002) *J. AOAC Int.* **85**, 1077-1089.

Ilyenkor csak a tápláléklánc egyes tagjain jelentkezhet kisebb-nagyobb hatás. A gyomirtó-szennyezést követően a tó algabiomasszájának csökkenése vagy minőségi változása, pl. a kedvezőtlen cianobaktériumok irányába. Ezzel kapcsolatban több éve végzünk vizsgálatokat részben a Balatonból, részben dunántúli vízfolyásokból származó mintákból. Ennek során a fitoplankton és az esetlegesen kimutatott szermaradékok között keresünk összefüggést. Ezért laboratóriumi körülmények között természetes vizekből származó mintákat kezeltünk herbicidekkel, azok  $EC_{50}$  értékének 1/100-ad és 1/1000-ed mennyiségével.

A vízminták származási helye és ideje a következő: Balaton – Balatonudvari (É-i part) – május 3., Nőtincsi tározó – Nőtincs – május 22., Galgahévízi tározó – Galgahévíz – július 10., Peremvárosi horgásztó – Gyál – július 11., Bánki tó – Bánk – szeptember 19., Balaton – Zamárdi (D-i part) – október 3. Vizsgált herbicidek TAIFUN 360 (360 g/L *glyphosate*) –  $EC_{50}$  alga = 15,8 mg (*MSDS*); BUTOXONE M-40 (400 g/L *MCPB*) –  $EC_{50}$  alga = 1,6 mg (*MSDS*). Valamennyi vízminta esetében a TAIFUN 360 készítményből 158  $\mu\text{g/L}$  és 16  $\mu\text{g/L}$ , a BUTOXONE M-40-ből 16,0  $\mu\text{g/L}$  és 1,6  $\mu\text{g/L}$  koncentrációkat állítottunk be, 3-3 ismétlésben, kezeletlen kontrollként az eredeti mintát használva, amelynek a planktonikus alga-számát és a főbb taxonok tekintetében az összetételét határoztuk meg. Ez jelentette a kezdeti állapotot. Az edényeket inkubátorba helyeztük, megfelelő fényt és hőmérsékletet biztosítva az *OECD Guidelines*, N° 201 szerint.<sup>7</sup> A kiüledés megakadályozását 100/perc intenzitású rázatással biztosítottuk. Valamennyi mintából 72, valamint 168 óra elteltével mintát vettünk, és lugollal tartósítottuk az algaszám és algaösszetétel meghatározásig. A kísérlet során növényi tápanyag bevitel nem volt. Az alga biomassa mennyiségi és minőségi meghatározását fordított rendszerű mikroszkóppal végeztük (MSZ EN 15204).

A minták nagy száma miatt a feldolgozás és az értékelés még csak részlegesen készült el. Az eddigiek alapján megállapítható, hogy a kedvező környezeti feltételek miatt, az adott növényi tápanyagokon a kiindulási biomassa mindkét mintavételi időpontban jelentősen megnövekedett, legnagyobb mértékben a kontrollban.

A növényvédő szerekkel kezelt minták esetében szinte kivétel nélkül alacsonyabb algaszámok voltak mérhetőek, mint a kontrollban. A 72 és a 168 órás expozíciós értékek között nem volt tendenciózus különbség, volt ahol a rövidebb, volt ahol a hosszabb időszak produkált nagyobb algabiomasszát. Ez a rendelkezésre álló növényi tápanyagok és az eltérő alcsoportok függvényében változott. A cianobaktériumok nagyobb arányú megjelenése csak néhány esetben volt megfigyelhető.

Az eddigi eredmények alapján az összalgalaszámokban bekövetkezett változások a legszembetűnőbbek. A különböző minták átlagában a TAIFUN 360 a nagyobb koncentrációjában 85-71%-os, a kisebb koncentrációjában 89-83%-os algaszám csökkenést eredményezett a kontrollhoz képest. Ugyanezek az értékek a BUTOXON M-40 esetében 77-64%, ill. 74-78%. (Az első érték a 72, a második a 168 órás érték.) Ezek az arányok a további mintafeldolgozás adatai függvényében

<sup>7</sup> OECD (2006-2011) *Freshwater Alga and Cyanobacteria, Growth Inhibition Test*, 23 March 2006 Annex 5 corrected: 28 July 2011



változhatnak, de mindenképpen jelzik, hogy „nyomnyi” mennyiségű növényvédő szer is számszerűsíthető hatást jelenthet a vízi élőszervezetekre, és a vizsgálatokat tovább kell folytatni más vízterületek és készítmények vonatkozásában, amely adatokat az engedélyek felülvizsgálata során is figyelembe kell venni.

**Kulcsszavak:** Baskay Imre, TAIFUN 360, *glyphosate*, BUTOXONE M-40, *MCPB*, planktonikus alga, cianobaktérium

\*

## **GMO ENGEDÉLYEZÉS ÉS KÍSÉRLETI KIBOCSÁTÁSOK EURÓPÁBAN**

Darvas Béla,<sup>a,b</sup> Deli Szabina,<sup>c</sup> Füleki Lilla,<sup>b,d</sup> Németh Gyöngyi<sup>b</sup>  
és Székács András<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Magyar Géntechnológiai Testület; <sup>b</sup>Központi Környezet- és Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet, Budapest;  
<sup>c</sup>Szent István Egyetem, Gödöllő; <sup>d</sup>Eszterházy Károly Főiskola, Eger

Engedélyezés céljára a fajtatulajdonosi dossziékat a dokumentációtulajdonos által kiválasztott tagországokba (általában kettő) nyújtják be, s ez utóbbiak véleménye határozza meg a továbbiakban az EU eljárását. Az ellentmondásokra példa, hogy a GM-kukoricával elvégzett kísérleti kibocsátások száma Franciaországban 284, Olaszországban 98, Magyarországon 62, Hollandiában 17 és az Egyesült Királyságban 7, mégis e két utóbbi, nem jelentős kukoricatermesztő saját csekély kísérletes tevékenysége alapján mérlegelhet olyan kérdésekben, amelyek az előbbieik gazdasági tevékenységére súlypontos módon hatnak vissza.

2012 őszén az európai engedélyezés dokumentumai között 130 egyszeres és többszörös (64%) genetikai esemény található. Az európai engedélyezés ezidáig a *MON 810* (Monsanto) kukorica és az AMFLORA (BASF) burgonya fajtacsoporra adott ki vetési engedélyt. Géntechnológiai úton módosított (GM) növények vetésére elővigyázatossági alapon moratóriumot hirdetett az EU tagországai közül Ausztria (1999 – *MON 810*, *MON 863*, *T25*), Magyarország (2005 – *MON 810*), Görögország (2005 – *MON 810*), Franciaország (2008 – *MON 810*), Németország (2009 – *MON 810*) és Luxemburg (2009 – *MON 810*). További európai országok is idegenkednek a GM-növények vetésétől, mint Bulgária, Lengyelország, Norvégia, Olaszország, Svájc és Szerbia. Az EU-ba bejelentett genetikai események a Monsanto (43%), a Syngenta (15%), a Sanofi-Aventis (és Bayer, 14%), a DuPont (és Pioneer, 11%) és a Dow (és Mycogene, 10%) szabadalmi körébe tartoznak. Az EU-ban engedélyezés alatt álló fajtacsoportok 92%-a növényvédelmi célú és csupán 8%-a céloz meg valamilyen beltartalomra vonatkozó változtatást (pl. keményítő-tartalom burgonyában, lizin-tartalom kukoricában, zsírsav-profil szójában).

Az Európai Közösség országaiban 176 GM-mikroorganizmus és 2553 GM-növényi fajtacsoport kísérletes kibocsátását tartják nyilván 2012-ig. A kísérletes aktivitás feltűnően számosabb Nyugat-Európában, mint keleten. 600 körüli értékekkel Spanyolország és Franciaország vezeti az európai kibocsátások listáját. Bár a kísérleti GM-kukorica kibocsátás a legszámosabb, magas a GM-olajrepcével, GM-cukorrépával és GM-burgonyával végzett kísérletek száma is. Célok közül a gyomirtószer-tűrés áll (*glufosinate*, *glyphosate*, *oxynil*) az első helyen, kisebb

mértékben a rovarirtás (Cry1-toxin – hernyóirtás, Cry3-toxin – bogárlárva-irtás), míg a kórtani problémák (vírus és gomba) leküzdésére tett kísérletes erőfeszítések is megemlíthetők. Ezek közül a vírusellenálló fajták emelhetők ki, hiszen növényi vírusok ellen máig nem rendelkezünk kellő hatékonyságú technológiával. A jelentős várakozással ellentétben meglepő a szárazságtűrésre vonatkozó módosítások alacsony száma. Az EU engedélyezésben egy GM-kukorica fajtacsoportot (*MON 87460*), míg a kísérleti vonatkozásban kilenc európai kísérletet (Franciaország 6) tartanak nyilván. Az európai kísérletek finanszírozásában a Sanofi-Aventis a meghatározó, nem így hazánkban.

Magyarországon 98 kísérleti GM-növényekkel végzett kibocsátás történt eddig. A GM-kukoricán végzett kísérletek túlsúlya mellett meglepő a GM-búzával végzett jelentős tevékenység is. Az OTKA pályázati rendszerében feltárt mezőgazdasági/ipari (33) és egészségügyi (41) kísérletes tevékenység bejelentésének elmulasztása váratlan fordulat. Az NKTH (NFÜ) ebbéli tevékenységét pillanatnyilag még nem látjuk át. A géntörvény permanens módosítása a jele annak, hogy a GMO-engedélyezés gyakorlata folyamatos megújítást kíván.

