

Ökotoxikológia

5. évfolyam, 3-4. szám (2023)



Magyar Ökotoxikológiai Társaság



Tudományos szakfolyóirat

Öko toxikológia

Laptulajdonos és kiadó
**Magyar Ökotoxikológiai
Társaság**

A szerkesztőbizottság tagjai
Csenki-Bakos Zsolt PhD
Pirger Zsolt PhD
Simon Edina PhD
Simon Gergely

Főszerkesztő
Darvas Béla DSc

Olvasószerkesztők
Takács Eszter PhD
Klátyik Szandra PhD

Vendégfőszerkesztő
Székács András DSc

Honlapszerkesztő
Varga L. György PhD

Minden jog fenntartva!

A lapból értesüléseket átvenni csak a szerzőre és az *Ökotoxikológia* folyóíratra való hivatkozással lehet.

All rights reserved!

Information from this journal can only be used by reference to the author and *Ökotoxikológia* journal.



ISSN 2732-2556

Lapunk kizárólag elektronikus formában jelenik meg és nyilvánosan elérhető (*open access*). Minden megjelent cikket legalább két független bíráló és egy szerkesztő ítél meg (*peer reviewed*).

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

TARTALOMJEGYZÉK

SZAKCIKK

- Darvas** - A lítiumionakkumulátor-gyártás és ipari járműlékainak... 5-30
- Bohus** és mtsai - A *glyphosate* hatóanyag sóit tartalmazó készítmények... 31-44
- Darvas** és mtsai - NGT kontra GMO – a tervezett Európai Unió... 45-54

KONFERENCIA

- Bock** és mtsai - Zebradánióembriók fenotípusát értékelő automatizált rendszer használata... 56-57
- Darvas** - Véralvadásgátlók, szereteágazó hatásuk az ökoszisztémákban... 57-59
- Fodor I.** és mtsai - Pszichoaktív gyógyszermaradványok indukálta egyed- és sejtszintű... 59-60
- Gémes** és mtsai - A *glyphosate* és szerkezeti analógjai gátló hatásának vizsgálata... 60-61
- Göbölös** és mtsai - Szennyezőanyagok mikroműanyagokon történő adszorpciójának... 62-63
- Klátyik** és mtsai - A *glyphosate* ökotoxikológiai megítélése az elmúlt évtized eredményei... 63-64
- Kovács-Weber** és mtsai - Környezet-állat-interakciók a Net-poulsafe projekt keretében 64-65
- Major** és mtsai - *Spirotetramat* és *myclobutanil* hatóanyagú növényvédő szerek... 66-67
- Mörtl** és mtsai - A PBAT-biopoli-mer komposztálás során történő lebomlásának vizsgálata 67-68
- Németh** és mtsai - UV-szűrő vegyületek krónikus hatásai a nagy vízibolha (*Daphnia*...) 68-69

Székhács - Az Európai Akadémiák Tudományos Tanácsadó Testülete (EASAC)... 70-71

Tóth és mtsai - *Glyphosate* és készítményei, valamint az aminometil-foszfonsav... 72-73

Szerzői és tárgymutató 74-76

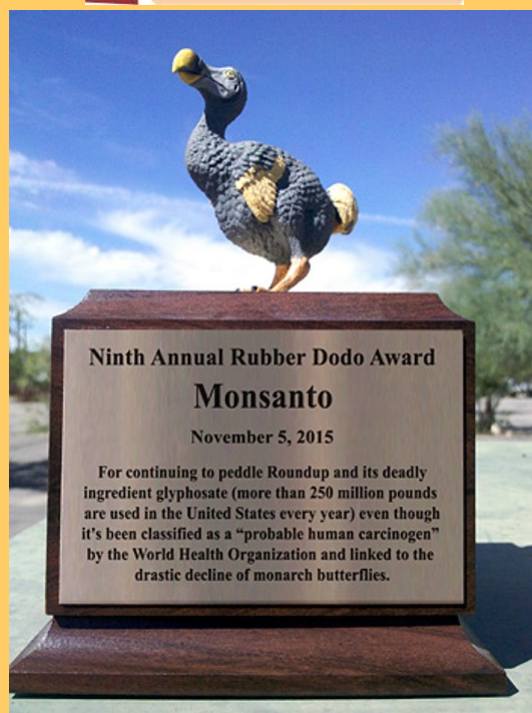
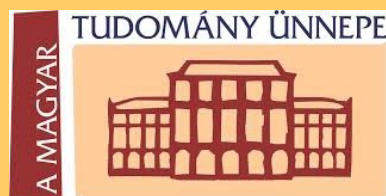
Köszönetnyilvánítás a szaklap bírálóinak 77

A lap publikációs műfajai 78-79

Útmutató szerzőknek 80-81

LEVÉL A SZERKESZTŐNEK

Fodor J. - A hazai állatkísérletek jogi szabályozása és háttere 82-84



Címkép: Meseautó

Bélyegkép: 9. Rubber Dodo Award

Publicisztika

Akkuland

Palkovics László ötletének tűnt. Az alkotó már elillant. A bolygó készleteinek kimerülésével a benzin- és dízelautógyártás – sokak szerint – a végnapjait éli. Az e-autók gyártásához akkumulátorok kellenek. *Zöldautókat* gyártunk majd – mondják a német autógyártó cégek, akik betelepültek hozzánk. Az akkumulátorgyártás folyamata kifejezetten energiaigényes, vízpocsékló (hatalmas a gőzkibocsátás, ami szállítja, amit lehet), talaj- (nehézfémek), víz- (pl. lítium) és levegőszennyező (pl. NMP-oldószer) művelet, ezért került Kínába és Dél-Ázsiába az akkumulátorgyártás. Kínában a környezetvédelem nem kiemelt szempont. Persze a hazai környezetvédelmi tárca formálissá redukálása után már nálunk sem. Az akkumulátorok gyártásához nincsenek nyersanyagaink; azokat hozzák. Az energiaigényt orosz gáz, olaj és urán biztosítja. Zsonglörködünk a semmivel. Vízet adunk a bulihoz, ami konkurál a lakossági fogyasztással és a környezet igényeivel. Debrecen ebből a szempontból nagyon kínos helyzetbe kerül hamarosan. Az e-autó környezetbarát minősítése a *pöttyös* leányregényeket idézi. Alice és a Bádogember hisz ebben. Hogyha Nap-, víz- és szélenergiára épülne a cucc, akkor lenne Hawaii, de *zsinóráram* kell. Mi tudja ezt? Szóval, szép álom volt, csúnya véggel, amit takargatnak az üzletemberek. Az egészségtelen (reprotoxikus és rákkeltő vegyületek felhasználása) és balesetveszélyes (tűz- és robbanásveszély) munkahelyek miatt alacsonybérű migránsok érkeznek, s ez alacsonyan tartja majd a hazai béreket. Ez a cél?

(db)

Glyphosate

Talán már mindenki tudja, hogy az IARC rákkeltéssel gyanúsítja a *glyphosate* készítményeket. Az Egyesült Államokban a *non-Hodgkin* limfómások perelnek. Az ügyben a formálásra használt faggyúaminok (POEA) hatásvizsgálata is előtérbe került. Neves hatóságok (US EPA vs. Cal EPA, EFSA és ECHA) szerint a jelenlegi *glyphosate* kitettségek még nem jelent veszélyt. Tény, hogy a vérkeringésben, a vizeletben és a székletben is megjelenik a *glyphosate*. Forrása Európában az Amerikából importált *glyphosate*-tűrő szója szarmadéka, míg Európában az állományszáritásból (árpa, durumbúza, lencse, kenyér- és tésztafélék stb.) visszamaradt vegyületek. A bolygó leggyakrabban használt totális gyomirtóját népszerűsíti a *glyphosate*-használatán alapuló ún. *regeneratív* talajművelés, ami alacsony fokú talajműveléssel és talajtakarással jár. Az Európai Unió most a *glyphosate* hatóanyag engedélyének meghosszabbítása előtt áll. Az agrártárca (Nagy István) nem látja ennek akadályát, bár a magyar felülvizsgálók (Tőkés Gábor, Griff Tamás) és vezetőik a minisztériumból (Szalkai Gábor, Görög Róbert, Bognár Lajos) és a Nébih-től (Jordán László) már különféle okokból távoztak. Elküldték őket vagy a versenyszférába igazoltak át. Nálunk a készítmények többsége szabadforgalmú, vagyis a toxikológia szempontjából dilettáns felhasználás lehetséges. A terhelő adatok gyűlnek, így a tápacsatornai biom lerombolásával, a gyermekkori leukémia és a Par-kinson-kór okozásával is gyanúsítják. A hazai egészségügy hallgat.

(db)

A lítiumionakkumulátor-gyártás és ipari járulékainak környezetegészségügyi veszélyei

Darvas Béla

Magyar Ökotoxikológiai Társaság, Budapest – bdarvas@bdarvas.hu

Az akkumulátorgyárakból kikerülő anyagok között említendők az illékony oldószerek (NMP), gyárakban bekövetkező tűz esetén a fluoridtartalmú gázok (HF, PFAS) és a különböző fémek, úgy, mint a kiporzásra hajlamos Ni, amit neurodegeneratív betegségek okozással gyanúsítanak, a Co-, Mn-sók (manganizmus) és a vízoldható lítiumvegyületek, amelyek szív- és idegrendszeri problémákat okozhatnak. Valamennyi a talajvizet és a csatornahálózatot veszélyeztetik, ezért, a kibocsátás folyamatos monitorozása, az eredmények nyilvános kezelése közérdek. A gyakori tüzek és a robbanásveszély miatt a környéken a riasztás megszervezése szintén szükséges feladat. A munkásokat a fentiekén túlmenően érintik a CNT/CNF, PVDF, DGPA és DTD vegyületek hatásai. A hatások között fertilitási problémákat okozó (DGPA) és magzatkárosító (NMP, DGPA, BYK-LP N 23676) vegyületek és rákkeltők (Ni-, Co-vegyületek, CNT/CNF, PVDF, PFAS és DTD) egyaránt vannak. Fiatal nők foglalkoztatása különösképpen nem javasolt ezeken a munkahelyeken.

A katód- és akkumulátorgyárak és az akkumulátor-hulladékkezelő üzemek mellett az elektrolit előállítók is dolgoznak rákkeltőként kezelendő anyagokkal. A munkavállalók tételes írásbeli figyelmeztetése, a kockázatok vállalása, és az előírt védőeszközök használata, valamint azok rendszeres ellenőrzése jelentős és humánegészségügyi szempontból is fontos feladat. A gyártás mellett a hulladékkezelés pár év múlva hasonló kapacitást és környezetegészségügyi szempontokból veszélyes munkahelyeket jelent majd.

Kulcsszavak: Li, Ni, Co, Mn, NMP, CNT/CNF, PVDF, HF, PFAS, DGPA, DTD, BYK-LP N 23676, ISC-1, neurodegeneratív, reprotoxin, teratogén, karcinogén

Environmental health hazards of lithiumion-based battery production and its industrial contributions

Béla Darvas

Hungarian Society of Ecotoxicology, Budapest – bdarvas@bdarvas.hu

Substances leaving the factory include volatile solvents (NMP), fluoride-containing gases (HF, PFAS) in case of factory fire, Ni (suspected of causing neurodegenerative diseases), Co, Mn salts (manganism), water-soluble lithium compounds (which can cause heart problems), which threaten groundwater and canals. Continuous monitoring of emissions and public management of the results are inevitable. Due to frequent fires and explosion hazards in the area, it is necessary to organize an alarm. In addition, workers are affected by the effects of CNT/CNF, PVDF, DGPA, and DTD. Effects may include fertility problems (DGPA), foetal toxicity (NMP, DGPA, BYK-LP N 23676) compounds and carcinogens (Ni, Co compounds, CNT/CNF, PVDF, PFAS, and DTD). In particular, the employment of young women is not recommended in these workplaces.

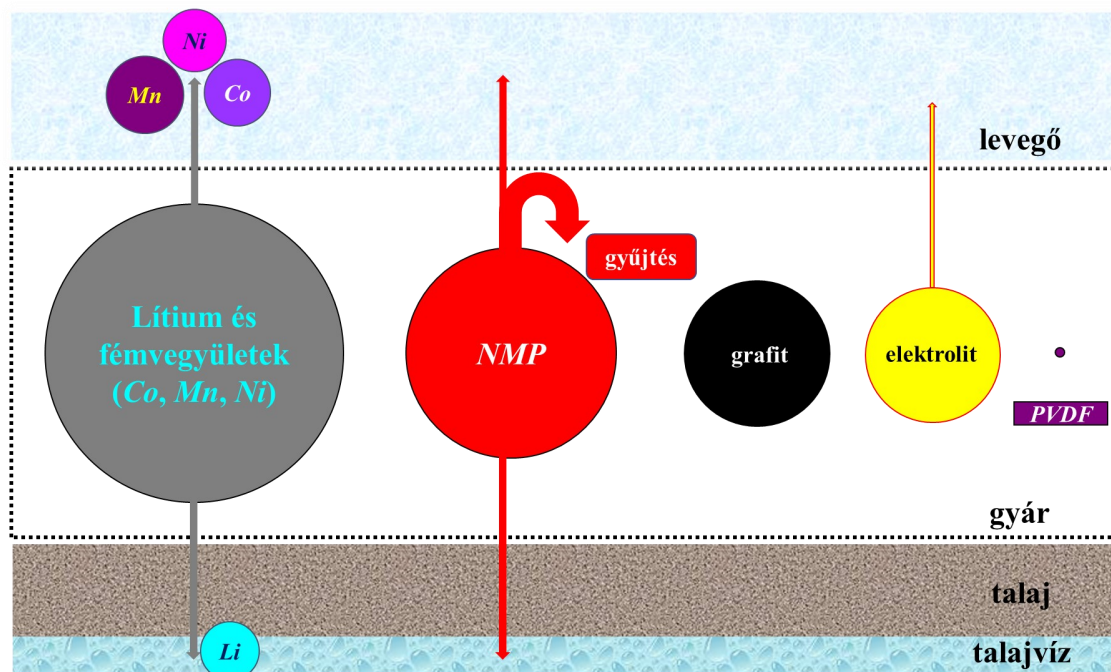
In addition to cathode and battery plants and battery waste treatment plants, electro-

lyte reducers also work with carcinogenic substances. Giving detailed written warnings to workers, undertaking them and the use of prescribed protective equipment and its regular monitoring is an important task. In addition to manufacturing, waste management will mean similar capacity and hazardous workplaces from an environmental health point of view in a few years' time.

