

Felszíni vizekben gyakran előforduló mikroszennyezők koktéllhatásának vizsgálata *Aliivibrio fischeri*-n és zebradánió-embrión (*Danio rerio*)

**Háhn Judit, Göbölös Balázs, Bock Illés, Csenki-Bakos Zsolt,
Kriszt Balázs és Szoboszlai Sándor**

XI7

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és
Környezetbiztonsági Intézet, Gödöllő; e-mail: hahn.judit@uni-mate.hu

Az évente globálisan felhasznált közel 300 millió tonna szintetikus vegyület jelentős része talál utat a környezeti elemekbe.¹⁶ A xenobiotikumok multi-komponens-keverékeként vannak jelen a környezetben, azonban a vegyületmixek ökotoxikológiai hatásairól még közel sem kielégítőek az ismereteink. Az utóbbi másfél évtized során több mint 1000 különböző keverék toxikológiai, ökotoxikológiai vizsgálata történt meg,¹⁷ ezek kétharmada azonban két komponensnél többet nem foglalt magába.

Munkánk során gyógyszerhatóanyagok és növényvédő szerek közül a felszíni vizekben gyakran előforduló *carbamazepine* (CBZ, antiepileptikum), *diclofenac* és *ibuprofen* (DCF és IBU, nem-szteroid gyulladácsökkentők), *S-metolachlor* (MTC, herbicid), *tebuconazole* (TBZ, fungicid) és *terbuthylazine* (TRB, herbicid) hatóanyagok ökotoxikológiai hatásait vizsgáltuk önmagukban, valamint kettő-, három-, négy-, öt- és hatkomponenses keverékekben.

A hat vegyület és a belőlük képezhető 57 kombináció (1:1 arány) akut citotoxicitását *Aliivibrio fischeri* (AVF) tesztel vizsgáltuk ISO 11348-1 szabvány alapján 30 perces kontaktidővel. Az effektív koncentráció értékeit ($EC_{10,20,50,80,90,95}$) használva *CompuSyn*

szoftverrel kombinációs index (CI) alapján állapítottuk meg a keverékekben a komponensek között fellépő antagonista ($CI > 1,1$), additív ($CI = 1,1-0,9$) és szinergista ($CI < 0,9$) hatásokat az egyes hatásos koncentrációszinteken. Önmagában nem toxikus vegyület esetében annak a többi komponensre gyakorolt toxicitásnövelő hatását fejeztük ki százalékosan.¹⁸ Az AVF teszt eredménye alapján szinergikus hatású keverékeket választottunk ki, melyeket az azokat alkotó hatóanyagokkal együtt tovább vizsgáltunk zebradánió (*Danio rerio*). A ZETA (*Zebrafish Embryo Toxicity Assay*) teszt során az embriókat öt különböző teszt koncentrációval kezeltük a termékenyüléstől számított 120 órán át, koncentrációként 20 embrióval, 4 ismétlésben. A letális koncentrációk alapján a fentebb ismertetett módon CI-értékeket határoztunk meg.

Az akut AVF teszt során az 50%-os fénykibocsátást okozó koncentráción a kettes keverékeknél 5, a hármasoknál 6, a négyeseknél 2 esetben tapasztaltunk szinergikus hatást. A TRB önmagában nem volt toxikus az AVF-re, így az ezt tartalmazó mixekben toxicitásnövelő hatást számoltunk: 50%-os effektív koncentráción 3 kivételtől eltekintve minden keverék esetében a TRB fokozta a komponens-

¹⁶Schwarzenbach *et al.* (2006) *Science* **313**: [1072-1077](#).