**Kulcsszavak:** Darvas Béla, Deli Szabina, Füleki Lilla, Németh Gyöngyi, Székács András, *GMO*, vetési moratórium, *MON 810*, AMFLORA, EU engedélyezés, EU *GMO* kibocsátás, hazai *GMO* kibocsátás

\*

## **A REPRODUKCIÓS *DAPHNIA*-TESZT (*OECD 211*) KITERJESZTÉSE A HORMONMODULÁNS HATÁS VIZSGÁLATÁRA**

*Dobó Zoltán és Báskay Imre*

NÉBIH Növény-, Talaj- és Agrár-környezetvédelmi Igazgatóság, Budapest; Gödöllői Vízélettani Laboratórium, Gödöllő

A veszélyes anyagok vízi gerinctelenekre való hosszabb távú hatását hivatott felmérni a 21 napos reprodukciós *Daphnia magna* teszt, amely korábban az *OECD N°202 guideline* része volt. Jelenleg az *OECD N°211 guideline* tartalmazza ezt a vizsgálati módszert, amit az engedélyezési eljárások során is megkövetelhetnek. Ennek a vizsgálatnak a lényege a kontrollhoz mért szaporodáscsökkenés a kezelések hatására. Egyes veszélyes anyagok, így a növényvédő szerek esetében is megfigyeltek olyan hatást, amely egyes ízeltlábúakra hormonmoduláns hatású. A vízi gerinctelenek vonatkozásában a *Daphnia magna* is jelezheti ezt a hatást, mivel a szűznemzéssel szaporodó nőtény állományban megjelenhetnek hímek is olyan időszakban, amikor ez nem jellemző. 2006-ban egy japán szervezésű nemzetközi körvizsgálatban vettünk részt, melynek célja volt az *OECD N°211 guideline* módosítása ennek a hatásnak a felmérésére. Ennek eredményeként került sor a nevezett módszertani irányelv 2008. októberi módosítására.<sup>8</sup>

<sup>8</sup> OECD (2008) OECD Guideline for the Testing of Chemicals *Daphnia magna* Reproduction Test, OECD 211 Adopted: 3 Oktober 2008)

Ezt figyelembe véve végeztünk vizsgálatot olyan növényvédő szerrel, amely vélhetően okoz ilyen hatást. Vizsgálatainkban a juvenoid hatású *pyriproxifen* technikai hatóanyag és a neonikotinoid CALYPSO SC 480 (*thiacloprid* 456-504 g/L) szerepelt. Teszt szervezetként a *Daphnia magna* japán NIES törzsét használtuk, amely a nemzetközi tapasztalat szerint különösen alkalmas a hormonmoduláns hatás kimutatására. Az újszülöttek ivarát mikroszkópos vizsgálattal állapítottuk meg.

A *pyriproxifen* technikai hatóanyaggal végzett körvizsgálat során azt tapasztaltuk, hogy a 2000 ng/L-es koncentrációban az ivadékszám a kontrollnak csak a 35%-a, viszont a hímek aránya 90% felettinek volt. 670 ng/L koncentrációban a hímek aránya még mindig 13,5 %-os volt, szemben az alacsonyabb koncentrációkkal és a kontrollal, ahol csak 0-3,5%-ban jelentek meg hím egyedek.

A *PesticideInfo.org* adatbázis alapján a neonikotinoid típusú *thiacloprid* hatóanyag vélhetően az ízeltlábúak endokrin rendszerét befolyásolhatja, ezért választottuk a CALYPSO SC 480 rovarölő szert erre a vizsgálatra. Az akut toxicitás alapján a kiskárókra nem jelent különösebb veszélyt (EC50 > 100 mg/L). A reprodukciós kísérletet ezért 50-120 mg/L tartományban végeztük el. Bár a 21 napos kísérletben komoly gátlásokat tapasztaltunk a reprodukcióban, a hím egyedek megjelenését nem észleltük, csak szórványosan, a kontrollban is.

A *pyriproxifen* esetében egyértelműen bizonyítottuk vízi gerincteleneken a hormonmoduláns hatást. A CALYPSO SC 480 rovarölő szer esetében azonban nem sikerült kimutatni hasonlót, de további kérdéses szerek vizsgálata fontos. További izgalmas terület annak a tanulmányozása, hogy a hormonhatás miatt megnőtt hímek aránya, milyen hatással van az élővizeink *Daphnia* spp. populációira, illetve a táplálék hálózat más szintjeire.

**Kulcsszavak:** Dobó Zoltán, Baskay Imre, *Daphnia magna*, hormonmoduláns, juvenoid, neonikotinoid, *pyriproxifen*, CALYPSO SC 480, *thiacloprid*

\*

## CRY-TOXIN TARTALMÚ KUKORICÁK VÍZBEN VALÓ LEBOMLÁSÁNAK VIZSGÁLATA ÉS TOXIKOLÓGIAI ÉRTÉKELÉSE

Fejes Ágnes,<sup>a,b</sup> Takács Eszter,<sup>a,c</sup> Juracsek Judit,<sup>a</sup> Klátyik Szandra,<sup>d</sup> Fekete Gábor,<sup>a</sup>  
Székács András<sup>a,c</sup> és Darvas Béla<sup>a,c</sup>

<sup>a</sup>Központi Környezet- és Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet, Budapest; <sup>b</sup>Pannon Egyetem Állat- és Agrárkörnyezet-tudományi Doktori Iskola, Keszthely; <sup>c</sup>SzIE Környezettudományi Doktori Iskola, Gödöllő; <sup>d</sup>SzIE Mezőgazdasági és Környezettudományi Kar, Gödöllő

A *Bt*-kukoricák környezeti hatásvizsgálatában ma figyelmet szentelnek a vízi szervezetekre gyakorolt hatásoknak is, hiszen a kukorica pollenszórásakor nagy mennyiségű toxint tartalmazó pollen; betakarítás után pedig száraz tarlómaradvány kerülhet be a felszíni vizekbe, majd a vízáramlással jelentős távolságokra sodródhat el. Mérések bizonyítják, hogy a tarlómaradvánnyal a talajba kerülő Cry-toxin egy év múlva is visszamérhető.<sup>9</sup> Adszorbeálódhat a talaj alkotórészek felületén, főként az

<sup>9</sup> Takács E., Lauber É., Bánáti H., Székács A. és Darvas B. (2009) *Növényvédelem* 45, 549-558.

agyagszemcséken,<sup>10</sup> ezáltal a toxin védett a lebontással szemben, viszont rovarpatogén tulajdonságát kötött állapotban sem veszíti el.<sup>11</sup> Különböző vizsgálatok bizonyították, hogy a toxin patogenitása több mint 6 hónap elteltével is igazolható.<sup>12</sup> Vízben való hatásvizsgálatok során Bøhn és munkatársai azt tapasztalták, hogy a Cry1Ab-toxintartalmú kukoricaszemek örleményével való táplálás gátolja a nagy vízibolha (*Daphnia magna*) fejlődését és szaporodását.<sup>13</sup> A vizsgált *Bt*-kukoricafajta és a hagyományos kukoricafajta növényi maradványainak vízben való lebomlásának ütemében nincs különbség, viszont a laboratóriumi etetési kísérletekben a *Bt*-kukoricával etetett egyes tegzes fajok sokkal lassabb fejlődést mutattak.<sup>14</sup>

Beállított kísérletünk során két transzgenikus kukoricafajta (*MON 810* és *DAS 59122-7*) és közel izogenikus változatainak vízi ökoszisztémára gyakorolt hatását vizsgáltuk. A Dunából és a Velencei-tóból származó iszap- és vízmintákat tartalmazó, természetes ökoszisztémát modellező akváriumokat rendeztünk be, melyekbe elszáradt kukorica levéltörmeléket juttattunk. A bomlás időbeli változásához meghatározott naponként víz- és levélmintákat vettünk, ezeket analitikai és biológiai teszteknek vetettük alá. A két kukoricafajta és közel izogenikus változataik levéltörmelékével emellett akut toxicitási tesztek végeztünk nagy vízibolha (*D. magna*) és egyiptomi csípőszúnyog (*Aedes aegypti*) lárvákon illetve krónikus tesztet nagy vízibolhán.

A *MON 810* (Cry1Ab toxint termel) és *DAS 59122-7* (Cry34Ab1 és Cry35Ab1 toxinokat termel) kukorica transzgenikus és közel izogénes vonalaikat tartalmazó akváriumvizek egyikében sem volt analitikailag kimutatható a Cry-toxinok jelenléte. Ennek oka lehet, hogy a vízben lévő toxin erősen kötődik a vízben kiülepedő szárazanyag tartalomhoz. A *MON 810* kukorica nedves levélmintáinak Cry-toxin tartalma szignifikánsan csökkent az idő függvényében mindkét akváriumban (a kiindulási érték, 4986,58 ng/g a velencei-tavi akvárium esetében 25,41 ng/g-ra, a dunai esetében pedig hamar a kimutatási határ, 13,87 ng/g alá esett). Akut toxicitási tesztekben egyik típusú kukoricafajta sem bizonyult toxikusnak egyik tesztállat fajon sem. A krónikus tesztek során a *MON 810* kukorica transzgenikus és közel izogenikus változatai között szignifikáns különbség mutatkozott a vízibolha anyák mortalitásában. A *DAS 59122-7* kukorica vonalai és a kontroll között a vízibolhák utódprodukciónak tapasztaltunk szignifikáns különbséget, a transzgenikus és az izogenikus vonalak között viszont nem sikerült statisztikai eltérést igazolnunk.

**Kulcsszavak:** Fejes Ágnes, Takács Eszter, Juracek Judit, Klátyik Szandra, Fekete Gábor, Székács András, Darvas Béla, *Daphnia magna*, tarlómaradvány, *MON 810*, *DAS 59122*, Cry1Ab, Cry34Ab1, Cry35Ab1, Cry-toxin, *Aedes aegypti*

<sup>10</sup> Crecchio, C. & Stotzky, G. (1998) *Soil Biol. Biochem.* **30**, 463-470.

<sup>11</sup> Koskella, J. & Stotzky, G. (1997) *Appl. Environ. Microbiol.* **63**, 3561-3568.

<sup>12</sup> Tapp, H. & Stotzky, G. (1998) *Soil Biol. Biochem.* **30**, 471-476.

<sup>13</sup> Bøhn, T., Traavik, T. & Primicerio, R. (2010) *Ecotoxicology* **19**, 419-430.

<sup>14</sup> Rosi-Marshall, E. J., Tank, J. L., Royer, T. V., Whiles, M. R., Evans-White, Chambers, M. C., Griffiths, N. A., Pokelsek, J. & Stephen, M. L. (2007) *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **104**: 16204-16208.