Keywords: Li, Ni, Co, Mn, NMP, CNT/CNF, PVDF, HF, PFAS, DGPA, DTD, BYK-LP N 23676, ISC-1, neurodegenerative, reprotoxin, teratogenic, carcinogenic

Előszó: Cikkem veszélyleírásokat tartalmaz és nem kockázatértékelést. A kockázatértékeléshez sok, nem nyilvános gyári adat konkrét ismerete szükségeltetne. A cikk potenciális, kiemelkedően fontos munkahelyi és környezet-egészségügyi problémákra hívja fel a figyelmet, amelyek mindegyike megoldandó feladat. Az **1. ábra** a Samsung gödi gyára esetében mutatja be a lehetséges és fontosabb környezeti anyagforgalom vázlatát. A munkahelyen dolgozók érintettsége viszont a környéken élőkénél sokkal nagyobb. A munkások gyári kitettségét természetesen a védőfelszerelések csökkentik.

A CATL biztonsági jelentése [Wei és dékkezeléskor az égéstermékkel Kelemen, 2022] 27 – a gyártáshoz (fluórozott vegyületeknél ez kiemelhető) is bővül. A veszélyes anyagok számbavételekor természetesen nagyon fontos, hogy mi marad meg a gyár területén belül (munkahelyi probléma), és mi kerül ki gázzal, gőzzel, kiporzással és talajvízzel a gyártervből (közösségi probléma).



1. ábra: A lítiumion-akkumulátorok gyártásánál előforduló veszélyes anyagok útjának vázlatja (a méret a gödi Samsung gyár éves felhasználásával arányos)

Fémvegyületek

Meghatározó mennyiségben fordulnak elő a katód- és akkumulátorgyártásban, valamint a hulladékfeldolgozás során. Vízoldhatók közülük a lítiumsók, így ezek a talajvizet veszélyeztetik elsősorban, illetve a használati idő lejártá után a környezetünket. A vízben nem oldódó kobalt, mangán és nikkel-sók kiporzás útján kerülnek elsősorban a munkahelyi levegőbe. Valamennyi felhasznált fémvegyület nem biztonságos használat mellett súlyos környezet-egészségügyi problémák forrásává válhat. Probléma továbbá, hogy a mai gyártásban igen magas a selejtarány és később a lejárt akkumulátorok veszélyes anyagként való ártalmatlanítása is a gyártó feladata, tehát a hazai gyáraké.

- Lítiumvegyületek

A lítium képezi az akkumulátor egyik fő komponensét. Világpiaci ára igen magas. Felszíni bányái közül a *Salar de Atacama* (Chile) az egyik legnagyobb (**1. kép**). Megtaláljuk az elektrolitban is, ami összetett termék. Eredeti beszállítója a *Zhangjiagang Guotai-Huarong New Chemical Materials Co., Ltd.*, Kína. Az 1272/2008/EK rendelet [CLP rendelet] szerinti osztályozás: tűzveszélyes folyadékok 3 H226 kategória; akut toxicitás (*per os*) 4 H302 kategória; bőrirritáció 1B H314 kategória; súlyos szemkárosodás/szemirritáció 1 H318 kategória; bőrszenzibilizáció 1 H317 kategória; karcinogenitás 1B **H350** kategória; célszervi toxicitás (ismételt expozíció) 1 H372 kategória; krónikus vízveszélyesség 3 H412 kategória. Az elektrolitban többféle lítiumsó található: lítium-hexafluor-foszfát – H301, H314, H318, H372; dietil-karbonát – H225, H319; difluor-foszfór-lítium H301, H302, H314, H318, H372, H411; lítium-tetrafluor – H302, H315, H319,

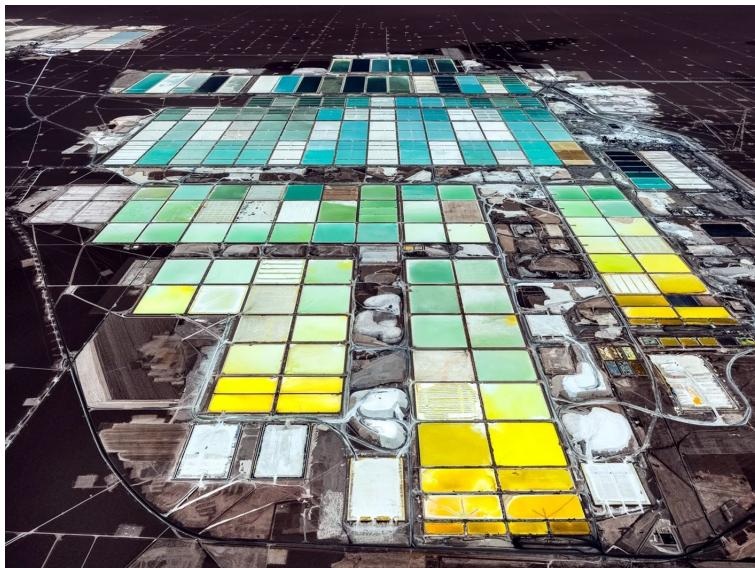
H341. A katódban is találunk lítium-oxidot.

Az elektromos autók piacán és az akkumulátor ipar területén is Kína vezeti a világgazdaságot. Az elektromos autó akkumulátorában változatos mennyiségű, de akár tíz kilogramm lítium is található. Lejárta után való sorsa/kezelése roppant fontos környezeti problémát jelent [Mrozik *et al.*, 2021]. A lítium vizes kezeléssel kimosható és visszanyerhető.

A lítiumot széles körben használják az elektronikus piacon és az elektromos járművekben, ami jelentős mennyiségű lítiumhulladékot eredményez a környezetben. A Jangce-medence Kína egyik legfejlettebb területe. Azt találták, hogy a lítium koncentrációja a vízi környezetben nagyon magas Sanghajban, valamint a csapvízben is, amit a lítium akkumulátorok környezeti szennyezése okozhat. A lítium károsítja a sejtek életképességét és gátolja az emberi kardiomiociták proliferációját. Ezenkívül a lítium jelentősen elősegíti a sejtek apoptózisát. Azt találták, hogy a lítium szabályozza a kardiomiociták funkcióit a glikogén-szintáz-kináz 3 béta jelátvitelének szabályozásával [Shen *et al.*, 2020].

Növények, pl. *Brassica napus* (olajrepe) és a *Helianthus annuus* (napraforgó) felveszik és akkumulálják a vízoldható lítiumsókat [Kavanagh *et al.*, 2018; Tanveer *et al.*, 2019]. A növényekben mutagén lítium-karbonát (Li_2CO_3) is ilyen [Kuloğlu *et al.*, 2022], ami az akkumulátorokban található. Az eldobott akkumulátorok veszélyt jelentenek az emberi egészségre és a környezeti fenntarthatóságra [Shen *et al.*, 2020]. A lítiumion-akkumulátorok túlmelegedhetnek és tüzet okozhatnak, ha magas hőmérsékletnek vannak kitéve, szén-monoxidot és hidrogén-cianidot szabadítva fel, amelyek nagyon károsak lehetnek az emberi

egészségre [Wan & Wang, 2022]. vízi szervezetek növekedését és szaporodását. Ezenkívül a hulladékelemek vízszennyeződését. Tehát a begyűjtés és az újrahasznosítást is okoznak, továbbá gátolják a hasznosítás kulcsfontosságú.



1.kép: Litiummezők a Salar de Atacama-i sósíkságon Chile északi részén
(Fotó: [Tom Hegen](#))

- **Nikkelvegyületek**

A Debrecenben létesítendő kínai CATL gyár (**2. kép**) 60-oldalas biztonsági [dokumentációja](#) több helyen említi meg a nikkelvegyületeket. Megtudhatjuk, hogy a litium-nikkel-kobalt-mangán-oxid (tárolt tömeg 1.695 tonna) mennyisége is átlépi a H2, Seveso-osztály felső küszöbértékét, ami 200 tonna (23. oldal). A fémoxid por alakban, *big-bag* zsákokban érkezik, majd ezekből öntik a garatokba (24. oldal). A nikkel-oxid az ISC-1 (Miből is áll pontosan ez az oldószer-elegy és miért kódolt?) oldószerekkel szuszpenziót képez (25. oldal). A nem tervezett kibocsátást talajban ötévente, a talajvízben évente monitorozzák (33. oldal), de ebben a gyakoriságban sem meggyőző számomra a dokumentáció [Wei és Kelemen, 2022].

A nikkel és nikkelsók rákkeltő hatását az IARC (International Agency for Research on Cancer) régóta feltárta

[IARC, 1990; 2012]. A nikkel előállítását igyekeznek is kevésbé lakott területekre kihelyezni. A kohászati újrahasznosítás (nem katódgyártásra) is fontos mozzanat, hiszen a fém drága. A nikkel a talajban, a növényekben, az állatokban és a vízi rendszerekben is felhalmozódhat [Begum *et al.*, 2022]. A nikkel (Ni) koncentrációi a talajban és az ivóvízben 10-1.000 ppm és 6 µg/l között van. A nikkel koncentrációja a természetes növényzetben 0,05 és 5 mg/kg közé esik. Az emberi légzőszervbe bekerülő nikkel mennyisége 0,1-0,7 µg/nap között lehet. Naponta 100-200 µg Ni-t veszünk magunkhoz, beleértve a nikkelötvöztű főzőedényekből származókat is. Közép-Európában néhány geológiai gócponttól eltekintve a nikkel előfordulása mérsékelt; a szennyezés forrásai főként a kohók és az olajmezők. A zöld növényekben a nikkelszint sokkal magasabb, mint az állati szövetekben.

A vegánok napi bevitele 4-5-szöröse a vegyes étrendűekhez képest, ami már érinti az érzékeny személyek allergiás reakcióit [Sager, 2019].

A vadon élő emlősök és madarak nem szennyezett környezetből származó szövetei általában $\sim 0,1\text{-}5\text{ }\mu\text{g}$ nikkel/g száraz tömeg tartalmazznak, míg Ni-szennyezett környezetben a szövetek $0,5\text{-}10$ (emlősök) és $0,5\text{-}80$ (madarak) μg nikkel/g száraz tömeg között mérhető. Ezekben a tartományokban a legmagasabb koncentrációk általában a külső környezetnek közvetlenül kitett szövetekhez kapcsolódnak (szőr, toll, bőr). A csont gyakran magasabb Ni-koncentrációt tartalmaz, mint más belső szövetek. A leggyakrabban elemzett belső szervekben (máj, vesék) a Ni-koncentráció a nem kimutathatótól a körülbelül $3\text{ }\mu\text{g/g}$ szárazanyag-tömeg nagyságig terjed. A vesék gyakran nagyobb koncentrációt tartalmaznak, mint a máj [Outridge & Scheuhammer, 1993]. Van némi bizonyíték arra, hogy a madarak hajlamosak nagyobb Ni-koncentrációt felhalmozni a szennyezett élőhelyeken, mint az emlősök. Az emlősök esetében a növekedés és a túlélés csökkenése a $10\text{-}50\text{ mg/kg}$

testtömeg krónikus expozíciójára adott válaszként következik be. A reprodukcióra és különösen a vas anyagcseréjére gyakorolt hatásokat már $5\text{ }\mu\text{g/g}$ szintnél is jelezték élelmiszerekben vagy ivóvízben, de ezeket az eredményeket nem mindig erősítették meg. Kanadai Ni-kohók közelében található vízi makrofitákban és alacsonyabb rendű növényekben (de gerinctelenekben és zooplanktonokban nem) nikkel koncentrációkról számoltak be, amely megközelíti vagy meghaladja a fiatal állatokra ismert káros hatást gyakorló étrendi szintet. Azok az érzékeny vadon élő fajok, amelyek jelentős ideig fogyasztják ezt a növényzetet, Ni-lel kapcsolatos toxicitást tapasztalhatnak. Ezenkívül, a vízi szervezeteket (növényeket, gerincteleneket, halakat) magában foglaló vadon élő állatok táplálékláncai a Ni-lel szennyezett környezetben a közösség szerkezetének megváltozását kockáztatják, mivel a Ni-érzékeny taxonok megszűnnek vagy abundanciájuk lecsökken [Outridge & Scheuhammer, 1993; Bhalerao *et al.*, 2015; Buruah *et al.* 2022].