¹⁷Martin *et al.* (2021) *Environ. Int.* **146**: [106206](#)

¹⁸Chou (2006) *Pharmacol. Rev.* **58** (3): [621-681](#).

sek citotoxicitását, mely hatás az effektív koncentrációk csökkenésével nőtt. Ezen eredmények alapján a ZETA tesztben hat keveréket vizsgáltunk: a CBZ+IBU+MTC, DCF+IBU+MTC, DCF+MTC+TBZ és IBU+MTC+TBZ mixeket, melyek már EC_{10} értéken (2-6 mg/l) szinergiát mutattak, valamint az IBU+MTC+TBZ+TRB és DCF+IBU+MTC+TRB keverékeket, melyek esetében a TRB minden vizsgált koncentráción toxicitásnövelő hatással bírt. A zebreadánió tesztben a DCF+IBU+MTC+TRB mix esetében már 10%-os EC értéken (4,3 mg/l) szinergia lépett fel.

A vizsgált keverékekben a Magyarországon 2019-ben a 4. legnagyobb mennyiségben forgalmazott és felszíni vizekből gyakran detektálható *terbuthylazine* toxicitásnövelő (AVF)/szinergikus (ZETA) hatása kiemelkedő, mely környezeti elemekben már detektált (ugyan ritkán és extrém magas) értékekhez közelítő koncentrációknál is megnyilvánul.

Köszönetnyilvánítás: A munkát a TKP2020-NKA-16, 2020-1.1.2-PIACI-KFI-2021-00239, az ÚNKP-20-4-II és az ÚNKP-21-4 támogatta.

Kulcsszavak: Háhn Judit, Göbölös Balázs, Bock Illés, Csenki-Bakos Zsolt, Kriszt Balázs, Szoboszlai Sándor, *carbamazepine*, *diclofenac*, *ibuprofen*, *S-metolachlor*, *tebuconazole*, *terbuthylazine* multikomponens keverékek, *Aliivibrio fischeri*, *Danio rerio*

Glyphosate-tartalmú készítmények hatásvizsgálata a *Pseudomonas aeruginosa* baktériumfaj szubletális végpontjaira

XI8

Kaszab Edit, Háhn Judit, Jiang Dongze, Fekete Márton, Tóth Gergő, Kriszt Balázs és Szoboszlai Sándor

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Környezetbiztonsági Tanszék, Gödöllő; e-mail: kaszab.edit@uni-mate.hu

A *Pseudomonas aeruginosa* faj ismert opportunistá patogén kórokozó, mely széleskörű katabolitikus potenciálja révén számos xenobiotikum (köztük a *glyphosate*)¹⁹ biodegradációjára képes. Humán egészségügyi kockázatát jelzi, hogy nozokomiális körülmények között a legnagyobb mortalitással rendelkező Gram-negatív baktériumfaj.²⁰ Jelentőségét fokozza a faj antibiotikum-rezisztenciára való kifejezett hajlama. Környezeti viszonyok között a *P. aeruginosa* faj térnyerése elsősorban szénhidrogénnel szennyezett területeken igazolt,²¹ mezőgazdasági művelés és trágyázás alatt álló talajokban kimutatási gyakorisága alacsony.²² A

szakirodalomban kevés figyelmet kap ugyanakkor annak megállapítása, hogy egyes szerves szennyezők milyen szubletális végpontokban mérhető változásokat eredményeznek a faj fenotípusosan vagy molekuláris módszerekkel detektálható tulajdonságaiban. Mindezek alapján vizsgálatunk során célul tűztük ki a *P. aeruginosa* faj esetében a *glyphosate* hatóanyaggal és *glyphosate* tartalmú növényvédő szerekkel (GBH) exponált törzstenyészetek vizsgálatát, illetve a növekedési ütemre gyakorolt hatások detektálása mellett egy kiválasztott, nem konvencionális, szubletális végpont, az antibiotikum rezisztencia jellemzését.

¹⁹Hoodaji et al. (2012) In. *Microbes in Applied Research* (Mendez-Vilas Ed.) pp. 183-186.

²⁰Aliaga et al. (2002) *J. Med. Microbiol.* **51**: 615-619.

²¹Kaszab et al. (2010) *Microb. Ecol.* **59**, 37-45.

²²Daredjian et al. (2014) *Front. Cell. Infect. Microbiol.* **4**: 53.