## JAVASLAT GYÓGYSZERMARADVÁNYOK TERMÉSZETES ÚTON TÖRTÉNŐ ELTÁVOLÍTÁSÁRA SZENNYVÍZTISZTÍTÓK ELFOLYÓ VIZÉBŐL

Gyöngyösiné Papp Zsuzsanna,<sup>a</sup> Jakabné Sándor Zsuzsanna,<sup>a</sup> Bíró Janka<sup>a</sup> és  
Alexandrina Fodor<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Halászati és Öntözési Kutatóintézet, Szarvas; <sup>b</sup>Nagyváradai Egyetem, Nagyvárad

Az intenzív gyógyszerfelhasználás során a természeti környezetbe kerülő szennyező anyagok nagy kockázatot jelentenek, bár hatásuk még sok szempontból tisztázatlan. Jelentős számban vannak olyan perzisztens, tehát hosszú lebomlási idejű vegyületek, amelyeket a szenny- és ivóvíztisztítók sem tudnak teljesen eltávolítani,<sup>15</sup> ezért komoly egészségügyi- és környezeti kockázatot hordoznak. Az iparilag előállított mesterséges, azaz xenobiotikum eredetű gyógyszerek környezetszennyező hatása a csekély mértékű, eleinte nem ismert, de folyamatos és akkumulálódó szennyező hatás miatt csak az utóbbi években került a környezetvédelmi kutatások központi témái közé. A HURO program keretében támogatott „Gyógyszerek és származékaik akkumulációs tulajdonságainak vizsgálata a Körösök ökoszisztémájában” című nemzetközi projekt keretében ezért néhány nem-szteroid fájdalomcsökkentő (ibuprofen, ketoprofen, naproxen, diklofenak és indometacin) és antibiotikum (tetraciklinek, szulfonamidok és nitrofuránok) jelenlétét, valamint akkumulációs tulajdonságait tanulmányoztuk a román-magyar határvidék legfontosabb folyóin, a Körösökön és a Berettyón, elsősorban nagyvárosok és duzzasztók körzetében.

Adataink szerint az antibiotikumok jelentős mennyiségben kötődnek a folyóvízi üledékhez és ott anaerob körülmények között kevésbé bomlanak, mint a vízben. A városok alatt, a szennyvízkifolyók közelében mért magasabb gyógyszer-koncentrációk esetünkben is megerősítik, hogy a mai ismert technológiákkal működő szennyvíztisztítók nem képesek teljesen lebontani ezeket a vegyületeket.

A bentoszlakó gerinctelen állatok, valamint a mindenevő és ragadozó halfajok gyakran magas gyógyszermaradvány tartalma azt mutatja, hogy ezek a vegyületek képesek bioakkumulálódni az állati szervezetekben, jelenlétük azonban csak műszeresen mutatható ki.

Mérési eredményeink közvetve azt mutatják,<sup>16</sup> van lehetőség az ilyen jellegű szennyeződések eltávolítására, mivel az üledékhez viszonyítva a növénymintákban (pl. gyékény) a gyógyszermaradványok, különösen az antibiotikumok akkumulációjának mértéke lényegesen magasabb, mint a környezetben (víz, üledék) mért koncentrációk. Előadásunkban bemutatjuk azokat a vízi élőszervezeteket, amelyeket bioakkumulációs képességeik alapján érdemes lenne célzottan vizsgálni, mivel alkalmasak lehetnek a tisztított szennyvizek gyógyszermaradvány tartalmának természetes úton történő eltávolítására.

<sup>15</sup> Kümmerer, K. (2001) *Chemosphere* **45**, 957-969.

<sup>16</sup> Sándor, Zs. J., Papp, Zs. Gy., Fodor, A., Cupsa, D., Józsa, V., Györe, K., Petrus, A., Petrehele, A. & Bíró, J. (2012) *Abs. 5<sup>th</sup> Conference on Water Climate and Environment*, Ohrid, Republic of Macedonia

Köszönetnyilvánítás: A „Gyógyszerek és származékaik akkumulációs tulajdonságainak vizsgálata a Körösök ökoszisztémájában” című projekt HURO/0901/086/2.2.2 a Magyarország-Románia Határon Átnyúló Együttműködési Program (2007-2013) keretében került megvalósításra, az Európai Unió Európai Regionális Fejlesztési Alap általi társfinanszírozásával.

**Kulcsszavak:** Gyöngyösiné Papp Zsuzsanna, Jakabné Sándor Zsuzsanna, Bíró Janka, Alexandrina Fodor, perzisztencia, bioakkumuláció, szennyvízkezelés, ibuprofen, ketoprofen, naproxen, diklofenak, indometacin, tetraciklin, szulfonamid, nitrofurán

\*

## HORMONMODULÁNSOK SZEREPE AZ ELHÍZÁS KIALAKULÁSÁBAN

*Halmy Eszter és Halmy László*  
Magyar Elhízástudományi Társaság, Budapest

Az elhízás globális epidémiája nem magyarázható kizárólag az energiabevitel és az energiafelhasználás egyensúlyának zavarával. Az elhízás egyes esetekben izokalóriás étrenden, vagy megfelelő fizikai aktivitás esetén is kialakul. Ez a periféria működési zavarát valószínűsíti. A szintetikus kémiai anyagok produkciója és használata ma az egész világon drámaian nő, és ezzel párhuzamosan nő az elhízás előfordulása is. Ez azt is felveti, hogy a hormonmoduláns<sup>17</sup> anyagok kulcsszerepet játszhatnak az elhízás<sup>18</sup> kifejlődésében a fiziológiai szabályozó mechanizmusok megváltoztatása révén.

A hormonmodulánsok expozíciója az élet korai szakában a főtális vagy a gyermekkorban már érvényesül. Az endokrin szignálok anyagcsere útjainak programja már az életnek ebben a vulnérabilis szakaszában módosulhat. Később a hormonmodulánsok expozíciója magasabb triglicerid-, koleszterin-, vércukor-szinttel, cukorbetegséggel társulhat, amelyek az elhízáshoz kapcsolódnak. Az emberi szervezetet érő hormonmoduláns expozíció a gyomor-bél traktusba jutott anyagok, a szennyezett levegő, vagy bőr expozíció lehet. Experimentális vizsgálatok azt mutatják, hogy az alacsony dózisu hormonmoduláns expozíció is később kifejlődő elhízást okozhat. A hormonmodulánsok expozíciójára adott hatás az időtényezőtől, a dózistól és az ivartól függően alakul ki. Nagy dózisu expozíció toxikus hatású, és testsúlycsökkenést vagy növekedésbeli visszamaradást okoz, míg alacsony dózis, amely hasonló a normális humán környezeti expozícióhoz, testsúlygyarapodást idéz elő. Az expozíció hatása függ az ivartól, mivel a hormonmodulánsok ösztrogén, antiösztrogén vagy antiandrogén hatásúak lehetnek és a két ivarban eltérő hatást váltanak ki.

A hormonmodulánsok endokrin és metabolikus szabályozási zavarokat okozhatnak az intermedier anyagcsere számos reakciójának módosításával. Így a testsúly rendellenes növekedésében és az elhízás kialakulásában is jelentős szerepet

<sup>17</sup> Darvas B., Csóti A. és Székács A. (2006) *In Mezőgazdasági ökotoxikológia* Darvas B. és Székács A. (szerk.) l'Harmattan, Budapest, 232-245.

<sup>18</sup> Halmy L., Bíró Gy., Czinner A., Halmy E., Jákó P., Kovács F., Pados Gy., Paragh Gy., Túry F. és Zajkás G. (2010) Az elhízás. *In Endokrinológia – Anyagcsere Útmutatói Klinikai Irányelvek Kézikönyve*, Medition Kiadó, Budapest, 217-232.

játszhatnak.<sup>19</sup> A jelenség népegészségügyi jelentőségű, ezért további vizsgálatokat igényel.

**Kulcsszavak:** Halmy Eszter, Halmy László, hormonmoduláns, endokrin, elhízás, ösztrogén, antiösztrógen, antiandrogén

\*

## DNS REPAIR ÉS APOPTÓZIS ÖSSZEFÜGGÉSE KÖRNYEZETI HUMÁN EXPOZÍCIÓKBAN

Jakab Mátyás,<sup>a</sup> Magyar Éva Judit,<sup>a</sup> Besenyei Krisztina,<sup>a</sup> Major Jenő<sup>a</sup>  
és Tompa Anna<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup>Országos Kémiai Biztonsági Intézet, Citogenetikai és Immunológiai Osztály, Budapest;

<sup>b</sup>Semmelweis Egyetem, Népegészségtani Intézet, Budapest

A DNS károsodásokat javító (*repair*) mechanizmusok sérülése a szomatikus mutációk felszaporodásához, majd tumorok kialakulásához vezethet. Ha a DNS károsodás nem javítódik ki, a sejtekben a programozott sejthalál, az apoptózis szignálja aktiválódik.

Genotoxikológiai vizsgálatainkban az olajipari dolgozók három csoportját vizsgáltuk: 18 elsősorban benzol exponált dolgozót, 9 bitumen gyártót, és 14 PAH (policiklikus aromás szénhidrogén) exponált kocszgyártót. Az vizsgálatok eredményeit csoportszinten értékeltük, és az eredményeket 52 kontrollal hasonlítottuk össze. A klinikai laboratóriumi vizsgálatok mellett, az életmódról, potenciális környezeti és munkahelyi expozícióról részletes anamnézist vettünk föl. Vizsgálatainkat fitohemagglutinin stimulált perifériás limfocitákból végeztük, a végpontok a következők voltak: kromoszóma aberrációk (% , CA), testvér-kromatida kicserélődés (1/mitózis, SCE), és korai centroméra szétválás (% , PCD) gyakoriságok, továbbá a teljes DNS *repair*-ben gátolt sejtekben az ún. *unscheduled* (nem tervezett) UV indukált DNS *repair* szintézis (UDS, rel. egység). Az apoptózis és az S-fázis mértékét áramlási citofluorimetriás módszer segítségével bróm-deoxiuridint (BrdU) beépített sejtekben mértük.

Az olajipari dolgozók mindhárom csoportjában az UDS és a CA fokozódott, ami genotoxikus károsodásra utal. Az apoptózis mértéke csak a PAH exponáltak csoportban emelkedett, a kontrollokhoz képest. Azokban a munkaköri csoportokban, ahol az UDS a 6-os érték alatt volt, az apoptózis mértéke, a másik csoporthoz képest fokozódott.