2.kép: A CATL debreceni gyárának elkészültségi foka 2023. februárjában
(Fotó: [Czeplédi Zsolt](#)/MTI)

Bizonyos fémporok vagy aeroszolok belélegzésének foglalkozási expozíciója a szaglászélesség elvesztését, az orrnyálkahártya sorvadását, nyálkahártya-fekélyeket, perforált orrsövényt vagy sinonazális rákot okozhat. Anozmiát és hyposmiát figyeltek meg a Ni- vagy Cd-tartalmú pornak kitett munkavállalóknál az alkáli elemgyárakban, a nikkelfinomítókban és a kadmiumiparban. A krómozás során Cr(VI)-nak, arzénkohókban pedig As(III)-nak kitett munkavállalóknál orrnyálkahártya-fekélyekről és perforált orrsövényről számoltak be. Rágcsálóknál a szaglóhám atrófiáját figyelték meg NiSO_4 vagy $\alpha\text{Ni}_3\text{S}_2$ belélegzését követően. Az orr- és az orrmelléküregek rákos megbetegedéseiről számoltak be azoknál a munkavállalóknál, akik nikkelfinomításban, evőeszközgyárakban és alkáli elemek gyártásában Ni-vegyületeknek és a krómozásban Cr(VI)-nak voltak kitéve [Sunderman, 2001]. Állatokban számos fémről (pl. Al, Cd, Co, Hg, Mn, Ni, Zn) kimutatták, hogy a szaglőreceptor neuronokon keresztül az orrlumenből a cribriform lemezen keresztül a szaglőhagymába jut. Egyes fémek (pl. Mn, Ni, Zn) átjuthatnak a szaglőhagyma szinapszisain, és másodlagos szaglő neuronokon keresztül vándorolhatnak az agy távoli magjaiba. A fémtartalmú oldat orrcsepegtetése után a fém szaglő axonokon keresztül történő szállítása gyorsan, órákon vagy néhány napon belül (pl. Mn), vagy lassan, napok vagy hetek alatt (pl. Ni) történhet. A szaglőhagyma hajlamos bizonyos fémeket (pl. Al, Bi, Cu, Mn, Zn) jelentősebb mértékben felhalmozni, mint az agy más régiói.

A tüdő- és orrdaganat fokozott kockázata összefüggésbe hozható a nikkellel és nikkellel-réz magas hőmérsékletű oxidációja (pörkölés, szinterelés, kalcinálás) során a Kanadában, Norvégiában

(Kristiansand) és az Egyesült Királyságban (Clydach) végzett kohorsz-vizsgálatokban; vagyis a norvégiai vizsgálatban az elektrolitikus finomítás során végzett expozíciókkal, valamint a nikkellel-réz-oxidok savas oldatban történő kioldódása és a nikkelsók koncentrált oldatból történő kivonása során (hidrometallurgia) történő expozícióval az Egyesült Királyságban. A tüdő- és orrdaganat jelentős kockázata a Clydach hidrometallurgiában dolgozók körében más típusú nikkelvegyületeknek (fém, szulfid és oxidsav) való becsült kitettségük egy nagyságrenddel alacsonyabb volt, mint a finomító számos más területén. Hasonlóképpen a tüdő- és orrdaganat magas kockázatát figyelték meg az elektrolízisben dolgozók körében Kristiansand-ban. A nikkellel-szulfát volt az ezeken a területeken jelen lévő vagy domináns, oldható nikkelforma. A tüdő- és orrdaganat legmagasabb kockázatát a kalcináló dolgozók körében figyelték meg, akik erősen ki voltak téve mind a szulfid, mind az oxid nikkelleknek. Magas tüdőrákos arányt figyelték meg a Clydach nikkeltisztítói körében is, akik erősen ki voltak téve ezeknek az oldhatatlan vegyületeknek. Az oxidok és szulfidok különálló hatásait azonban nem lehet megbecsülni, mivel mindig nagy volt az expozíció mindkettőre, vagy az oxidokra oldható nikkellel együtt. A felszívódó nikkellel elsősorban a vizelettel választódik ki. A nikkellel megmarad a tüdőben, és fokozott koncentráció figyelhető meg, különösen a nikkellel belélegzése után. Az orrnyálkahártya sok éven át megtarthatja a nikkellel. A nikkellel-karbonil a legmérgezőbb nikkelvegyület, és súlyos károsodást okoz a légzőrendszerben. A nikkelpor emberben kontakt dermatitist okoz. Kísérleti állatokban káros hatásokat írtak le a légzőszervrendszerben és a vesében. Négy vizs-

gálatban a testvérkromatidák cseréjének gyakorisága nem növekedett a különböző folyamatok során kitett munkások perifériás vér limfocitáiban. A kromoszomális anomáliák fokozott gyakoriságát figyelték meg a perifériás vér limfocitáin végzett egyedi vizsgálatokban olyan alkalmazottak esetében (ilyen folyamatok előfordulnak az akkumulátor-összeszerelő vagy -bontó üzemekben), akik: zúzás, pörkölés és olvasztás (főként nikkel-oxidnak és nikkel-szubszulfidnak való kitettség); elektrolízis (főként nikkel-kloridnak és nikkel-szulfátnak való expozíció); és galvanizálás (nikkelnek és krómvegyületeknek való kitettség) hatását szenvedték el [IARC, 1990; 2012]. Fokozott gyakoriságot figyeltek meg nyugdíjas munkások limfocitáiban is, akik előzetesen voltak kitéve zúzásnak, pörkölésnek és olvasztásnak és/vagy elektrolízisnek. Egyes nikkelvegyületek káros hatással vannak a rágcslók szaporodására és prenatális fejlődésére. Kimutatták a csökkent termékenységet, az almonkénti kölykök számának és az egy kölyökre jutó születési súlynak a csökkenését, valamint az anomáliák mintázatát, beleértve a szem rendellenességeit, a cisztás tüdőt, a hidronephrosist, a szájpaplás és a csontváz deformitásait. Elegendő bizonyíték áll rendelkezésre emberben a nikkel-szulfát rákkeltő hatására, valamint a nikkelfinomitó iparban előforduló nikkel-szulfidok és -oxidok kombinációi esetében. A kísérleti állatokban elegendő bizonyíték áll rendelkezésre a fémnikkel, nikkel-monoxidok, nikkel-hidroxidok és kristályos-nikkel-szulfidok rákkeltő hatására. A kísérleti állatokban korlátozott bizonyíték áll rendelkezésre a nikkel-ötvözetek, nikkel-karbonil, nikkel-sók, nikkel-arzenidek, nikkel-antimonid, nikkel-szelenidek és nikkel-tellurid rákkeltő

hatására. A nikkelvegyületek bizonyosan rákkeltőek az emberre (**1.** besorolás). A fémnikkel valószínűleg rákkeltő emberre (**2B** besorolás) [IARC, 1990; 2012].

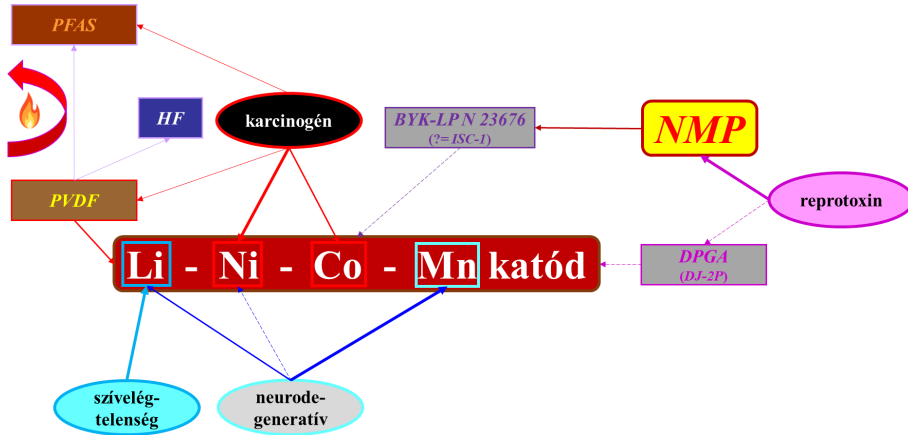
A nikkel kitettsége számos mellékhatást okozhat az emberi egészségre, például allergiát, szív- és érrendszeri, vesebetegségeket, tüdőfibrózist, tüdő- és orrdaganatot [Genchi *et al.*, 2020]. Bár a nikkel által kiváltott toxicitás molekuláris mechanizmusai még nem tisztázottak, úgy gondolják, hogy a mitokondriális diszfunkciók és az oxidatív stressz elsődleges és döntő szerepet játszanak ennek a fémnek a toxicitásában. A közelmúltban a kutatók, akik megpróbálták jellemezni a nikkel rákkeltő képességét, rájöttek, hogy a nikkel expozíció által kiváltott epigenetikai változások megzavarhatják a genomot [IARC, 1990; 2012].

Négy vegyületcsoportban találunk fémvegyületeket (Li-Ni-Mn-Co-oxid > Ni-Co-Al-oxid > Li-karbamát > Al-oxid), amelyek éves felhasználása Gödön 15.720 tonna. A gödi dokumentációban a katóddiszpergáló a **BYK-LP N 23676**; gyártója BYK-Chemie GmbH (Németország). A következő **H-mondatokat** találjuk: H315 (bőrirritáló), H319 (szemirritáló), H335 (légutat irritáló), **H360D (magzatkárosító)** és H411 (vízi életformákra veszélyes). Összetevői **N-metil-pirrolidon** (ez a forrása az első négy H-mondatnak). További összetevők: maleinsav-anhidrid, telomer ametilsztirollal, dimerrel és sztirollal, 3-(dimetil-amino)-propil-imid, polietilén-polipropilén-glikol 2-aminopropil-metil-éter, a kvaternizált 2-[(C10-16-alkiloxi)metil]oxirán benzoátsója. Ezek a H400 (nagyon mérgező a vízi élővilágra) és H410 (mérgező a vízi élővilágra, hosszan tartó károsodást okoz) jelzések forrásai (**2. ábra**). Az **ISC-1** katóddiszpergáló hasonló összetételű

lehet? Az összetett anyagok toxikológiai megítélésére – ami a gyakorlatban általános – ma még a toxikológia nem képes.

A korunkban növekvő gyakoriságú neurodegeneratív betegségekkel is kapcsolatba hozták a nikkelvegyületeket. A neurodegeneratív betegségek (NDD) gyakoriságának drasztikus növekedése, beleértve az Alzheimer-kórt, a Parkinson-kórt, az autizmus spektrumzavart, a sclerosis multiplexet

stb., alátámasztja azt az elképzelést, hogy a környezeti tényezők fontos szerepet játszhatnak az NDD-k etiológiájában [Anyachor *et al.*, 2022]. A nikkelnek való kitettség után a lipidperoxidáció markereinek koncentrációja megemelkedett, míg egyes antioxidáns védelmi rendszerek hatékonysága csökkent. Mindez érinti a nikkel-oxidot is. A katódgyártás veszélyes művelet, mint a nikkel miatt az akkumulátorbontás is.



2.ábra: A katódgyártás veszélyes anyagai

- Kobaltvegyületek

Felszíni környezetben számos természetes folyamat (pl. vulkánkitörések) során körforgásban van, és számos antropogén tevékenység (pl. szén vagy olaj égetése) révén bekerülhet a vízi és szárazföldi rendszerekbe. A kobalt talajból növénybe történő átvitele felhalmozódással járhat (bioakkumuláció). Néhány tanulmány bizonyítékot szolgáltat a talaj – gerinctelen átvitel és a magasabb trofikus szintek közötti további felhalmozódásra (lásd biomagnifikáció), de ezt bizonytalanná teszi a közzétett átviteli adatok viszonylag változékonysága [Gál *et al.*, 2008].

A *Lemna minor* (apró békalencse) több mint 5.000 µg/g kobaltot tolerálhat és halmozhat fel levéltünetek nélkül, ami azt jelzi, hogy hiperakkumulátorról van szó [Hu *et al.*, 2019]. Mindez fel-

veti a bioremediáció lehetőségét [Mahey *et al.*, 2020; Kosiorek & Wyszowski, 2020].

A volfrám + kobalt ötvözet okozta tüdőbetegség (HMLD – *hard metal lung disease*) viszonylag kevésbé ismert foglalkozási intersticiális tüdőbetegség. Az ismertté vált esettanulmányban egy 37 éves tajvani férfiről számoltak be, aki 12 évig dolgozott keményműanyagok darálóállomásán légzésvédő felszerelés nélkül. Száraz köhögést és terheléses nehézlégzést tapasztaltak, mellkasi képalkotó és patológiai eredményei összhangban voltak a szokásos intersticiális tüdőgyulladás jellemzőivel (**3. kép**). A tüdőszövet elemzése kimutatta a volfrám és a kobalt jelenlétét. A második eset egy 68 éves tajvani nőt, az első beteg anyját érinti, aki kézzel mosta fia

munkaruháját. Szárazköhögést tapasztalt és hasonló képalkotó leleteket kapott, mint a fia. Miután fia otthagyta a munkáját, mindketten jobb leleteket és tüdőfunkciókat mutattak a *nintedanib* hatóanyagot tartalmazó gyógyszerrel történő kezelésre [Lin *et al.*, 2023].

A fémkobalt (volfrámkarbid vagy más fémötvözetek nélkül) valószínűleg rákkeltő az emberre (**2A** csoport). Az oldható kobalt(II)-sók valószínűleg karcinogének az ember számára (**2A** csoport). A kobalt(II)-oxid lehetséges rákkeltő az emberre (**2B** csoport). A kobalt(II,III)-oxid emberre gyakorolt rákkeltő hatása szerint nem osztályozható (**3.** csoport). A kobalt(II)-szulfid nem osztályozható az emberre gyakorolt rákkeltő hatása szerint (**3.** csoport). Más kobalt(II)-vegyületek az emberre gyakorolt rákkeltő hatásuk tekintetében nem vizsgáltak körültekintően (**3.** csoport) [IARC, 2023a]. A rákkozásra a fémkobalt a kísérleti állatokban elegendő bizonyítékot gyűjtött, az emberi primer sejtekben pedig erős mechanisztikus bizonyítékokat szolgáltatott. A kísérleti állatokban a rák előfordulására vonatkozó elegendő bizonyíték a rosszindulatú daganatok incidenciájának vagy a jóindulatú és rosszindulatú daganatok megfelelő kombinációjának növekedésén alapult mindkét ivarban. Erős bizonyíték van az emberi primer sejtekben és kísérleti rendszerekben, hogy a fémkobalt (beleértve minden méretű részecskét) genotoxikus és oxidatív stresszt indukál. A kísérleti rendszerekben erős bizonyíték van arra, hogy a fémkobalt (beleértve minden méretű részecskét) krónikus gyulladást indukál, és megváltoztatja a sejtproliferációt, a sejthalált vagy a tápanyagellátást. Az oldható kobalt(II)-sók a kísérleti állatokban a rákra vonatkozó elegendő bizonyítékot gyűjtött. A kísérleti állatokban a

rákos megbetegedésekre utaló bizonyítékok mindkét ivarban megtalálhatóak. Az oldható kobalt(II)-szulfát okozta rosszindulatú daganatok gyakorisága növekedett. Erős bizonyíték van arra, hogy az emberi primer sejtekben és kísérleti rendszerekben az oldható kobalt(II)-sók genotoxikusak, és megváltoztatják a sejtproliferációt, a sejthalált vagy a sejtek tápanyagellátását. A kísérleti rendszerekben erős bizonyíték van arra, hogy az oldható kobalt(II)-sók oxidatív stresszt és krónikus gyulladást okoznak valamint immunszuppresszív hatásúak. A kobalt(II)-oxid **2B** csoportba sorolt értékelése a kísérleti állatokban előforduló rákra vonatkozó elegendő bizonyítékon alapul. Bár koherens bizonyíték van arra, hogy az oldhatatlan kobalt(II)-oxid (beleértve a bármilyen méretű részecskéket) oxidatív stresszt vált ki a kísérleti rendszerekben, a rákkeltő anyagok más kulcsfontosságú jellemzői nem állnak rendelkezésre.

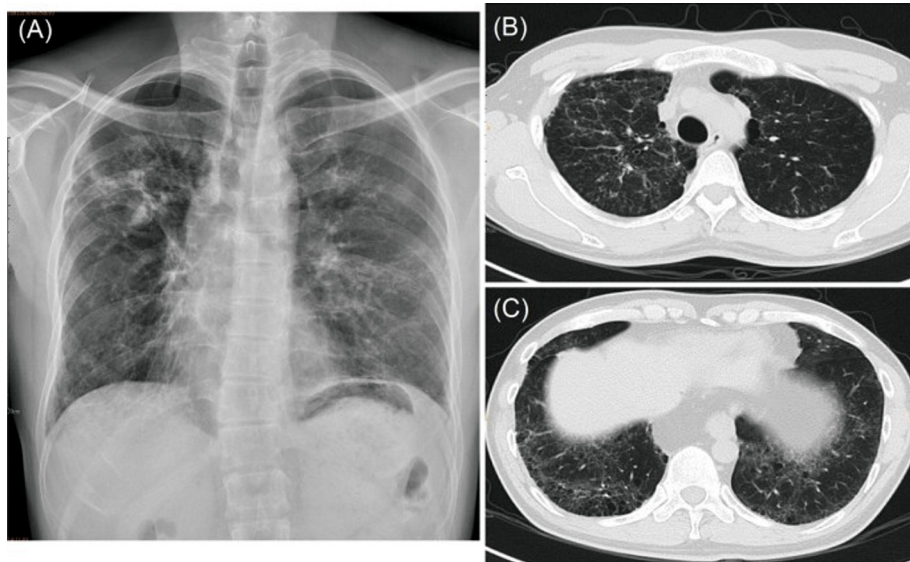
Az emberekre vonatkozó bizonyítékok nem elegendőek a kobaltfém (volfrámkarbid vagy más fémötvözetek nélkül) és a kobalt nemfémes formáinak rákkeltő hatására vonatkozóan. A rendelkezésre álló humán rákvizsgálatok közül a fémiparban a kobaltnak való kitettségére vonatkozó vizsgálatok nem tették lehetővé a kobalt hatásainak pontos elkülönítését.

- **Mangánvegyületek**

A mangán (Mn) mindenütt jelen van a környezetben mind a geológiai, mind az emberi tevékenység miatt. Alapvető fontosságú a növények számára, mint a legtöbb más élő szervezet esetében, de mérgező is lehet, ha feleslegben van jelen. Egyes növényfajok mangán hiperakkumulációra képesek, és több mint 10.000 µg/g Mn-t halmozhatnak fel hajtásszövegeikben anélkül, hogy fitotoxicitást mutatnának [Pan *et al.*, 2021]. Fentiek miatt a bioremediáció

kutatott terület [Liu *et al.*, 2010]. Annak ellenére, hogy az Mn nélkülözhetetlen a szárazföldi növényekben, túlzott felhalmozódása a növényi szöve-

tekben növekedési rendellenességeket okozhat, amelyeket Mn-toxicitásnak neveznek [Takagi *et al.*, 2021].



3.kép: (A) Mellkasi röntgenkép és (B) nagy felbontású komputertomográfiás (CT) képei noduláris infiltrációt mutattak ki a tüdőben, valamint (C) diffúz sejtképződést igazoltak [Lin *et al.*, 2023]

A mangán nagyobb dózisa állatokon hosszas expozíció után a Parkinson-kórhoz hasonló idegrendszeri betegséget okozhatnak. Súlyosbítja a helyzetet, ha mint a katódgyártásnál Co+Ni+Mn elemek együtt fordulnak elő. A kiporzás különösen veszélyes.

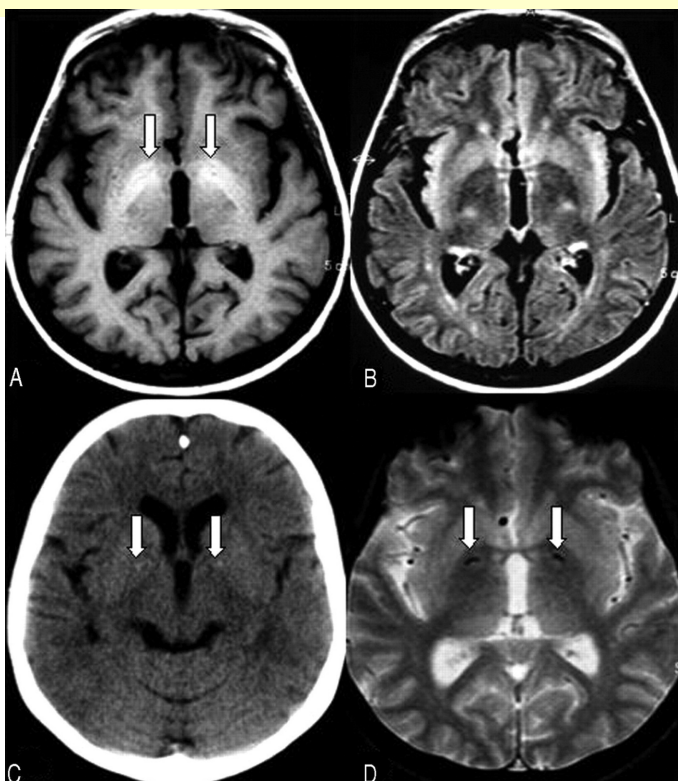
Az élelmiszerek a mangán-felvétel legfontosabb forrásai; a napi bevétele 2-9 mg Mn. A metil-ciklopentadienil-mangán-trikarbonil tartalmazó benzin elégetése potenciálisan belélegezhető Mn₃O₄ szubmikron részecskéket szabadít fel. A tüdő és a gyomor-bél traktus felvesz némi mangánt, de a felszívódó mennyiségek nem ismertek. A homeosztatisz mechanizmusok korlátozzák a mangán felszívódását a gyomor-bél traktusból. A mangán eliminációja elsősorban az epébe történő kiválasztással történik. Állatkísérletek azt mutatják, hogy a mangán bizonyos enzimek, például a hexokináz, a

szuperoxid-diszmutáz és a xantin-oxidáz esszenciális kofaktora. Az emberben azonban nem azonosítottak mangánhiányt. A mangánizmus központi idegrendszeri betegség, amelyet először az 1800-as években írtak le a mangán-oxidok magas koncentrációjának való kitettség után. A mangán-ürítet kifejezést a kezdeti pszichiátriai szindróma (kényszeres viselkedés, érzelmi labilitás, hallucinációk) leírására használták. Gyakran ezek a dolgozók Parkinson-kór-szerű szindrómát mutattak [Barceloux & Barceloux, 1999]. Jelenleg az ipari és környezeti alacsony koncentrációjú mangánnak való kitettség (pl. metil-ciklopentadienil-mangán-trikarbonil) kockázatát értékelik a szubklinikai neuropszichológiai változások kialakulása szempontjából. Az Amerikai Kormányzati és Ipari Higiénikusok Konferenciája nemrégiben csökkentette a szerves

és szervetlen mangánvegyületek TLV-TWA-ját (*Threshold Limit Value-Time-Weighted Average*) 0,2 mg Mn/m³-re. A mangánizmus a Parkinson-kórtól eltérő betegség [Lucchini *et al.*, 2009]. A krónikus expozíció fokozatosan kiterjesztheti a mangán lerakódásának és toxicitásának helyét a *globus pallidus*-ról (**4. kép**) a *basalis ganglion*-ok teljes területére, beleértve a Parkinson-kórban érintett *substantia nigra pars compacta*-t is [da Silva *et al.*, 2007]. A krónikus expozíció, az egyéni érzékenység, az érintett gének mutációi fontos patogenetikai szerepet játszanak mind a Parkinson-kórban, mind a mangán szállításának és anyagcseréjének szabályozásában. A májfunkció szintén fontos szempont a mangán neurotoxicitásában.

Különböző neurotranszmitter rendszerek károsodhatnak az Mn miatt, különösen a dopaminerg, de a kolinerg és a GABA-erg is. Számos fehérjét azonosítottak az Mn szállítására, beleértve a kétértékű fém transzporter-1-et (*DMT-1*), *SLC30A10*-t, transzferrint és ferroportint, amik lehetővé teszik a felhalmozódását a központi idegrendszerben [Peres *et al.*, 2016].

Növényeknél a fém-hiperakkumuláció szempontjából a szareptai mustár (*Brassica juncea*) Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, U és az olajrepece (*Brassica napus*) Ag, Cr, Hg, Pb, Se emelhető ki. Ez utóbbi hazánkban széleskörűen termesztett. Ilyenkor, ha az fogyasztásra kerül (pl. *Brassica*-félék), akkor a legelő állatok és vadak mangánnal kapcsolatos toxikológiája is képbe kerülhet.



4.kép: A mangánizmus CT-képe (*Computed Tomography*): **(A)** Az axiális T1 súlyozott kép kétoldali és szimmetrikus hiperintenzitásokat mutat a *globus pallidus*-on belül (nyilak); **(B)** Az axiális FLAIR képalkotás normális esetben; **(A)** és **(C)** CT kép halvány kétoldali meszesedési gócokat mutat a *globus pallidus* mediális aspektusában (nyilak); pontosított helyzetben a T2 **(D)** szekvencián (nyilak) [da Silva *et al.*, 2007]

Szerves vegyületek

A szerves vegyületek toxikológiája bonyolultabb, mint a szervetleneké, hiszen itt közbenső termékek és metabolitok keletkezhetnek, amelyek esetleg veszélyesebbek, mint a kiindulási vegyület. A jelen áttekintés ezekre a jelenségekre nem térhet ki.

- *N-metil-2-pirrolidon (NMP)*

A katód- és akkumulátorgyártás egyik legkínosabb problémája az *NMP* oldószer, amelyet vissza kellene nyerni. Erről optimista prospektusok azt írják, hogy 1%-át VOC-gázként (*volatile organic compounds*) bocsájtanak ki a gyárak, de a *Mitsubishi Chem. Grp.* fejlett telephelyi *NMP*-oldószer-visszanyerő és -tisztító rendszer javított módszere valójában 5% kibocsátásról beszél. Szabad tehát kételkedni. A *Mitsubishi* eddig több, mint 40 üzemegységet szállított Európába, az Egyesült Államokba és Délkelet-Ázsiába. Magas visszanyerési arány (95%) és kiváló minőségű tisztítás (99,9 tömeg%) az, amit kommunikálnak a termékükről.

Az *NMP* a petrolkémiai, elektromos és elektronikai iparban, valamint festéktávoltók, növényvédő szerek és állatgyógyászati készítmények gyártásában használt oldószer. Az anyag enyhe akut toxicitást mutat, mérsékelten irritáló, embriotoxikus és teratogén hatású. Az *NMP* gyenge és átmeneti szemirritációt és fejfájást vált ki; nem bőrszenzibilizáló, és alacsony akut toxicitással rendelkezik orális, dermális és inhalációs úton. Nem genotoxikus/mutagén egy sor *in vitro* és *in vivo* vizsgálatban. Továbbá patkányokban nem volt karcinogén hatású, bár egekben fajspecifikus májdaganatokat azonosítottak. A patkányokon végzett krónikus vizsgálatok *NOAEL*-értéke 10 ppm (40 mg/m³) volt, ami 100 ppm (400 mg/m³) mellett csak csekély hatást váltott ki hímeknél (enyhén csök-

kent az átlagos testtömeg). A fejlődési toxicitást tekintették kritikus végpontnak (csökkent magzati testtömeg nem anyára toxikus dózisok mellett). A referenciadózis és a *PBPK* (*physiologically based pharmacokinetic*) modellek segítségével 350-470 mg/h/l belső dózist határoztak meg *NOAEL*-ként erre a válaszra, és 350-490 ppm human ekvivalens levegőkoncentrációt. A korrekciós tényezők alkalmazásával 15 ppm (60 mg/m³) 8 órás idővel súlyozott átlagos *WEEL*-értéket (*workplace environmental exposure levels*) határoztak meg, amely várhatóan jelentős biztonsági határt biztosít a munkavállalókra gyakorolt esetleges káros egészségügyi hatásokkal szemben. A légzőszervi irritáció lehetőségének kezelése érdekében 30 ppm (120 mg/m³) rövid távú expozíciós szintet határoztak meg, és a bőr megjegyzést azért rendelték hozzá, mert a bőrön keresztüli felszívódás hozzájárul az *NMP* toxicitásához.