Korábbi vizsgálatokban<sup>20</sup> is tapasztaltuk, hogy az UDS csökkenése mellett az apoptózis indukálódott. Megállapíthatjuk, hogy az olajipari dolgozók esetében is

<sup>19</sup> Tang-Peronard, J. L., Andersen, H. R., Jensen, T. K. & Heitmann, B. L. (2011) *Obes. Rev.* **12** (8), 622-636.

<sup>20</sup> Jakab, M. G., Major, J. & Tompa, A. (2001) *J. Toxicol. Environ. Health, Part A.* **62**, 307-318.; Major, J., Jakab, M. G. & Tompa, A. (2002) *Central Eur. J. Occupat. Environ. Med.* **7**, 195-208.; Tompa A., Magyar B., Tóth F., Biró A., Fodor Z., Jakab M. és Major J. (2006) *Magyar Onkol.* **50**, 153-161.; Jakab, M. G., Klupp, T., Besenyei, K., Biró, A., Major, J. & Tompa, A. (2010) *Mutation Res.* **698**, 11-17.; Tompa, A., Jakab, M. G. & Major, J. (2011) <http://www.intechopen.com/articles/show/title/application-of-uv-induced-unscheduled-dna-synthesis-measurements-in-human-genotoxicological-risk-ass>

az UDS csökkenése fokozza a sejtek apoptotikus képességét a lektin-stimulált limfocitákban.

**Kulcsszavak:** Jakab Máttyás, Magyar Éva Judit, Besenyei Krisztina, Major Jenő, Tompa Anna, DNS repair, apoptózis, PAH, SCE, UDS, CA, olajipari munkás, kokszyártó, benzol

\*

## BIOMONITORING RENDSZEREK FEJLESZTÉSE AZ AFLATOXIN-B1 ÉS A ZEARELENON VIZSGÁLATÁRA

Krifaton Csilla,<sup>a</sup> Kriszt Balázs,<sup>a</sup> Cserháti Máttyás,<sup>a</sup> Risa Anita,<sup>a</sup> Szűcs Ádám<sup>b</sup>  
Szoboszlay Sándor,<sup>a</sup> Harkai Péter,<sup>a</sup> Dobolyi Csaba<sup>b</sup> Sebők Flóra<sup>a</sup> és Kukolya József<sup>a</sup>

<sup>a</sup>SzIE Környezetvédelmi és Környezetbiztonsági Tanszék; Gödöllő;

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

Az aflatoxin-B1 (AFB1) az *Aspergillus* spp. által termelt, egyik legveszélyesebb mikotoxin, köszönhetően mutagén, karcinogén, citotoxikus, teratogén és immunszuppresszív tulajdonságának, illetve a *Fusarium* fajok által termelt zearalenon (ZEA) ösztrogénagonista hatása miatt reprodukciós zavart okoz gerinces állatokban. E két mikotoxin jelentős biológiai hatása felveti olyan vizsgálati módszerek szükségességét a hagyományos analitikai mérések mellett, amelyek képesek a kockázatot jelentő mikotoxin-szintek kimutatására.

A biológiai hatásmérésen alapuló tesztek a monitorozás mellett alkalmasak lehetnek a detoxifikációs eljárások hatékonyságának mérésére is. A mikotoxin-tartalom csökkentési módszerek egyik ígéretes ágát képezik a detoxifikációs eljárások, amelyekben belül egyre nagyobb figyelmet kapnak a mikotoxinok lebontására képes mikroorganizmusok.

Munkánk során az AFB1 és ZEA biológiai hatását vizsgáltuk Prokariota és Eukariota mikrobiális tesztrendszerekkel: egyrészt az *Escherichia coli*-ra optimalizált genotoxicitást elemző *SOS-Chromo* teszttel (i), és a citotoxicitás vizsgálatára kialakított, *Aliivibrio fischeri* alapú módszerrel (ii), másrészt az ösztrogénagonista hatás vizsgálatára fejlesztett *Saccharomyces cerevisiae* BLYES teszttel (iii), illetve az ehhez tartozó, toxicitást mérő, BLYR kontroll törzsszel (iv).

Az AFB1-re vonatkozó vizsgálatunkban megállapítottuk, hogy a *SOS-Chromo* és az *A. fischeri* tesztek a jelenlegi szabályozási szintek felett képesek az AFB1 kimutatására, ennek ellenére rendkívül hatékony eszközök a detoxifikációra képes mikroba törzsek tesztelésére. Ennek érdekében a *SOS-Chromo* és az *A. fischeri* tesztek módszerfejlesztését követően alkalmaztuk azokat toxinbontási kísérletekhez és a két teszt kombinálásával kialakítottunk egy toxikológiai értékelési rendszert, amellyel kiválaszthatók egy standard vagy célzottan izolált törzsgarnitúrából az AFB1 bontásra legalkalmasabb mikroorganizmusok. Vizsgálataink alapján a leghatékonyabb AFB1-bontást eredményező törzsek a *Rhodococcus* és a *Pseudomonas* nemzetségbe tartoznak és esetükben nem volt kimutatható sem geno-, sem citotoxikus metabolit.



A hormonmoduláns-vizsgálatok során a *BLYES* tesztszervezet alkalmasnak bizonyult akár direkt élelmiszer- és takarmányvizsgálati célokra is, hiszen a jelenleg hatályos határértékek alatt képes kimutatni a ZEA-t. Ezt az élesztő alapú bioriportert alakítottuk toxinbontási kísérletekhez, és egy komplex értékelési rendszerrel, ami integrálja a kémiai analitika, az immunanalitika és a biológiai hatásmérő rendszerek előnyeit, kiválasztottuk a legmegfelelőbb mikroorganizmusokat, amelyek maradék ösztrogén- és citotoxikus hatás nélkül képesek a ZEA bontására. Vizsgálataink alapján a legígéretesebb törzsek a *Rhodococcus* és a *Streptomyces* nemzetséghez tartoznak.

Eredményeink alátámasztják a biológiai tesztek alkalmazásának fontosságát a hagyományos analitikai módszerek mellett, hiszen olyan hatásokra mutatnak rá, amelyek a kémiai analitika előtt rejtve maradnak. Mindemellett a biológiai módszerek gyors, költségkímélő és megbízható tesztek, amelyek alkalmazásával akár több száz törzsből álló gyűjtemények vizsgálata is lehetővé válik.

Ezt a munkát az NKTH TECH\_08-A3/2-2008-0385 MYCOSTOP és a Baross Gábor Program-HALEDC09, TÁMOP-4.2.1B-11/2/KMR-2011-0003 támogatták.

**Kulcsszavak:** Krifaton Csilla, Kriszt Balázs, Cserhádi Mátyás, Risa Anita, Szűcs Ádám, Szoboszlai Sándor, Harkai Péter, Dobolyi Csaba, Sebők Flóra, Kukolya József, aflatoxin-B1, *Aspergillus*, *Fusarium*, zearalenon, *SOS-Chromo*, *Aliivibrio fischeri*, *Saccharomyces cerevisiae*, BLYES, BLYR, *Rhodococcus*, *Pseudomonas*, *Streptomyces*

\*

## **A TÖBBVÉGPONTOS HUMÁN GÉNTOXIKOLÓGIAI MONITOR ALKALMAZÁSA A KÖRNYEZETI MUTAGÉN HATÁSOK PRIMER PREVENCIÓJÁBAN**

*Major Jenő*

Országos Kémiai Biztonsági Intézet, Budapest

A mai magyarországi közegészségügy egyik legfontosabb problémája a környezeti, elsősorban kémiai kóroki tényezőkre visszavehető, nem-fertőző krónikus megbetegedések incidenciájának markáns növekedése. Ezen kóroki tényezők közül is kiemelt jelentőségűek a mutagén hatások, tekintettel arra, hogy a megbetegedések egyre szélesebb körében ismerjük fel a DNS károsítások iniciátor szerepét. Ezért fontos a környezeti (munkahelyi) mutagén expozíciók monitorozása a veszélyeztetett humán populációkban, annak érdekében, hogy a preventív beavatkozás minél korábban, lehetőleg a betegség klinikai tüneteinek megjelenése előtt megtörténhessen. Fontos hangsúlyozni, hogy a monitorozás nem diagnosztika, hanem kockázatbecslés, a sikeres kockázatkezelés céljából.

Elsősorban követéses vizsgálatokat végzünk, a pontosabb kockázatbecslés érdekében. Munkavégzésük során mutagénekkel exponált, rosszindulatú daganatos megbetegedésben nem szenvedő olajipari munkások, egészségügyi dolgozók, valamint foglalkozásuk során mutagénekkel nem exponált kontroll donorok csoportjait vizsgáltuk. Anamnézis felvétellel és klinikai laboratóriumi vizsgálattal

kiegészített éves munka alkalmassági vizsgálat keretében, vénás vérvétel során nyert perifériás limfociták szerzett kromoszóma aberráció (CA) és testvér-kromatida kicserélődés (SCE) gyakoriságát, valamint kiegészítő biomarkerként, UV-indukált DNS repair (UDS) és apoptózis kapacitását határoztuk meg standard módszerekkel. A legfontosabb módosító tényezők közül vizsgáltuk az életkor, a dohányzás és az alkoholfogyasztás hatását is.

Ebben az előadásban a legfontosabb géntoxikológiai végpont, a szerzett kromoszóma aberráció gyakoriságok alakulását mutatjuk be a vizsgálati csoportokban. A CA csoportátlagok az olajipari dolgozók több mint 20 éves követéses vizsgálata során egyértelmű összefüggést mutattak a környezeti klasztogén (benzol) expozícióval. Igazolható volt, hogy a sikeres kockázatkezelés (azaz a klasztogén eliminációja a környezetből) egyértelműen képes a CA gyakoriságot a vizsgált munkahelyen a lakossági szintre csökkenteni. Hasonló eredmények mutatkoztak a mutagénekkel (citosztatikus drogokkal) foglalkozásuk során exponálódott kórházi nővérek csoportjaiban is. Igazolódott, hogy az egész intézményre kiterjedő komplex kockázatkezelés a primer prevenció hatékony eszköze.

A kémiai biztonság hazai feladatai között kiemelt jelentőségű a legveszélyesebb vegyi expozíciók kiküszöbölése. Az ismertetett vizsgálatok is igazolják, hogy a mutagén ágensek eliminációja a környezetből, beleértve a munkahelyi és lakókörnyezetet is, a primer prevenció hatékony eszköze.