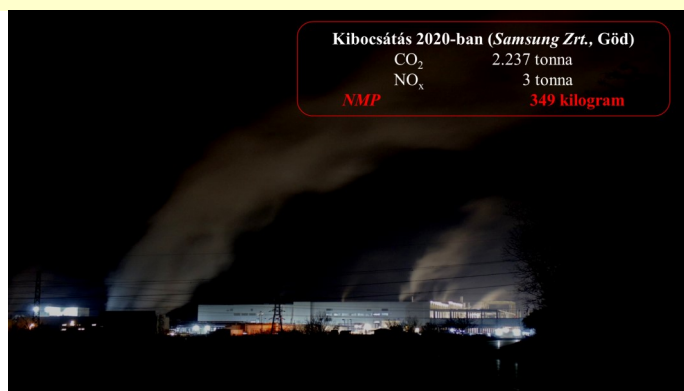
Az *NMP* a katódelektrodák gyártásának leggyakoribb oldószere az akkumulátoriparban, azonban negatív környezeti hatása miatt számos országban korlátozottá válik. Figyelembe véve, hogy az elektródagyártás során használt oldószer ~99%-a visszanyerhető. Az *NMP* krónikus veszélyessége miatt helyettesítésére kutatások folynak. A dimetil-formamid (*DMF*) jelentős jelölt az *NMP* helyettesítésére; alacsonyabb forráspontja és magasabb gyulladási hőmérséklete az elektródák szárításához szükséges energiafogyasztás jelentős csökkenéséhez vezet, és javítja a gyártási folyamat biztonságát. Ezenkívül a *DMF* alacsonyabb felületi feszültsége és viszkozitása lehetővé teszi az áramgyűjtő jobb nedvesítését és a szilárd anyag magasabb koncentrációját a katódiszapban. Az akkumulátorrendszerek *NMC* (LiNi_xMn_yCo_zO₂) kémiát használták két

konfigurációban: a DMF sikeresen helyettesítette az *NMP*-t az *NMC* katódgyártási folyamatában anélkül, hogy veszélyeztette az akkumulátor teljesítményét [Sliz *et al.*, 2022]. A Dán EPA (*Environmental Protection Agency*) 2015-ben a különféle oldószerek felülvizsgálatakor nem talált aggálytalan *NMP*-helyettesítőt.

Előljáróban megjegyezhetjük, hogy az *NMP*-t tartalmazó levegő belélegzése terhes nőknek semmiképpen sem ajánlott, hiszen tartós kitettség vetélést és a magzat torzfejlődését eredményezhet. Viszonylag magas munkahelyi kitettségénél következik be ez a hatás, mert az egyéni érzékenység szintje nagyon eltérő lehet. Patkányhímeknél a hereszövet károsodása is felsorolható.

Vemhes patkányokat *NMP*-nek tettek ki 0,1 és 0,36 mg/liter légköri koncentrációban napi 6 órán keresztül a vemhesség 6-15. napján. Az expozíció első 3 napján több patkánynál tapasztalt szörványos letargiától és szabálytalan légzéstől eltekintve az anyapatkányoknál nem voltak sem rendellenes klinikai tünetek, sem patológiás léziók. Az expozíció nem befolyásolta sem a terhesség kimenetelét, sem az embrionális növekedési ütemet. A magzatok létfontosságú szerveiben és csontvázaiban nem észleltek rendelle-

nes fejlődést. A patkányokat *NMP* aeroszol-gőz keverékének tették ki 0, 0,1, 0,5 és 1,0 mg/liter koncentrációban 6 óra/nap, 5 nap/hét 4 héten keresztül. 0,1 és 0,5 mg/liter expozíciós szintek mellett a patkányok nem mutattak jelentős klinikai tüneteket vagy patológiás elváltozásokat. Azonban letargiát, légzési nehézséget és túlzott mortalitást találtak az 1,0 mg/liter dózisnak kitett patkányoknál. Ezeknél a patkányoknál fokális tüdőgyulladás, csontvelő *hypoplasia*, valamint a lép és a csecsemőmirigy nyirokszövetének sorvadása volt tapasztalható. Ezek a léziók reverzibilisek voltak a túlélő patkányokban kéthetes gyógyulás után. A neutrofilek relatív és abszolút számának növekedését figyelték meg az 1,0 mg/liter expozíció során, de 2 hét gyógyulás után visszatértek a normál határértékekhez. A patkányokat 0, 0,04 vagy 0,4 mg/liter koncentrációban tették ki *NMP* gőznek 6 órán keresztül és 5 nap/hét kitettségben 2 éven keresztül. A hím patkányok 0,4 mg/liter adag mellett enyhén csökkent átlagos testtömeget mutattak. Nem figyeltek meg életrövidítő toxikus vagy karcinogén hatásokat olyan patkányoknál, amelyek 2 évig 0,04 vagy 0,4 mg/liter *NMP*-nek voltak kitéve [Lee *et al.*, 1987].



5.kép: A gödi Samsung gyár veszélyes gáz kibocsátása: az *NMP* mennyisége a Samsung Zrt. 2020-as önbevallása alapján 354 kg volt (forrás: Országos Környezetvédelmi Információs Rendszer, Bodnár Zsuzsanna *in litt.*)

A korai alacsony kitettség után magasabbakkal próbálkoztak. Az *NMP* fejlődési toxicitását Sprague-Dawley patkányokon vizsgálták orális alkalmazás után. Vemhes patkányoknak 0 (desztillált víz), 125, 250, 500 és 750 mg/kg/nap dózisban adtak *NMP*-t gyomorszondán keresztül, a 6-20. gesztációs napon (GD). Az anya testtömeg-gyarapodásának és táplálékfogyasztásának szignifikáns csökkenését figyelték meg a kezelés alatt, valamint az abszolút súlygyarapodás csökkenését 500 és 750 mg/kg dózis mellett. Az almonkénti felszívódás incidenciája szignifikánsan magasabb volt, mint a kontrollcsoportban 500 mg/kg értéknél, és 750 mg/kg mellett 91%-ra emelkedett. A magzatok vizsgálata a kezeléssel összefüggő fejlődési rendellenességeket tárt fel, beleértve a végbélnyílás imperforátumát, a farok, az *anasarca* hiányát, valamint a nagy erek és a nyaki ívek fejlődési rendellenességeit. A magzatok almonkénti előfordulási gyakorisága és a deformált magzattal rendelkező almok incidenciája szignifikánsan emelkedett 500 és 750 mg/kg-nál. 250 mg/kg adag mellett az egyik magzat a nagyobb dózisoknál észleltekhöz hasonló fejlődési rendellenességeket mutatott. A magzati testtömeg (hím, nőstény és összes) dóziszfüggő csökkenése következett be, amely 250 mg/kg-nál érte el statisztikailag igazolt eltérést. A koponyaacsontok és a *sternebrae* hiányos csontosodásának szignifikáns növekedése 500 és 750 mg/kg dózis mellett következett be. Összefoglalva, az anyai toxicitás megfigyelhető káros hatást nem okozó szintje (NOAEL) 250, illetve 125 mg/kg/nap volt. Ez igen magas érték [Saillenfait *et al.*, 2002].

A vizsgálat célja az *NMP* reprodukciós és gonado-toxicitásának értékelése volt him patkányokon. Az állatokat naponta 0, 100, 300 és 1.000 mg/kg

dózisban tették ki *NMP*-nek. 10 hetes expozíció után minden hímeket nem exponált nőstényekkel párosítottak, majd az összes hímeket boncolták, és a mellékheréket és a heréket patomorfológiai vizsgálatra rögzítették. Az utódok életképességét és fejlődését a születés után 28 napig figyelték meg. Az 1.000 mg/kg-os *NMP* himmeddőséget és a here ondótubulusaiban lévő ondóhám kiterjedt károsodását okozta. 100 mg/kg vagy 300 mg/kg dózisban adva nem befolyásolta szignifikánsan a termékenységet vagy a spermatogenezist. A 100 mg/kg melletti *NMP*-expozíció nem befolyásolta utódaik életképességét vagy fejlődését életük első hónapjában, míg a 300 mg/kg-os expozíció az utódok életképességének szignifikánsan alacsonyabb értékét eredményezte életük első négy napjában. Ez a vizsgálat kimutatta, hogy him patkányok szubkrónikus *NMP*-expozíciója 1.000 mg/kg/nap dózisban gonadotoxikus hatást fejt ki és meddőséget okoz. A 100 és 300 mg/kg dózisok alkalmazása nem károsította a hímek termékenységet, de csak a legalacsonyabb, 100 mg/kg dózis nem befolyásolta az utódok születés előtti fejlődését [Sitarek & Stetkiewicz, 2008].

Az Európai Bizottság [szakértőinek](#) véleménye elmarasztaló volt 2011-ben. Ingerlékenységet olyan munkavállalóknál is megfigyeltek, akik hosszabb vagy ismételt expozíciónak voltak kitéve. Állatkísérletekben krónikus nefropátia, különösen a hímeknél jelentkezett. Egerek *per os* kezelésénél a legnagyobb dózis mellett májadenomákat, hímeken karcinómákat találtak. Nincs bizonyíték arra, hogy rosszindulatú daganatok megnövekedett incidenciáját figyelték volna meg alacsonyabb dózisok mellett. Az állatokra gyakorolt fejlődési rendellenességekben az embrióelhalás, a teratogenitás

és a fetotoxicitás volt jellemző. A fejlődési hatások specifikusak és súlyosak voltak. *In vitro* vizsgálatok arra utalnak, hogy az *NMP* felelős az *in vivo* megfigyelt embriótoxikus hatásokért, de fő metabolitja, az 5-*HNMP* is bizonyos mértékig érintett lehet. Az extenzív biotranszformáción áteső *NMP in vivo* fejlődési toxicitást és – különösen orális kezelést követően – fejlődési rendellenességeket okoz patkányokban és nyulakban. Hiányoznak az adatok arról, hogy az eredeti vegyület vagy annak egyik metabolitja felelős-e a megfigyelt toxikus hatásokért. Az első elemzés alapján a legnagyobb embriótoxikus potenciállal rendelkező anyag az *NMP*, amelyet 5-hidroxi-N-metil-pirrolidon (5-*HNMP*), 2-hidroxi-N-metil-szukcinimid (2-*HMSI*) és N-metil-szukcinimid (*MSI*) követ. Az *NMP* és az 5-*HNMP* által kiváltott specifikus diszmorfogenezisek az embriók fejréseben aberrációk (**6. kép**), a második zsigeri ívek és a nyitott idegi pórusok rendellenes fejlődése voltak [Flick *et al.*, 2009].

A gödi gyár *NMP*-kibocsátását 2020-ban a Samsung Zrt. önbevallása 349 kg/év mennyiségben állapította meg (**5. kép**). 2022-ben a *Greenpeace* megbízásából a *Wessling Hungary* Kft. mért három helyen $<0,9 \mu\text{g NMP}/\text{m}^3/\text{nap}$ kibocsátási értékeket.

A US EPA 2017-es becslése szerint évente 30.300 munkavállaló és 732.000 fogyasztó van kitéve az *NMP*-nek főként a festék- és bevonattárolók használata révén. Toxikológiai hatásaik közül a vetélés kiemelhető. A *US EPA* becslései szerint évente 11.300 fogyasztó és 160 várandós munkavállaló szembesül a magzati halál fokozott kockázatával az *NMP*-nek való kitettség miatt. Fejlődési toxicitás/csökkent magzati súly akkor fordulhat elő, ha a teherbe eső női munkavállalók ismételten ki vannak

téve az *NMP*-nek [US EPA, 2022].

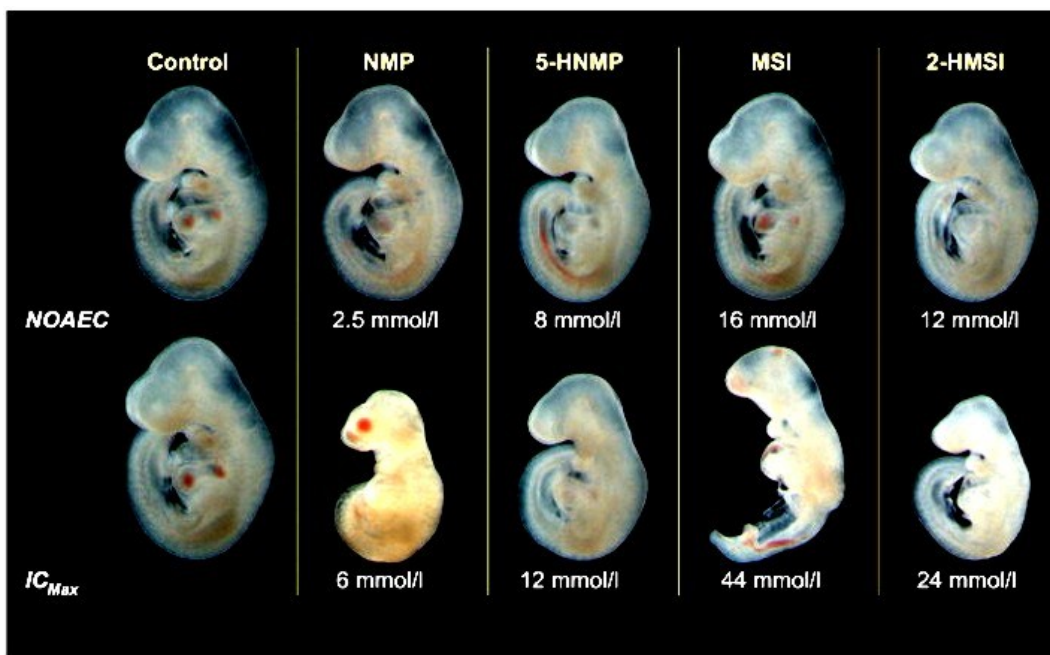
Súlyos talajvíz-szennyezésnél, kútvízfogyasztásnál ez úgyszintén fennáll. Gödön még igen alacsony mennyiségben mutatható ki a talajvízben. A *US EPA* megállapította, hogy a becslések szerint évente 500 terhes munkavállaló egy része, akik *NMP*-t használnak festék- és bevonattárolításra, a magzati súlycsökkenésre nézve fokozott kockázatot szenved el. A magzati súlycsökkenése alacsony születési súlyhoz vezet. Ez viszont hozzájárulhat a már születéskor jelentkező egészségügyi problémákhoz, beleértve a csökkent súlygyarapodást, a légzési, valamint a neurológiai és gyomor-bélrendszeri problémákat. Az alacsony születési súly miatt előfordulhat, hogy a gyermek későbbi élete során kognitív, viselkedési és neurológiai problémákkal szembesül. Felnőtt korukban ezek az egyének nagyobb valószínűséggel rossz egészségi állapotban lesznek, és többen közülük metabolikus szindrómában, szívbetegségben és cukorbetegségben szenvednek.

Az *NMP* a fogyasztási cikkekben, beleértve a festékeltávolítókat is 0,3%-os koncentrációs határértékkel jelenthet csak meg, mivel reprodukciót károsítónak minősül. A munkahelyi kitettség kezelése érdekében az Európai Vegyianyag-Ügynökség (*ECHA*) 2018-ban rendeletet adott ki, amely korlátozza az *NMP*-t 0,3%-nál nagyobb koncentrációban tartalmazó valamennyi termék gyártását, felhasználását és értékesítését, kivéve, ha bizonyos feltételek teljesülnek. A korlátozás 2020. május 9-én lépett hatályba. Az *ECHA* az *NMP*-t *különös aggodalomra okot adó anyagnak* minősítette. Ez a vegyi anyag a *REACH* engedélyezési jelöltlistáján is szerepel, ami azt jelenti, hogy betilthatják, vagy a vállalatoknak kérelmet kell benyújtaniuk a vegyi anyag további felhasználására,

használatának megkezdésére vagy értékesítésére. Az európai szakértői vélemény elég korai és már egy évtizede sem volt megnyugtató.

Az Európai Bizottság felvette az *NMP* a *REACH* XVII. mellékletébe – a korlátozott anyagok listájába. A munkavállalók

expozíciójának a belélegzéssel történő expozíció esetében $14,4 \text{ mg/m}^3$, a dermális expozíció esetében pedig $4,8 \text{ mg/testtömeg kg/nap}$ származtatott hatásmentes szintek alatt kell maradnia.



6.kép: *NMP* és bomlástermékeinek kitett patkányembriók [Flick et al., 2009]

- CNT/CNF-vezetőképes paszta (carbon nanotube/nanofiber)

A CNT közel két évtizede jelent meg az ipari felhasználásban. A biztonsági dokumentációk a **360D**-es számú – károsíthatja a magzatot – figyelmeztető mondatot rendelik mellé. A nanovegyületek biológiai hatása meglehetősen egyedi, és a megítélésük ma még igen bizonytalan. A por állagú kiszáradás veszélyes belégzés útján. A nanoanyagok felvétele egészen más hatásokat eredményez, mint a normál anyagoké, hiszen olyan helyekre is eljutnak, ahová nagyobb szemcseméret esetén semmiképpen. A nanoanyagok toxikológiája ma még gyerekcipőben jár. A nanorészecskékkel (NP) kapcsolatos egészségügyi/toxikológiai kutá-

tása folyik nemzetközi szinten. A finom és ultrafinom légszennyezés közös és foglalkozás-egészségügyi hatásokkal kapcsolatosak. Ez a fajta emberi kitettség az NP-knek évezredek óta létezik, de még inkább az ipari forradalom óta. A történelmileg hosszabb expozíciós idő és ezáltal a hosszabb vizsgálati erőfeszítések miatt vitathatatlanul a legfejlettebb a két kutatási terület közül. Az NP-vel kapcsolatos aggodalmak nagy része epidemiológiai bizonyítékokban gyökerezik, amelyek azt mutatják, hogy a finom részecskék által okozott környezeti vagy munkahelyi levegőszennyezés előidézhethet/súlyosbíthatja a légúti betegségeket, és növelheti a halálozási incidenciát a hajlamos egyéneknél, különösen

azoknál, akiknek csökkent a tüdő- és kardiovaszkuláris funkciója. Foglalkozási betegségként sokat tudunk a kvarc és az azbeszt által kiváltott tüdőbetegségekről. Számos bizonyíték utal arra, hogy a nanorészecskék általában biológiailag aktívabbak/mérgezőbbek, mint ugyanazon anyag nagyobb részecskéi, ezért e felülvizsgálat összefüggésében, miközben a nagyobb részecskékhez kapcsolódó *in vivo* toxicitási spektrumot produkálják, ezt valamivel kisebb tömegdózisban teszik.

A szén-nanocsöveket (CNT) és nanoszálakat (CNF) egyre gyakrabban használják a kereskedelmi termékek széles körében. A jelenlegi ismeretek szerint a CNT/CNF-nek való legjelentősebb életciklus-expozíció a belélegzésből származik, beleértve a munkahelyet, a felhasználást és az ártalmatlanítást. Az akut és krónikus tüdőexpozíciós vizsgálatokhoz rágcslók egész testes expozíciójának felhasználásával történő inhaláció javasolt [Oberdörster *et al.*, 2015].

Bizonyos CNT-származékok a mellhártyaüregbe bejutva krónikus gyulladást okozva vezetnek el a rosszindulatú betegségekhez (**3. ábra**). A szén-nanocsövek rákkeltő hatására vonatkozóan azonban emberre vonatkozóan nem áll rendelkezésre elegendő bizonyíték. Kísérleti állatokban viszont elegendő bizonyíték áll rendelkezésre az MWCNT-7 többfalú szén-nanocsövek rákkeltő hatására [Zhang *et al.*, 2021]. Kísérleti állatokban korlátozott bizonyíték áll rendelkezésre kétféle többfalú szén-nanocső rákkeltő hatására, amelyek méretei hasonlóak az MWCNT-7-hez. Az MWCNT-7-től eltérő többfalú szén-nanocsövek rákkeltő hatására vonatkozóan kísérleti állatokon nem áll rendelkezésre elegendő bizonyíték. A kísérleti állatokban nincs elegendő bizonyíték az egy-

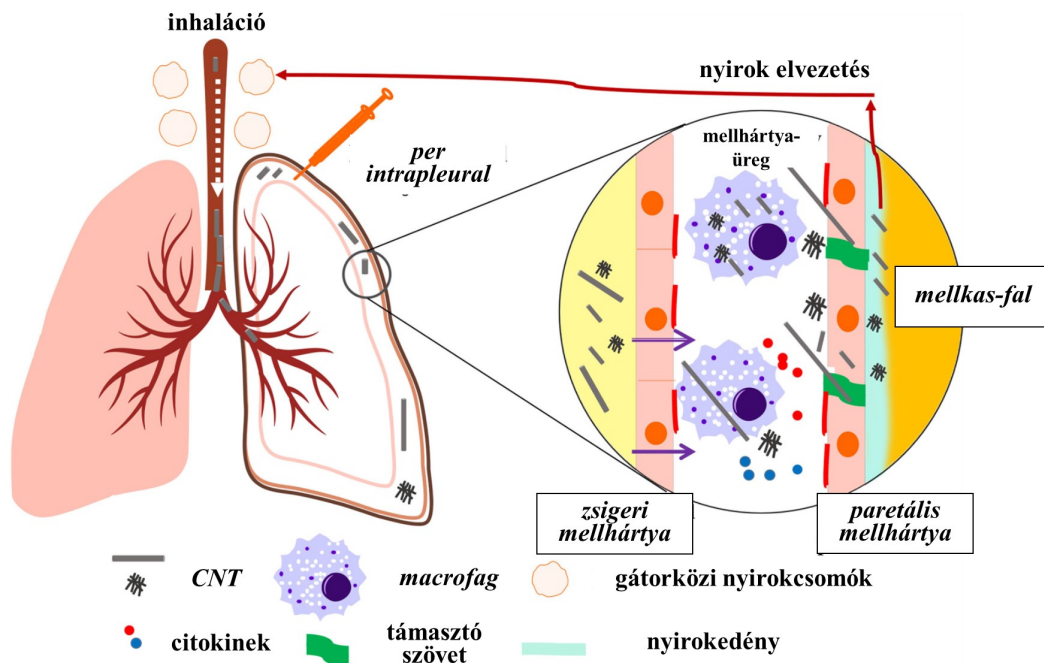
falú szén-nanocsövek rákkeltő hatására.

Az MWCNT-7 többfalú szén-nanocsövek valószínűleg rákkeltőek az emberre (**2B** csoport) [IARC, 2017]. Az MWCNT-7-től eltérő egy és többfalú szén-nanocsövek nem osztályozhatók az emberre gyakorolt rákkeltő hatásuk szerint (**3. csoport**).

A szén-nanocsöveket (CNT) várhatóan az ipari alkalmazások és fogyasztási cikkek széles körében alkalmazzák. Annak érdekében, hogy megvizsgálhassák, hogy a CNT kiszabadulhat-e az alkalmazásokból a lítiumion-akkumulátorokat és szintetikus textíliákat választották modellként. Az esettanulmányok eredményei azt mutatják, hogy a nanocsövek kibocsátása nemcsak a gyártási fázisban, hanem a nanocsövek felhasználási és ártalmatlanítási szakaszában is előfordulhatnak. A kibocsátás valószínűségét és formáját az határozza meg, hogy a CNT-t hogyan építik be az anyagba. Az összes felhasznált CNT jelentős része végül szétszóródhat valahol a technoszférában vagy a környezetben, például az újrahasznosítás során a termékek közötti szennyeződés révén [Köhler *et al.*, 2018].

- Polivinilidén-fluorid (PVDF)

A kínai CATL gyár 60-oldalas biztonsági dokumentáció egy helyen emlékezik meg a PVDF-ről (19. oldal). Azt tudhatjuk meg a táblázatból, hogy a szóban forgó vegyület a veszélyes anyagok közé tartozik, de hogy miért, azt nem. A veszély jelzése és besorolásának helye üresen marad. A Samsung dokumentációjában a Kynar Powerflex LBG PWD; szállítója az Arkerma (Franciaország). Összetétele: vinilidén-difluorid és hexafluor-propilénkopóliimer. Azt olvasom, hogy akut panaszok esetén orvoshoz kell fordulni.



3. ábra: A CNT-vegyületek által okozott krónikus gyulladás vázlata [Zhang *et al.*, 2021]

A PVDF-ből tűz esetén hidrogén-fluorid (HF) és perfluor-alkil vegyi anyagok (PFAS) képződnek, amelyek igen veszélyesek. Az akkumulátorgyári tüzek viszont a komoly hőképződés miatt igen gyakoriak.

A lítiumion-akkumulátorok tüzei intenzív hőt, valamint jelentős mennyiségű gázt és füstöt termelnek. Bár a mérgező gázok kibocsátása nagyobb veszélyt jelenthet, mint a hő, az ilyen kibocsátásokkal kapcsolatos ismeretek korlátozottak. Egy tanulmány hét különböző típusú kereskedelmi lítiumion-akkumulátor esetében mutatja be az akkumulátortüzek során fellépő hőkibocsátás és fluoridgáz-kibocsátás kvantitatív méréseit. Az eredményeket két, egymástól független mérési technikával validálták és azt mutatják, hogy 20-200 mg HF keletkezik az akkumulátor energiakapacitásától függően. Ezenkívül egy másik potenciálisan mérgező gáz, a foszforil-fluorid (POF₃) 15-22 mg/Wh-ját is megmérték

néhány tűzvizsgálat során. Vizsgálták a vízköd oltóanyagként történő használatakor keletkező gázkibocsátást is. A fluoridgáz-kibocsátás rendkívül mérgező fenyegetést jelenthet, ezért az eredmények kulcsfontosságú megállapítások a kockázatértékelés és -kezelés szempontjából, különösen a nagy Li-ion akkumulátorok esetében [Larsson *et al.*, 2017].

2017-ben az IARC a perfluor-oktánsavat (PFOA), a legjobban tanulmányozott per- és polifluorozott alkilanyagot (PFAS) lehetséges humán rákkeltő anyagként osztályozta. Részben a vese- és hererákkal való összefüggéseit vetette fel korlátozott epidemiológiai bizonyítékok alapján. A PFAS rákkeltő hatásának megértésében mutatókozó hiányosságok kezelése érdekében a DCEG (Division of Cancer Epidemiology and Genetics) egy sor kutatást indított, amelyek célja a PFAS-hoz kapcsolódó specifikus rákos megbetegedések azonosítása az általános né-

pesszére jellemzően előforduló expozíciós szinteken. Gyanú vagy annál több: veserák, hererák, petefészek- és endometriális rák, prosztaták, non-Hodgkin-limfóma, pajzsmirigyák és gyermekkori leukémia esetében mérült fel [NIH NCI, 2018; IARC, 2023b]. Ennek fényében a Göd csatornáiból felhabzó tűzoltó anyag tartalma na-

gyon is beszédes esemény (**7. kép**), hiszen a tűzoltásra használt hab jelent a város csatornarendszerében, bizonyítva azt, hogy a gyári rendszer nem kellőképpen zárt, vagyis nem biztonságos. Az akkumulátortűzek alkal-mával képződő erősen mérgező anyagoknak a kommunális csatornában nincs helye.