**Kulcsszavak:** Major Jenő, primer prevenció, mutagén, DNS repair, UDS, CA, SCE, apoptózis, benzol, olajipari munkás, citosztatikum

\*

## **A GLYPHOSATE IMMUNANALITIKAI MEGHATÁROZÁSA ÉS ELŐFORDULÁSA SZENNYEZŐKÉNT A HAZAI KÖRNYEZETI VÍZMINTÁKBAN**

Mörtl Mária,<sup>a</sup> Juracsek Judit,<sup>a</sup> Németh Gyöngyi,<sup>a</sup> Lisa Kamp,<sup>b</sup> Fernando Rubio<sup>b</sup>  
és Székács András<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Központi Környezet- és Élelmiszer-tudomány Kutatóintézet, Budapest; <sup>b</sup>Abraxis LLC, Warminster, PA

A *glyphosate* a legnagyobb mennyiségben eladott növényvédő szer és aránya a géntechnológiai úton módosított növények térnyerésével párhuzamosan tovább nő. Jó vízzoldhatóságának köszönhetően potenciális vízszennyező, ezért szükséges a hatóanyag, ill. metabolitjának (AMPA) meghatározása a természetes vizekben.<sup>21</sup>

A számos módszer ellenére a *glyphosate* vízből való kinyerése és szelektív kimutatása kis koncentrációban nem könnyű feladat. Gázkromatográfhoz kapcsolt tömegspektrometriás (GC-MS) detektálása csak származékképzés (szililezés,

<sup>21</sup> Székács, A. & Darvas, B. (2012) In *Herbicides – Properties, Synthesis and Control of Weeds*. Hasaneen, M. N. A. G. (Ed.) InTech, Rijeka, Croatia. 247-284. – <http://www.intechopen.com/books/herbicides-properties-synthesis-and-control-of-weeds/forty-years-with-glyphosate>

acilezés, észterezés) után lehetséges. Négy különböző eljárás tesztelése után az *N*-metil-*N*-(*tert*-butildimetilszilil)-trifluoroacetamid (MTBSTFA) bizonyult a legmegfelelőbb ágensnek. A hosszú minta-előkészítés és a viszonylag magas kimutatási határ (*LOD*) miatt immunanalitikai módszerrel való meghatározását is vizsgáltunk.

A *glyphosate* immunoanalitikai kimutatására az Abraxis kereskedelemben kapható ELISA rendszerét teszteltük, vizsgáltuk a különböző tényezők (oldószer, pH, mátrix) hatását a tesztre.<sup>22</sup> Előnye, hogy extrakció nélkül mérhetőek a vízminták, ugyanakkor specifikus (keresztreaktivitás 0,1% alatti a rokon vegyületekre, pl. *AMPA*, *glufosinate*). Mindamelllett a módszer hátrányaként a magas háttérjel, a részben felderítetlen mátrixhatások és a viszonylag magas költség nevezhető még. Kísérleteink során meghatározott *LOD* magasabbnak adódott ( $0,35 \pm 0,10$  ng/mL), mint a gyártó által megadott 0,05 ng/mL. A standard görbe szigmoid (logaritmikus) alakú volt, a standard oldatokra és a *spike*-olt felszíni vizekre mért görbék közel azonos lefutásúak voltak. A módszerrel a betakarítást követően (szeptember) gyűjtött 42 felszíni és talajvíz mintát határoztunk meg 2010-ben 14 Békés megyei mintavételi helyről (*MONTABIO* projekt).<sup>23</sup> Magas *glyphosate* szintet (közel 1 ng/mL) mértünk 5 mintában és 16 esetben volt a kimutatási határ felett (0,54-0,76 ng/mL) a mért érték. Az őszi mintavételi periódusban gyűjtött minták felében volt *glyphosate* meghatározható.

2011-ben a Duna mentén Ausztriától Szlovákián át a hazai szakaszon, valamint a Velencei-tóból vett 18 mintából végeztünk méréseket. Mintavételezések május-június során voltak. A minták többsége nem tartalmazott *glyphosate*-ot, csupán 3 mintában volt a kimutatási határhoz közeli koncentrációban detektálható.

Az idei mérések leginkább a Margit-szigetnél május-június hónapban vett dunai mintákra korlátozódtak. A 16 db minta *glyphosate*-tartalma jellemzően csekély (0,12-0,24 ng/mL) volt. Megvizsgálva a tartósítás (savanyítás, ill. fagyasztás) hatását a mért értékekre kismértékű, de szignifikáns különbségeket tapasztaltunk.

A projektek során meghatározott találati arányok és koncentrációk ingadozása a különböző időpontban, ill. földrajzi környezetben történt mintavételezés mellett elsősorban a csapadékmennyiség változásával magyarázhatók.

**Kulcsszavak:** Mörtl Mária, Juracsek Judit, Németh Gyöngyi, Lisa Kamp, Fernando Rubio, Székács András, *glyphosate*, *AMPA*, Duna, Békés megye, *MONTABIO*, Margit-sziget, *GC-MS*, *ELISA*



<sup>22</sup> Mörtl, M., Németh, Gy., Juracsek, J., Darvas, B., Kamp, L., Rubio, F., Székács, A. (2012) *Microchem. J.* in press – <http://0-www.sciencedirect.com/precise.petronas.com.my/science/article/pii/S0026265X12001397>

<sup>23</sup> Mörtl M., Maloschik E., Juracsek J. és Székács A. (2010) *MONTABIO-füzetek* 4, 30-37.

## ELTÉRŐ KRÓMFORMÁK TOXICITÁSÁNAK ÉS FELVÉTELI VISZONYAINAK VIZSGÁLATA TALAJLAKÓ FONÁLFÉRGEKEN

Nagy Péter,<sup>a</sup> Sávoly Zoltán,<sup>b</sup> Hrács Krisztina,<sup>a</sup> Horváth Boglárka<sup>a</sup> és Záray Gyula<sup>b</sup>

<sup>a</sup>SzIE Állattani és Állatökológiai Tanszék, Gödöllő; <sup>b</sup>ELTE Analitikai Kémiai Tanszék, Budapest

A szabadon élő fonálférgek napjainkra viszonylag elterjedt bioindikátor szervezetekké váltak. A csoport bevonásával végzett specifikus ökotoxikológiai vizsgálatok azonban eddig főleg két, szélsőségesen *r*-stratégista, efemer életmódú baktériumevő faj, a *Caenorhabditis elegans* és a *Panagrellus redivivus* stresszválaszain alapultak. Ilyen módon a rendelkezésünkre álló nematológiai ismeretek a szabadon élő fonálférgek változatos életformabeli és táplálkozási jellemzőinek csak egy igen szűk szegmensére vonatkoznak. Ebből a megfontolásból kiindulva kezdtünk kutatásokat folytatni eltérő táplálkozású és életmenetű fajok stresszérzékenységének feltárására. Eddig legjobban használhatónak bizonyult tesztszervezetünk a *Xiphinema vuittenezi* nevű *K*-stratégista növényi táplálkozású faj, amelynek bizonyos nehézfémterhelések iránti érzékenységét korábbi kutatásaink már igazolták. Jelen vizsgálatainkkal arra kerestük a választ, hogy e faj egyedei hogyan reagálnak különböző krómformákkal történő kezelésre, továbbá arra, hogy testük mely részén veszik fel, illetve halmozzák fel ennek a nehézfémnek különböző formáit.

Céljaink eléréséhez kifejlett nőstényeket kezeltünk Cr(III)-, illetve Cr(VI)-tartalmú oldatokkal, majd akut mortalitási tesztekkel végeztünk el rajtuk. Ezt követően különféle mikroanalitikai módszerekkel vizsgáltuk a szennyező anyagok mennyiségét és eloszlását testükben.

A mortalitási vizsgálatok eredményei azt mutatták, hogy a Cr(III)-kezelés szignifikánsan toxikusabbnak bizonyult a hatértékű krómnál.

A mikroanalitikai mérések során *TXRF* (*Total Reflection X-Ray Fluorescence*) vizsgálataink kimutatták, hogy mind a Cr(III)-, mind a Cr(VI)-koncentráció emelkedése megnöveli a felvett nehézfém mennyiségét az állatokban. Ugyanakkor a növekvő Cr(III)-koncentráció mellett csökkenő cinktartalmat mértünk az állatok testében, míg a Cr(VI)-kezelés esetében nem találtunk ilyen összefüggést. Az ionsugárral feltárt állatok keresztmetszetének elektronmikroszkópos pontanalízise (*FIB SEM*) eredményeként a  $K_2CrO_4$  oldatos kezelést követően a legmagasabb Cr-értékeket a kutikulánál mértük és hasonló trendeket tapasztaltunk a kén és a foszfor mintázatában is.

A kapott mikroanalitikai adatok tehát jól magyarázzák a mortalitási tesztek eredményeit és megfelelő biológiai interpretációval kiegészítve hozzásegíthetnek majd egyes hatásmechanizmusok megértéséhez is. Ennek megfelelően az alkalmazott mikroanalitikai mérések hasznos segítséget jelenthetnek a xenobiotikumok hatásainak jobb megismerésében.

A vizsgálatokat az OTKA K 81401 pályázat támogatásával végeztük.