7.kép: 2023-ban a gödi csatornarendszeren a városba érkező, a Samsungból származó tűzoltóhab

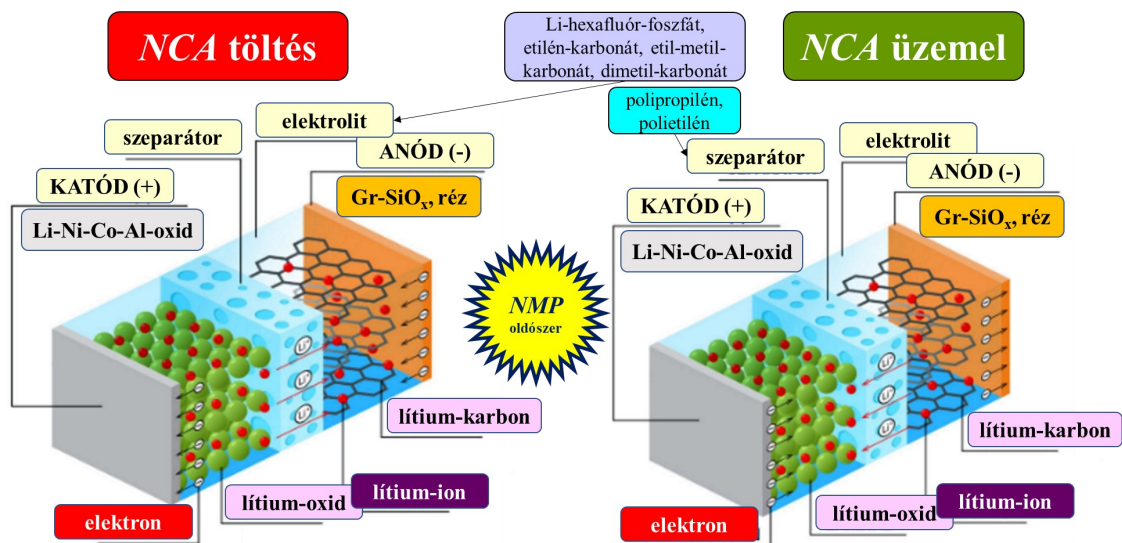
Számos ipari lítium-akkumulátor újrahasznosítási eljárás termikus előkezelést alkalmaz oxidatív vagy inert atmoszférában vagy vákuumban, hogy elválassza az akkumulátor alkatrészeit és eltávolítsa a szerves anyagokat [Neumann *et al.*, 2022]. A hulladékanyagok összetételére vonatkozó, előkezelésektől függő összehasonlítását nem vizsgálták meg körültekintően, valamint a feldolgozás során keletkező melléktermékek jellegéről is kevés információ áll rendelkezésre. Az égetés és a dinamikus pirolízis hatásait vizsgálták a kimerült Li-ion-akkumulátorok (LiB) összetételére, valamint az égetés, a dinamikus pirolízis és a vákuum alatti pirolízis hatását a gyártási hulladék Li-ion-akkumulátorok (LiB) összetételére. A $\text{Li}(\text{Ni}_x\text{Mn}_y\text{Co}_z)\text{O}_2$ alapú katódaktív anyaggal rendelkező LiB-ket, azaz az NMC-LiB-ket 15-180

percig kezelték 400-700°C közötti hőmérsékleten. A pirolízis során a C-vel és CO(g)-val való reakciók a fém-oxidok redukciójához vezettek, Co, CoO, Ni, NiO, Mn, Mn_3O_4 , Li_2O és Li_2CO_3 voltak a fő termékek. Az égetés során a szerves anyagot hatékonyabban távolították el, mint a pirolízis során, és a lítium-fém-oxidokat karbontermikus redukciónak/oxidációnak vetették alá. A 700°C-on 180 percig tartó pirolízis során a szénttartalom 15 m/m%-ra csökkent, szemben a kezdeti 41 m/m%-kal. Az azonos körülmények között végzett égetés a grafit és a szerves vegyületek szinte teljes eltávolítását eredményezte, ~0,6 m/m%. A szerves komponensek bomlásából származó gáz- és olaj melléktermékeket jellemezték korábban. HF jelenlétét mutatták ki és fluort is azonosítottak az olaj melléktermékeiben. A kötő-

anyag bomlása megkönnyítette az aktív anyag mechanikai kezelésével történő elválasztást az áramgyűjtőtől. A katódanyag visszanyerésének legjobb módszere az 550°C és 650°C közötti hőmérséklet-tartományban legalább 90 percig tartó égetés, amelyet golyós darálás követett. Az aktív anyag visszanyert frakciója >95% volt. Meghatározták a HF képződését az NMC-LiB-t érintő magas hőmérsékletű baleset esetén is. Négy kereskedelmi forgalomban kapható, halogént tartalmazó hűtőfolyadékot vizsgáltak. Ezeknek a hűtőfolyadékoknak a jelenléte a szimulált tűz során kibocsátott HF mennyiségének növekedéséhez vezet [Lombardo, 2020].

Az újratölthető lítiumion-akkumulátorok (LIB-ek - **4. ábra**) gyors lejárat ideje szükségessé teszi az elhasznált katódaktív anyagok (CAM-ok) újrahasznosítását a veszélyes hulladékok csökkentése és a LIB-gyártás nyersanyagellátása érdekében. A CAM katódtól való elválasztására széles körben alkalmazzák a polivinilidén-

fluorid (PVDF) kötőanyag közvetlen kalcinálását, ami nagy energiafogyasztáshoz és mérgező hidrogén-fluorid (HF) felszabadulásához vezet. Kíváncos, hogy környezetbarát és hatékony alternatívája legyen a hagyományos közvetlen kalcinálásnak. Egy tanulmányban öt lítiumsót, LiOAc-t (lítium-acetát), LiNO₃-at, LiCl-t, Li₂CO₃-at és Li₂SO₄-et hasonlítottak össze a CAM-ek újrahasznosításában nyújtott teljesítményük szempontjából. Akár 98,5%-os hatékonyságot értek el 3:2 LiOAc/LiNO₃ moláris arány, 10:1 só/katód tömegarány és 300°C hőmérséklet 30 perces tartási idő mellett. Ez a rendszer elkerüli a korrozív vegyi anyagokat és minimalizálja az újrahasznosított termékek részecskeagglomerációját. A nátriumsó-rendszerekkel (NaOAc-NaNO₃) vagy a közvetlen kalcinálással összehasonlítva a LiOAc-LiNO₃ rendszer megakadályozta a magas reakcióhőmérsékletet vagy a további lítiumvesztést, és minimalizálta a kristályszerkezetet és a morfológiai változásokat [Ji *et al.*, 2022].



4. ábra: A lítiumion-akkumulátor működésének sematikus vázlata

A mai gyártásban a leggyakoribb anyagok közé tartozik a LiPF_6 (elektrolitsó) és a polimer PFAS polivinilidén-fluorid (elektródkötőanyagként és szeparátorként használják). Jelenleg a leggyakoribb LIB újrahasznosítási eljárás a pirometallurgia, amely magas hőmérsékleten (1600°C -ig) működik, ami elegendő a PFAS mineralizációjához. A hidrometallurgia, egy egyre népszerűbb alternatív újrahasznosítási megközelítés, azonban alacsonyabb hőmérsékleten ($<600^\circ\text{C}$) működik, ami kedvezhet a nem teljes lebomlásnak és/vagy a környezetben tartósan megmaradó fluortartalmú anyagok képződésének és kibocsátásának. Ezt támasztja alá az asztali léptékű LIB újrahasznosítási kísérletekben kimutatott fluortartalmú anyagok széles köre. Összességében ez az összefoglaló kiemeli, hogy tovább kell vizsgálni a fluortartalmú anyagok kibocsátását a LIB újrahasznosítása során, és az a javaslat, hogy a környezetben tartósan megmaradó fluortartalmú anyagok képződésének és kibocsátásának elkerülése érdekében szükség lehet a PFAS-alapú anyagok helyettesítésére [Rensmo *et al.*, 2023]. A vinilidén-fluorid esetében nincs elégséges adat ahhoz, hogy az IARC besorolja [IARC, 2008]. Ezzel szemben a vinilidén-klorid besorolása **2B** (emberen lehetséges rákkeltő) [IARC 2019]. Májban hemangioszarkómákat és alveoláris bronchiolitis-t okozott, adenómák mindkét ivarhoz tartozó egereknél, emlődaganatok nőstényeknél és a Harder-mirigy (pigmentált könnymirigyek) adenómái hímeknél fordultak elő. Patkányokban máj hemangioszarkómákat és Zymbal-mirigy-tumorokat (külső füli faggyúmirigyek) okozott mindkét ivarban, illetve a hepatocelluláris adenómák és karcinómák megnövekedett előfordulását fokozta a nőstényekben [IARC

2008; 2019]. Emberben nincs megfelelő bizonyíték a vinil-fluorid rákkeltő hatására. Kísérleti állatokban elegendő bizonyíték van a vinil-fluorid rákkeltő hatására. A vinil-fluorid valószínű karcinogén emberre (**2A** besorolás). A vinil-fluorid szerkezetileg közeli rokona az ismert humán rákkeltő anyagnak, a vinil-kloridnak. A két vegyi anyag ugyanazt a ritka daganatot (májhemangioszarkóma) okozza a kísérleti állatoknál.

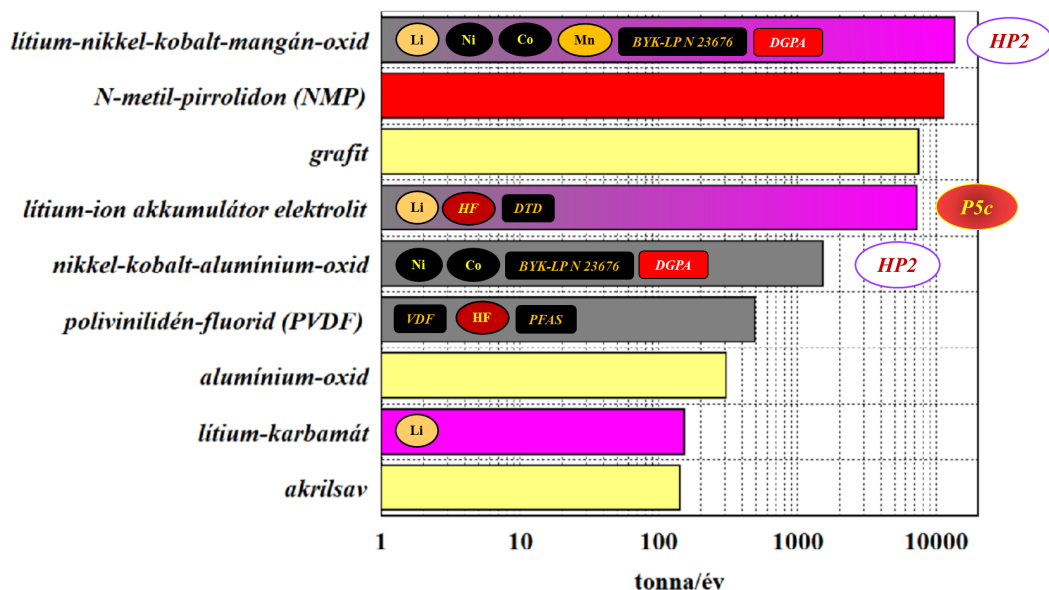
- ***α -D-glükóz-pentaacetát (DGPA) = DJ-2P (AP-4)***

A DJ-2P (AP-4) kódszamos adalékanyag után nyomozni kellett. Szállító: Hubei Apsen New Material Co., Ltd., Kína. Figyelmeztető mondatok: **H351** (karcinogén 2). Összetétel: víz; α -D-glükóz-pentaacetát [R21 – bőrrel érintkezve ártalmas; R36/38 – irritáló a szemre és a bőrre; **R62** – fertilitás károsodásának lehetséges kockázata; **R63** – magzatot érő ártalmak lehetséges kockázata (mindezt a biztonsági dokumentáció nem tartalmazza) – lásd]; PEG poliéderes oligomer szil-szeszkvioxán (POSS); etanol – **H225**. Ez ügyben a rákkeltő és reprotoxikus állítás is bejegyzett, de az IARC még nem foglalt állást. A DPGA hatással van a hasnyálmirigyre és így a vércukor-szintjére.