**Kulcsszavak:** Nagy Péter, Sávoly Zoltán, Hrács Krisztina, Horváth Boglárka, Záray Gyula, *Xiphinema vuittenezi*, króm, *TXRF*, fonálféreg, kutikula, *FIB-SEM*

## A KÖRNYEZETBEN TARTÓSAN MEGMARADÓ SZERVES SZENNYEZŐ (POP) NÖVÉNYVÉDŐ SZEREK HAZAI FELHASZNÁLÁSA 1950-2010 KÖZÖTT

Pethő Ágnes<sup>a</sup> és Ocskó Zoltán<sup>b</sup>

<sup>a</sup>NÉBIH NTAI, Növényvédő szer Értékelési Osztály, Budapest; <sup>b</sup>AGRINEX Kft., Budapest

A környezetben tartósan megmaradó szerves szennyező anyagok (*Persistent Organic Pollutant* = POP) felmérésére és csökkentére az ezredfordulón nemzeti program indult a Környezetvédelmi Minisztérium koordinálásával, melynek keretében a POP anyagok forgalmát összesítő nemzeti adatbázis létesült. A poszter a POP-tartalmú növényvédő szerek magyarországi felhasználását prezentálja az elmúlt 60 esztendőre vonatkoztatva. Az 1950 és 2010 évek közötti teljes növényvédőszer-felhasználást összeveti a POP-tartalmú készítmények felhasználásával, és részletes elemzést ad az utóbbiakban jelen levő POP-hatóanyagok felhasználásáról. A POP-tartalmú növényvédő szer felhasználás 1965-ben (37.288 t), százalékosan pedig 1969-ben (72%) érte el maximumát, de felhasználásuk mára gyakorlatilag megszűnt. A perzisztens növényvédő szerekből a 60 év során legtöbbit a lindane-tartalmú növényvédő szerekből használtak fel (189.207 t), de a készítmények hatóanyag-tartalma szerint messze a DDT használata volt a legjelentősebb (39.480 t). Bár az endosulfan-tartalmú készítmények visszavonásával az utolsó POP-tartalmú készítmények felhasználása is megszűnt, a perzisztens növényvédő szerek káros humán- és környezet-egészségügyi hatásai a mai felnőtt nemzedék egészségi állapotában, továbbá talajaink és vizeink szennyezettségében továbbra is éreztetik hatásukat.

A POP-felmérés egyik legnagyobb érdeme, hogy utólag is intő példaként hat. Figyelmeztet bennünket arra, hogy amit ma kellő ismeretek híján, elővigyázatlanul, elsősorban gazdasági megfontolásokra alapozva alkalmazunk, az holnap esetleg bumerángxként csap vissza ránk.

A növényvédő szer engedélyezés még ma is sok ismeretlenes játszma, amelynek kivitelezését csak az okos mérlegelés és az elővigyázatosság alappilléreire támaszkodva lehet végezni. Az uniós növényvédő szer engedélyezési rendszerben a korábbinál hatékonyabban kell eleget tennünk az egyre szigorodó humán-egészségügyi és környezetvédelmi elvárásoknak. A hatóanyagok uniós szintű engedélyezése után, már a növényvédő szer készítmények engedélyezése is zonális értékeléssel történik (2011. június közepétől) a 1107/2009/EU szabályozás alapján.

A hazai növénytermesztés ugyanakkor nem mondhat le a növényvédő szerek alkalmazásáról, ezért a megfelelő technológia megválasztása és betartása elengedhetetlen. Itthon is támogatni kell azokat a kutatásokat, melyek segítik a biztonságos növényvédő szer felhasználást és feltárják a növényvédő szerek hatásait az élőhelyek stabilitására, a biogeokémiai ciklusok egyensúlyára.

A hazai növényvédő szer kínálatot úgy kell kialakítani, hogy az biztosítsa az integrált gazdálkodás megvalósulását és természetes eredetű készítményekkel segítse elő az ökológiai gazdálkodás széleskörű elterjedését.

**Kulcsszavak:** Pethő Ágnes, Ocskó Zoltán, POP, lindane, DDT, endosulfan

## A PERIKONCEPCIONÁLIS IDŐSZAK TOXIKOLÓGIAI VONATKOZÁSAI

*Sávay Sándor, Rigó Barbara, Nánássy László, Debreceni Diána, Dudás Beáta,  
Süli Ágota, Higi Vera, Kósa Zsolt és Vereczkey Attila*  
Humán Reprodukciós Intézet, Budapest

A pre- és perikoncepcionális időszak fontossága a női egészség, valamint a születendő gyermek szempontjából közismert. Tényszerűen állíthatjuk, hogy az alkohol, kábítószer, dohányzás negatívan befolyásolja a reprodukzív egészséget. A szerhasználat okozhat véráramlás változásokat és endokrin zavarokat. Ha valaki fiatal korától kezdve kiemelten veszélyeztetett környezetből jön mind a kémiai és élvezeti szerek vonatkozásában, akkor nem biztos, hogy képes lesz gyermeket nemzeni, vagy kihordani. A nemzőképesség tekintetében a hölgyek reprodukciós egészsége sérülékenyebb mint a férfiaké, hiszen a modern reprodukciós technológiák segítségével akár egyetlen spermium is elegendő lehet a petesejt megtermékenyítéséhez. Elengedhetetlen a kockázati tényezők ismerete és felismerése az egészséges utódok születésében, különös tekintettel arra a bizonyított tényre, hogy a táplálkozás, életmód, környezeti szennyezettség és stressz nemcsak a születendő gyermekre, hanem a további generációkra is hatással van. A másik fontos tény, hogy a terhességek fele nem előre tervezett, így a káros tényezők kiküszöbölésére az előzetes felkészülés nem is kerül számításba. A terhesség észlelése általában a terhesség 5-6. hetére tehető, amikor az embrionális fejlődés lényeges elemei már lezajlottak.

Nagyon sok ma már ismert faktor befolyásolja a reprodukzív egészséget, beleértve az infertilitást, vetélést és születési rendellenességeket, melyeket összefoglalóan reprodukzív kockázati tényezőknek nevezünk.

A genetikai különbségek mellett ma már ismert az epigenetikai tényezők fontossága és ismerete, mely a végrehajtó mechanizmusa a sejt szintű és fenotípusos változásoknak, melyeket a környezeti hatások befolyásolnak. Poszterükön a szerzők összefoglalják a humán reprodukció során fellépő, kiemelkedő jelentőségű károsító hatásokat és ezek következményeit.

**Kulcsszavak:** Sávay Sándor, Rigó Barbara, Nánássy László, Debreceni Diána, Dudás Beáta, Süli Ágota, Higi Vera, Kósa Zsolt, Vereczkey Attila, perikoncepcionális, infertilitás, vetélés, születési rendellenesség, reprodukzív kockázat

\*



## TALAJLAKÓ FONÁLFÉRGEK MIKROANALITIKAI VIZSGÁLATA *FIB-SEM* TECHNIKA SEGÍTSÉGÉVEL

Sávoly Zoltán,<sup>a</sup> Hrác Krisztina,<sup>b</sup> Havancsák Károly,<sup>c</sup> Nagy Péter<sup>b</sup> és Záray Gyula<sup>a,d</sup>

<sup>a</sup>ELTE Analitikai Kémiai Tanszék, Budapest; <sup>b</sup>SzIE Állattani és Állatökológiai Tanszék, Gödöllő;

<sup>c</sup>ELTE Anyagfizikai Tanszék, Budapest; <sup>d</sup>ELTE Környezettudományi Kooperációs Kutató Központ, Budapest

A talajlakó fonálférgek érzékenyen reagálnak a környezeti viszonyok változására, ezért potenciális bioindikátorok talajszennyezések vizsgálata esetén.<sup>24</sup> Kis méretüknek és viszonylag komplex életfolyamataiknak köszönhetően biológiai és biokémiai folyamatok vizsgálata során alkalmazhatók, mint modellszervezetek. Erre a célra manapság főként a *Caenorhabditis elegans* faj egyedeit használják.<sup>25</sup> Korábbi vizsgálataink során megállapítottuk, hogy a néhány mikrogramm nedves tömeggel rendelkező állatok nyomelem-tartalma egyedileg is meghatározható *TXRF* technika segítségével.<sup>26</sup> Így a szennyező elemek felvételének különböző kezelési paraméterektől (pl. alkalmazott koncentráció, kezelési idő) való függése vizsgálható. A továbbiakban célul tűztük ki, hogy a fonálférgekben esszenciálisan előforduló, illetve szennyezéssel bevitt elemek (Cu, Cr) eloszlását vizsgáljuk pásztázó elektronmikroszkóp segítségével. A réz a mezőgazdasági talajok gyakori szennyezője, a réztartalmú permetezőszerek még ma is jelentős használatának köszönhetően, a króm fonálférgekre különösen toxikus.

Vizsgálatainkhoz a *Xiphinema vuittenezi* faj egyedeit használtuk, egy kivételtől eltekintve mindig nőstényeket. Az állatok kinyerése a talajból módosított Cobb-féle módszerrel történt. A béltartalom csökkentése céljából csapvízben végzett ötnapos éheztetést alkalmaztunk. Ezután az állatokat  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  és  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  vizes oldataival kezeltük. A mintafelvétel előtt egy percig mostuk a férgeket nagytisztaságú (Milli-Q) vízben. Az állatokat *Carbon Adhesive Tape* hordozóra vittük fel, gyors (2 perces) folyékony nitrogénben történő fagyasztást és 72 órás liofilizálást követően. A méréseket *FEI Quanta 3D* nagyfelbontású kétsugaras pásztázó elektronmikroszkóppal végeztük. A készülék a szokásos egységekhez képest tartalmaz egy ionágyút is, melynek segítségével Ga-ionokkal bombázható a minta, így pontos bemetszések készíthetők. A készülékkel elemanalitikai információ nyerhető, egy- és kétdimenziós elemeloszlások vizsgálhatók, sőt *FIB* megmunkálást követően a harmadik dimenzióba is betekintést kaphatunk. Elektron mikropróba analízisnél az információs mélység 1  $\mu\text{m}$  körüli. A vizsgált állat szájszervének átmérője ebbe a nagyságrendbe esik, tehát ezzel a technikával az egész „átvilágítható”. Egyéb, biológiailag releváns helyeken (*vulva* és végbélnyílás közelében) a vizsgált állatokat kettévágtuk a *FIB* technika segítségével, majd a kapott keresztmetszetekben vonalmenti röntgenfluoreszcens analízist végeztünk. Az elemanalízis során vizsgáltuk a szén, nitrogén, oxigén, foszfor, kén, kálium, kalcium és réz illetve króm eloszlását.

Az állatok szájszervében nagy mennyiségű nátriumot és ként találtunk. A kezelésnek kitett állatok esetében kis mennyiségű réz, illetve króm is kimutatható

<sup>24</sup> Bakonyi, G., Nagy, P. & Kádár, I. (2003) *Toxicol. Letters* **140-141**, 391-401.

<sup>25</sup> Hughes, S. & Stürzenbaum, S. R. (2007) *Environ. Pollution* **145**, 395.

<sup>26</sup> Sávoly, Z., Nagy, P., Havancsák, K. & Záray, G. (2012) *Microchem. J.* **105**, 83-87.

volt itt. A króm és a réz esetén is kisebb intenzitásokat mértünk a belsőbb régiókban. A FIB-bel előállított keresztmetszetekben az egyes elemek eloszlása közötti korrelációkat vizsgáltuk. Megállapítható, hogy a kezeléssel bevitt réz és az állatban esszenciálisan jelenlévő kén eloszlása nagy hasonlóságot mutat. A réz a felvételt követően valószínűleg kéntartalmú fehérjékhez kötődik.

**Kulcsszavak:** Sávoly Zoltán, Hrács Krisztina, Havancsák Károly, Nagy Péter, Záray Gyula, TXRF, Xiphinema vuittenezi, FIB-SEM, réz, króm, fonálféreg

\*

## ÁLLÁSPONTOK A *GMO* KÖRNYEZETI KOCKÁZATBECSLÉSBEN ALKALMAZOTT STATISZTIKAI MÓDSZEREKRŐL

Székács András és Darvas Béla

Központi Környezet- és Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet, Budapest

A géntechnológiai úton módosított szervezetek (*GMO*) eseti környezeti kockázatelemzését (*ERA*) a Cartagena Egyezményt elfogadó országok – így az Európai Unió tagországai is – előírják a *GMO*-k hatósági engedélyezése részeként. Az Európai Unión belül a *GMO*-k környezeti kockázatelemzésére vonatkozó alapvető előírásokat az EU 2001/18/EC Irányelve írja elő. Az Irányelv „egységes, független tudományos tanácsadásra alapozott módszertan” alkalmazását követeli meg, azonban ezt a döntéshozatal különböző résztvevői meglehetősen különböző módon értelmezik.

A *GMO*-k megítélésének, s ezen belül is az *ERA* felfogásának is alapvető kérdése a *GMO* és natív fajták összevetése, melynek hagyományos módszere a *GMO* és (közel) izogenikus vonal összehasonlítása. E tekintetben a kezdetektől fogva jelen levő – és rendkívül sokat bíralt – irányelv volt az ún. lényegi azonosság elve, amely alapvetően azt az alapfeltételezést szögezte le, hogy a *GMO* alapvetően azonos az anyavonallal, melyből létrehozták. Túl azon, hogy ez az alapfeltételezés – tudományelméleti alapon – elvileg is hibás, hiszen az *ERA* kiindulási pontjának éppen az ellenkező feltételezésnek kell lennie (nevezetesen, hogy van különbség a két vonal között), egyszerűen feleslegesen leegyszerűsítő is, hiszen azt a feltételezést tükrözi, hogy a genom módosítása nem hozhat létre olyan változást a módosított szervezetben, ami alapvetően változtathatná meg a fajta – kémiai, biokémiai vagy biológiai – tulajdonságait. A gyakorlat meglehetősen hamar vissza is igazolta e feltételezés megalapozatlan voltát, hiszen a statisztikai eljárások meglehetősen gyakran igazoltak szignifikáns eltéréseket – összetétel vagy biológiai hatás tekintetében – *GMO* és a megfelelő izogenikus vonal között. A kérdés egyszerűen átlátható, ha a transzgen kifejeződéséből adódó eltérésekre gondolunk, ahol az eltérés magától értetődően szignifikáns.

A látszólagos ellentmondás feloldására vont a be az *EFSA* az *ERA* értelmezésébe az ún. „összehasonlító kockázatelemzés” koncepcióját, amely lényegében arra épül, hogy a *GMO ERA* folyamatába bevonja olyan fajták (fajtavonalak) vizsgálatát is, amelyek „nagyon hasonlóak a *GMO*-hoz, és



élelmiszerként biztonságosnak bizonyultak”. Így az *ERA* nem csupán a *GMO* és az izogenikus vonal összehasonlítását kívánja meg, de az összevetésbe kereskedelmi vonalak bevonását is előírja. A kockázatelemzés itt nem a *GMO* és egyes fajták (pl. izogenikus vonal) ekvivalenciatesztje, hanem ezen ekvivalenciatesztek összevont statisztikaerő-analízise (*Power Analysis*). Ezen előírás – azáltal, hogy az izogenikus vonal és a kereskedelmi vonalak közötti eltéréseket beépíti a negatív kontrollba – egyrészt jelentősen megnöveli a „háttér” szórását, s ezáltal meglehetősen leszűkíti a *GMO* és a háttér közötti szignifikáns eltérések körét, másrészt új kategóriát, a „biológiai relevancia” fogalmát vonja be az értékelésbe. A koncepció felülbírálja a korábbi „*GMO* – nem *GMO*” statisztikai elemzés folyamatát, és egyes vonalak közötti statisztikailag szignifikáns eltéréseket biológiailag nem relevánsként értelmezhet. Mivel azonban a biológiai relevancia nem pontosan definiált fogalom (a vonatkozó *EFSA* definíció szerint: a ~, melyet a szakértői elbírálás humán, állati, növény- vagy környezet-egészségügyi szempontból fontosnak vagy jelentéssel bírónak tekint), a döntéshozók meglehetősen ingatag tudományos vagy jogi alapon döntenek el, vajon egy statisztikailag szignifikáns eltérés biológiailag releváns-e. A hatósági *ERA* ezen laza eleme aláássa, de legalábbis jelentősen veszélyezteti az objektív döntéshozatal lehetőségét.

**Kulcsszavak:** Székács András, Darvas Béla, *GMO*, *ERA*, *EFSA*, lényegi azonosság, biológiai relevancia

\*

## **A MON 810-ES GM-KUKORICA CRY1AB-TARTALMÁNAK VÁLTOZÁSA A TENYÉSZIDŐSZAK SORÁN SZABADFÖLDI ÉS ÜVEGHÁZI KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT**

Takács Eszter,<sup>a,b</sup> Darvas Béla,<sup>a,b,c</sup> Bánáti Hajnalka,<sup>a,c</sup> Lauber Éva,<sup>d</sup> Juracsek Judit<sup>a</sup>  
és Székács András<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup>Központi Környezet- és Élelmiszer-tudományi Kutató Intézet, Budapest; <sup>b</sup>SzIE Környezettudományi Doktori Iskola, Gödöllő; <sup>c</sup>ELTE Környezettudományi Doktori Iskola, Budapest; <sup>d</sup>NÉBIH, Budapest

A *Bt*-növények által termelt Cry-toxinok kimutatásának elterjedt módszerét képviselik az *ELISA* eljárások. Általánosan fellépő probléma, hogy még adott genetikai eseményű *Bt*-növény toxintartalmára vonatkozóan is jelentősen eltérő értékek találhatók a szakirodalomban. Ennek okai biológiai és analitikai forrásból is származhatnak. Nemzetközi együttműködés keretében indított körvizsgálatunk során különböző, Cry1Ab-toxin kimutatására alkalmas *ELISA* rendszer alkalmazhatóságát és eltérő extrakciós eljárásokat hasonlítottunk össze. Még ugyanazon módszer alkalmazása mellett is 15-30%-os relatív hiba jelentkezett a Cry1Ab-toxintartalom meghatározása során.<sup>27</sup> Az eredmények eltérőek lehetnek attól függően is, hogy a tenyészidőszak mely időpontjában, illetve az adott növényi szerv mely részét

<sup>27</sup>Székács, A., Weiss, G., Quist, D., Meier, M., Takács, E., Darvas, B. & Hilbeck, A. (2011) *Food Agric. Immunol.* **23**, 99-121.

mintázzuk.<sup>28,29</sup> Különböző értékek adódhatnak a termesztési körülményekből (termőföld típusa, termesztési terület helye, műtrágya alkalmazása) eredően is.

Vizsgálatunk során két, *MON 810* kukorica Cry1Ab-toxintermelésének változását vizsgáltuk szabadföldi (Nagykovácsi, Julianna-major), félszabadföldi és üvegházi körülmények között. Az üvegházi kísérlet során a növényeket tenyészedeényekben (d=30 cm), virágföldben neveltük. A félszabadföldi körülmény esetén tenyészedeényekben, virágföldben és vályogtalajban is vetettünk kukoricát. A szabadföldi kukoricákat 25 cm-es tőtávolsággal és 70 cm-es sortávolsággal ültettük nem karbonátos vályogtalajba. A mintavétel során a kukoricák vegetatív (levél, levélhüvely, szár, gyökér, csuhélevél) és generatív (bibe, címer) részeit is mintáztuk a kukorica R2 (hólyag) fenológiai stádiumában. A mintázott szervek mindegyikében mértük a Cry1Ab-tartalmat. A toxintartalom tenyészidőszak során bekövetkező változásának vizsgálatához a leveleket három levélszinten vizsgáltuk. A zöld levélmintát a nővirág szintjén, a félig nekrotizálódott (sárga) levelet a nővirág alatti 2., a teljesen nekrotizálódott (barna) levelet a nővirág alatti 4. szinten lévő levél jelentette. Az eredményeket *Statistica 6* program segítségével egyutas varianciaanalízissel (ANOVA) és *Tukey*-tesztel értékeltük.

A félszabadföldi vizsgálat során az általunk vizsgált két talajtípus mindkét *MON 810*-es kukoricavonal esetében azonos módon befolyásolta a toxintermelést. Vályogtalaj esetén az összes általunk vizsgált növényi szövetben szignifikánsan alacsonyabb ( $52\pm 31\%$  és  $60\pm 32\%$  a két kukoricavonal esetében) Cry1Ab-toxintartalmat mértünk, mint a virágföld esetében. Az üvegházi kukoricák esetén a mért toxinkoncentrációk átlagosan  $67\pm 31\%$ -a és  $47\pm 21\%$ -a voltak a félszabadföldi növények toxintartalmának, mely különbségek minden szövet esetében szignifikáns különbséget jelentettek. A félszabadföldi kukoricák fő szerveiben a Cry1Ab-tartalom  $61\pm 29\%$ -a volt a szabadföldi növények toxintartalmának. A szervek között ebben az esetben azonban nem volt konzekvens az alacsonyabb érték.

A levelek nekrotizációjával párhuzamos Cry1Ab-tartalomváltozás vizsgálata során mindkét *MON 810*-es kukorica esetében egy-egy esettől eltekintve ugyanazt a trendet tapasztaltuk. A legmagasabb koncentráció a zöld levélben mértük, ennél a félig nekrotizálódott (sárga) levélben alacsonyabb, míg a teljesen nekrotizálódott (barna) levélben a legalacsonyabb toxintartalmat találtunk.

**Kulcsszavak:** Takács Eszter, Darvas Béla, Bánáti Hajnalka, Lauber Éva, Juracsek Judit, Székács András, *Bt*-növény, *MON 810*, Cry1Ab, *GMO*, *ELISA*, nekrotizáció, kukorica



<sup>28</sup>Székács, A., Lauber, É., Juracsek, J. & Darvas, B. (2010) *Environ. Toxicol. Chem.* **29**, 182-190.

<sup>29</sup>Székács, A., Lauber, É., Takács, E. & Darvas, B. (2010) *Anal. Bioanal. Chem.* **396**, 2203-2211.

## INDEX

**A**

|                            |              |
|----------------------------|--------------|
| <i>Aedes aegypti</i>       | 11-12        |
| aflatoxin-B1               | 16-17        |
| Alexandrina Fodor          | 13           |
| <i>Aliivibrio fischeri</i> | 1, 16-17     |
| AMFLORA                    | 9-10         |
| AMPA                       | 18-19        |
| <i>Anabaena</i> sp.        | 5            |
| antiandrogén               | 14-15        |
| antiösztrogén              | 14-15        |
| apoptózis                  | 15-16, 17-18 |
| <i>Aspergillus</i>         | 16-17        |

**B**

|                      |             |
|----------------------|-------------|
| Bakonyi Gábor        | 4           |
| Balázs Mária         | 5-6         |
| Bánáti Hajnalka      | 6, 25       |
| Báskay Imre          | 7           |
| Békés megye          | 18-19       |
| benzol               | 15-16-17-18 |
| Besenyei Krisztina   | 15          |
| bioakkumuláció       | 13-14       |
| biológiai relevancia | 24-25       |
| Bíró Janka           | 13          |
| BLYES                | 16-17       |
| BLYR                 | 16-17       |
| <i>Bt</i> -növény    | 25-26       |
| BUTOXONE M-40        | 7-9         |

**C**

|                 |              |
|-----------------|--------------|
| CA              | 15-16, 17-18 |
| CALYPSO SC 480  | 10-11        |
| cianobaktérium  | 7-9          |
| citosztatikum   | 17-18        |
| <i>cryI</i>     | 6-7          |
| <i>cryIAb</i>   | 6-7          |
| Cry1Ab          | 11-12, 25-26 |
| Cry34Ab1        | 11-12        |
| Cry35Ab1        | 11-12        |
| Cry-toxin       | 11-12        |
| Cserháti Mátyás | 16           |

**D**

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <i>Daphnia magna</i> | 5, 10-11,<br>11-12      |
| Darvas Béla          | 3, 6, 10, 11,<br>24, 25 |
| DAS 59122            | 11-12                   |
| DDT                  | 21                      |
| Debreceni Diána      | 22                      |
| Deli Szabina         | 10                      |
| Demeter Zoltán       | 5-6                     |
| diklofenak           | 13-14                   |
| DNS repair           | 15-16, 17-18            |
| Dobó Zoltán          | 10                      |
| Dobolyi Csaba        | 16                      |
| Dudás Beáta          | 22                      |
| Duna                 | 18-19                   |

**E**

|                   |              |
|-------------------|--------------|
| EFSA              | 24-25        |
| elhízás           | 14-15        |
| ELISA             | 18-19, 25-26 |
| endokrin          | 14-15        |
| <i>endosulfan</i> | 21           |
| ERA               | 24-25        |
| ERM-AD413         | 6-7          |
| eseményspecifikus | 6-7          |
| EU engedélyezés   | 9-10         |
| EU GMO kibocsátás | 9-10         |

**F**

|                 |           |
|-----------------|-----------|
| Fejes Ágnes     | 11        |
| Fekete Gábor    | 11        |
| Fernando Rubio  | 18        |
| FIB-SEM         | 20, 23-24 |
| fonálféreg      | 20, 23-24 |
| fullerén        | 4         |
| <i>Fusarium</i> | 16-17     |
| Füleki Lilla    | 10        |

**G**

|                       |                            |
|-----------------------|----------------------------|
| GC-MS                 | 18-19                      |
| glyphosate            | 7-9, 18-19                 |
| GMO                   | 6-7, 9-10,<br>24-25, 25-26 |
| Gyöngyösi Papp Zsuzsa | 13                         |

**H**

|                                 |              |
|---------------------------------|--------------|
| Halmy Eszter                    | 14           |
| Halmy László                    | 14           |
| Harkai Péter                    | 16           |
| Haulik Beatrix                  | 4            |
| Havancsák Károly                | 23           |
| hazai <i>GMO</i> kibocsátás     | 9-10         |
| <i>Heterocypris incongruens</i> | 5            |
| Higi Vera                       | 22           |
| hormonmoduláns                  | 10-11, 14-15 |
| Horváth Boglárka                | 20           |
| Hrács Krisztina                 | 20, 23       |

**I**

|              |       |
|--------------|-------|
| ibuprofen    | 13-14 |
| indometacin  | 13-14 |
| infertilitás | 22    |

**J**

|                     |            |
|---------------------|------------|
| Jakab Mátyás        | 15         |
| Jakab Sándor Zsuzsa | 13         |
| Juracek Judit       | 11, 18, 25 |
| juvenoid            | 10-11      |

**K**

|                       |           |
|-----------------------|-----------|
| ketoprofen            | 13-14     |
| Klátyik Szandra       | 11        |
| kocszgyártó           | 15-16     |
| konstrukcióspecifikus | 6-7       |
| Kósa Zsolt            | 22        |
| Krifaton Csilla       | 1, 16     |
| Kriszt Balázs         | 16        |
| króm                  | 20, 23-24 |
| Kukolya József        | 16        |
| kukorica              | 3, 25-26  |
| kutikula              | 20        |

**L**

|                   |       |
|-------------------|-------|
| Lauber Éva        | 25    |
| lényegi azonosság | 24-25 |
| <i>lindane</i>    | 21    |
| Lisa Kamp         | 18    |

**M**

|                  |                      |
|------------------|----------------------|
| Magyar Éva Judit | 15                   |
| Major Jenő       | 15, 17               |
| Margit-sziget    | 18-19                |
| <i>MCPB</i>      | 7-9                  |
| <i>MON 810</i>   | 6-7, 11-12,<br>25-26 |
| MONTABIO         | 18-19                |
| Mörzl Mária      | 18                   |
| mutagén          | 17-18                |

**N**

|                             |        |
|-----------------------------|--------|
| Nagy Péter                  | 20, 23 |
| Nánássy László              | 22     |
| nanoszennyező               | 5-6    |
| nano-cink                   | 4      |
| nano-ezüst                  | 4      |
| nano-titán                  | 4, 5-6 |
| nano-vas                    | 5-6    |
| naproxen                    | 13-14  |
| <i>Navicula pelliculosa</i> | 5      |
| nekrotizáció                | 25-26  |
| Németh Gyöngyi              | 10, 18 |
| neonikotinoid               | 10-11  |
| Neszmélyi Károly            | 6      |
| nitrofurán                  | 13-14  |

**O**

|                  |              |
|------------------|--------------|
| Ocskó Zoltán     | 21           |
| olajipari munkás | 15-16, 17-18 |
| ösztrogén        | 14-15        |

**P**

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| <i>PAH</i>                 | 15-16 |
| Pándics Tamás              | 5-6   |
| perikonceptcionális        | 22    |
| perzisztencia              | 13-14 |
| Pethő Ágnes                | 21    |
| planktonikus alga          | 7-9   |
| <i>PNEC</i>                | 4     |
| <i>POP</i>                 | 21    |
| primer prevenció           | 17-18 |
| <i>Pseudokirchneriella</i> | 5     |
| <i>Pseudomonas</i>         | 16-17 |
| <i>pyriproxifen</i>        | 10-11 |



**R**

|                      |       |
|----------------------|-------|
| reproduktív kockázat | 22    |
| réz                  | 23-24 |
| <i>Rhodococcus</i>   | 16-17 |
| Rigó Barbara         | 22    |
| Risa Anita           | 16    |
| RT-PCR               | 6-7   |

**S**

|                                  |                          |
|----------------------------------|--------------------------|
| <i>Saccharomyces cerevisiae</i>  | 16-17                    |
| Sávay Sándor                     | 22                       |
| Sávoly Zoltán                    | 20, 23                   |
| SCE                              | 15-16, 17-18             |
| Sebők Flóra                      | 16                       |
| SOS-Chromo                       | 16-17                    |
| <i>species sensitivity dist.</i> | 4                        |
| SSD                              | 4                        |
| <i>Streptomyces</i>              | 16-17                    |
| Süli Ágota                       | 22                       |
| Székács András                   | 6, 10, 11, 18,<br>24, 25 |
| szennyvízkezelés                 | 13-14                    |
| színöröklődés                    | 6-7                      |
| Szoboszlai Sándor                | 16                       |
| szulfonamid                      | 13-14                    |
| Szücs Ádám                       | 16                       |
| születési rendellenesség         | 22                       |

**T**

|                       |           |
|-----------------------|-----------|
| TAIFUN 360            | 7-9       |
| Takács Eszter         | 11, 25    |
| tarlómaradvány        | 11-12     |
| tetraciklin           | 13-14     |
| <i>Thamnocephalus</i> | 5         |
| <i>thiacloprid</i>    | 10-11     |
| Tompa Anna            | 15        |
| Törökné Kozma Andrea  | 5-6       |
| TXRF                  | 20, 23-24 |

**U**

|                 |              |
|-----------------|--------------|
| UDS             | 15-16, 17-18 |
| Udvardy Orsolya | 5-6          |

**V**

|                   |      |
|-------------------|------|
| Vajda Boldizsár   | 6    |
| Vereczkey Attila  | 22   |
| vetélés           | 22   |
| vetési moratórium | 9-10 |
| vetőmag           | 6-7  |

**X**

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| <i>Xiphinema vuittenezi</i> | 20, 23-24 |
|-----------------------------|-----------|

**Z**

|             |        |
|-------------|--------|
| Záray Gyula | 20, 23 |
| zearalenon  | 16-17  |