- ***1,3,2-dioxatiolán-2,2-dioxid (DTD)***

Előfordulása az elektrolitban; szállító: Zhangjiagang Guotai-Huarong New Chemical Materials Co., Ltd., Kína. Az 1272/2008/EK rendelet [CLP] szerinti osztályozás: tűzveszélyes folyadékok 3 **H226** kategória; akut toxicitás (*per os*) 4 **H302** kategória; bőrirritáció 1B **H314** kategória; súlyos szemkárosodás/szemirritáció 1 **H318** kategória; bőrszenzibilizáció 1 **H317** kategória; karcinogenitás 1B **H350** kategória; célszervi toxicitás (ismételt expozíció) 1 **H372** kategória; krónikus vízveszély

3 **H412** kategória. Az elektrolitban égés (+ *HF*) esetén válhatnak rákkeltő 1,3,2-dioxatiolán-2,2-dioxid (**DTD**) tá- vegyületekké (lásd *PFAS*). A *DTD* rák- keltéssel gyanúsított, de az *IARC* még figyelmeztetéseket – **H302**, **H314**, **H318**, **H317**, **H351** (karcinogén 2). Figyelmet érdemelnek itt a lítiumve- gyületek fluorozott formái is, amelyek



5.ábra: A gödi Samsung akkumulátorgyár kiemelt (100 tonna/év fölötti) éves veszélyesanyag-felhasználása 2019-ben [piros – reprodukciós toxin, szürke/ fekete – állatokon rákkeltő, lila – szívgyengesség okozója; a dokumentáció sze- rint veszélyes (Seveso-besorolás): HP2 – oxidáló, P5c – tűzveszélyes; kritikus vegyületek: BYK-LP N 23676 – adalék, Co – kobalt, DGPA – α -D-glükóz- pentaacetát adalék, DTD – 1,3,2-dioxatiolán-2,2-dioxid; HF – fluorsav (égéskor), Li – lítium, Mn – mangán, Ni – nikkel, PFAS – perfluor-alkil vegyü- tek (égéskor), VDF – vinilidén-fluorid]

Következtetések

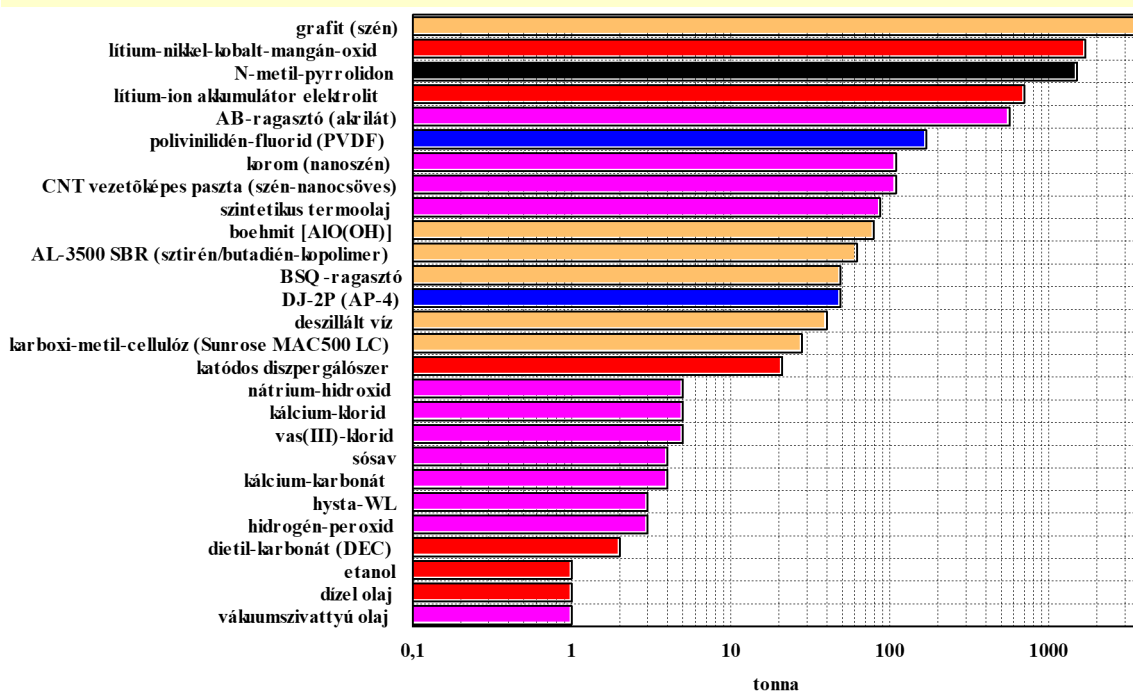
A gödi Samsung gyár kiemelkedő mennyiségű veszélyes anyagait és kapcsolattrendszerüket foglalja össze a **5z. ábra**. Között említendők az illé- kony oldószerek (*NMP*), gyári tűz ese- tén a fluoridtartalmú gázok (*HF*, *PFAS*), a kiporzásra hajlamos Ni (neuro-degeneratív betegségek okozásával gyanúsítják), Co-, Mn-sók (mangán- izmus), a vízzeloldható lítiumvegyületek (szívproblémákat okozhatnak), ame- lyek a talajvizet és a csatornákat ve- szélyeztetik. A kibocsátás folyamatos

monitorozása, az eredmények nyilvá- nos kezelése elkerülhetetlen. A gyako- ri tüzek és robbanásveszély miatt a környéken a riasztás megszervezése szükséges. A munkásokat fentiek- túlmenően érintik a *CNT/CNF*, *PVDF*, *DGPA* és *DTD* vegyületek hatásai. A hatások között fertilitási problémákat okozó (*DGPA*) és magzatkárosító (*NMP*, *DGPA*, BYK-LP N 23676) vegyületek és rákkeltők (Ni-, Co-vegyületek, *CNT/ CNF*, *PVDF*, *PFAS* és *DTD*) vannak. Ezek az arányok másként néznek ki a Debrecenben tervezett kínai *CATL* ese-

tében (**6. ábra**), ami a dél-koreai gyártól eltérő technológiára utal. Természetesen az éves anyagforgalom sokkal magasabb lesz itt, mint a Samsung gyárban, ahol éppen új felülvizsgálat készül.

Sokféle kritika éri a gyárak által nyilvánossá tett biztonsági dokumentációkat. Hiányosak és sok anyagot kódol, vagyis nem közérthetően tisztáz. Miért nincs németről magyarra fordítva némi dokumentációrész? Ki az elfogadó, aki megérti azt, ami csöppet sem triviális? Toxikológiai területen nem tudom a CATL jelenlegi biztonsági dokumentációját elfogadni, hiszen a ve-

gyületek toxikológiát nem tárgyalja elégséges és következményeiket illetően világos módon. A veszélyeztető tényezők esetén érdemes lenne azt is vizsgálni, hogy az miként adódhat össze egy térségben. A debreceni CATL-gyár mellett egy katódgyár és egy szeparátor-fóliagyár is működik, így a kibocsátott légszennyező anyagok részben azonosak, a hatóságoknak tehát az üzemek veszélyeztető hatását együtt kellene vizsgálni. Ezekre kellene alapulni a munkavédelemnek és környezet-egészségügyi feltételek megteremtésének.



6. ábra: A debreceni CATL akkumulátorgyár tervezett veszélyesanyag-felhasználása egyszerre előforduló legnagyobb mennyiségekben kifejezve [Wei & Kelemen, 2022]

A napjainkban gyártott akkumulátorok hulladékfeldolgozásáról a gyártónak kell gondoskodni. Ez súlyos terhet ró majd a mai gyárakra – s rajtuk keresztül a gazdaságra –, hiszen hulladékfeldolgozó üzemeinket közel olyan nagyra kell majd növelni, mint a gyártást, vagyis újabb veszélyes üze-

meknek kell létesülniük az országban. Az akkumulátorok területén nagyon gyorsan a K+F+I tevékenység (ennek hazánkban is be kell indulnia) és a termékavulás. Erre már most kell gondolni, mert emlegetik már a kobaltmentes akkumulátorokat, szilikon-anódos (lásd *Silnano*) és szénnanocsö-

ves megoldást. Az elektrolit nélküli fémkerámiás (?) akkumulátorok korszaka közelít, és szinte minden ponton próbálkoznak a mostani balesetveszélyes, munkaügyi szempontból kifogásolható, rendkívül energia- és vízigényes, környezet-egészségügyi szempontokból súlyos kifogások alá eső gyártást és újrahasznosítást megújítani. Ez viszont a termék-elavulási időt (így a keresleti/jövedelmezőségi fázist) nagyon megrövidítheti és a jövőbeli kompatibilitás jelentős szemponttá válik. A gyárak, mint kezdeti fejlesztéskor ma is inkább a különutas stratégiákat választják, ami a cserélhetőség ellen dolgozik.

Köszönetnyilvánítás

A fenti cikk előzetesei főként az *Átlátszón* lévő vendégblogom [K+F+I](#) részében és a *Körműzet* nevű facebook-lapban jelentek meg. Köszönet ezekkel a részekkel kapcsolatos számos tanácsadónak (PJ, SzA, LP, BL, KSz stb.), valamint e cikk három további anonim bírálójának, akik kritikai munkájukkal sokat segítettek a végső formán ezen az egyébként *politikailag érzékeny* tudományterületen.

Irodalomjegyzék

- Anyachor, C.P., Dooka, D.B., Orish, C.N., Amadi, C.N., Bocca, B., Ruggieri, F., Senofonte, M., Frazzoli, C. & Orisakwe, O.E. (2022): Mechanistic considerations and biomarkers level in nickel-induced neurodegenerative diseases: An updated systematic review. *IBRO Neurosci. Rep.* **13**, [136-146](#).
- Barceloux, D.G. & Barceloux, D. (1999): Manganese. *J. Toxicol.*, **37** (2), [293-307](#).
- Begum, W., Rai, S., Banerjee, S., Bhattacharjee, S., Mondal, M.H., Bhattarai, A. & Saha, B. (2022): A comprehensive review on the sources, essentiality and toxicological profile of nickel. *RSC Adv.*, **12**, [9139-9153](#).
- Bhalerao, S., Sharma, A.S. & Poojari A.C. (2015): Toxicity of nickel in plants. *Int. J. Pure & Appl. Biosci.*, **3** (2), [345-355](#).
- Buruah, A., Helaly, S. & Amita, A. (2022): Nickel one of the critical factors and a poisonous. *Water. Environ. Sustainability*, **2** (3), [6-9](#).
- Flick, B., Talsness, C.E., Jäckh, R., Buesen, R. & Klug, S. (2009): Embryotoxic potential of N-methyl-pyrrolidone (NMP) and three of its metabolites using the rat whole embryo culture system. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, **237** (2), [154-167](#).
- Gál, J., Hursthouse, A., Tatner, P., Stewart, F. & Welton, R. (2008): Cobalt and secondary poisoning in the terrestrial food chain: Data review and research gaps to support risk assessment. *Environ. Int.*, **34** (6), [821-838](#).
- Genchi, G., Carocci, A., Lauria, G., Sinicropi, M.S. & Catalano, A. (2020): Nickel: Human health and environmental toxicology. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, **17** (3), [679](#).
- Hu, D., Cheng, M., Hu, K., Zhang, W., Yang, Y. & Xu, Q. (2019): Evaluation of cobalt hyperaccumulation and tolerance potential of the duckweed (*Lemna minor* L.). *Ecotox. Environ. Safety*, **179**, [79-87](#).
- IARC (1990): Chromium, Nickel and Welding. IARC Publ. [N°49](#).
- IARC (2008): 1,3-Butadiene, Ethylene Oxide and Vinyl Halides (Vinyl Fluoride, Vinyl Chloride and Vinyl Bromide. IARC Publ. [N°97](#).
- IARC (2012): Arsenic, Metals, Fibres, and Dusts. IARC Publ. [N°100C](#).
- IARC (2017): Some Nanomaterials and Some Fibres. IARC Publ. [N°111](#).
- IARC (2019): Some Chemicals that Cause Tumours of the Urinary Tract in Rodents. IARC Publ. [N°119](#).
- IARC (2023a): Cobalt, Antimony Compounds, and Weapons-grade Tungsten Alloy. IARC Publ. [N°131](#).
- IARC (2023b): Perfluorooctanoic Acid (PFOA) and Perfluorooctanesulfonic Acid (PFOS). IARC. Publ. [N°135](#).
- Ji, Y., Jafvert, C.T., Zyaykina, N.N. & Zhao, F. (2022): Decomposition of PVDF to delaminate cathode materials from end-of-life lithium-ion battery cathodes. *J. Cleaner Prod.*, **367**, [133112](#).
- Kavanagh, L., Keohane, J., Cabellos, G.G., Lloyd, A. & Cleary J. (2018): Induced plant accumulation of lithium. *Geosciences*, **8** (2), [56](#).
- Kosiorek, M. & Wyszowski, M. (2020): Remediation of cobalt-contaminated soil using manure, clay, charcoal, zeolite, calcium oxide, main crop (*Hordeum vulgare* L.), and after-crop (*Synapis alba* L.). *MDPI Minerals*, **10** (5), [429](#).
- Köhler, A.R., Som, C., Helland, A. & Gottschalk, F. (2018): Studying the potential release of carbon nanotubes throughout the application life cycle. *J. Cleaner Prod.*, **16** (8-9), [927-937](#).
- Kuloğlu, S.S., Yalçın, E., Çavuşoğlu, K. & Acar, A. (2022): Dose-dependent toxicity

- profile and genotoxicity mechanism of lithium carbonate. *Sci. Rep.* **12**, [13504](#).
- Larsson, F., Andersson, P., Blomqvist, P. & Mellander, B-E. (2017): Toxic fluoride gas emissions from lithium-ion battery fires. *Sci. Rep.*, **7**, [10018](#). [See 2018. *Sci. Rep.*, **8**, [5265](#).]
- Lee, K.P., Chromey, N.C., Culik, R., Barnes, J.R. & Schneider, P.W. (1987): Toxicity of N-methyl-2-pyrrolidone (NMP): teratogenic, subchronic, and two-year inhalation studies. *Fundam. Appl. Toxicol.*, **9** (2), [222-235](#).
- Lin, I-F., Shen, H-C., Lin, S-F., Chang, H-C. & Chen, T-T. (2023): Interstitial lung disease related to occupational hard metal exposure: two case reports. *J. Medical Case Rep.*, **17**, [312](#).
- Liu, P., Tang, X., Gong, C. & Xu, G. (2010): Manganese tolerance and accumulation in six Mn hyperaccumulators or accumulators. *Plant & Soil*, **335**, [385-395](#).
- Lombardo, G. (2020): Comparison of incineration and pyrolysis of NMC-lithium-ion batteries – determination of the effects on the chemical composition, and potential formation of hazardous byproducts. *PhD-diss.*
- Lucchini, R.G., Martin, C.J. & Doney, B.C. (2009): From manganism to manganese-induced parkinsonism: a conceptual model based on the evolution of exposure. *Neuromolecular Med.*, **11** (4), [311-321](#).
- Mahey, S., Kumar, R., Sharma, M., Kumar, V. & Bhardwaj, R. (2020): A critical review on toxicity of cobalt and its bioremediation strategies. *SN Appl. Sci.*, **2**, [1279](#).
- Mrozik, W., Rajaeifar, M.A., Heidrich, O. & Christensen, P. (2021): Environmental impacts, pollution sources and pathways of spent lithium-ion batteries. *Energy Environ. Sci.*, **14**, [6099-6121](#).
- Neumann, J., Petranikova, M., Meeus, M., Gamarra, J.D., Younesi, R., Winter, M. & Nowak, S. (2022): Recycling of lithium-ion batteries – Current state of the art, circular economy, and next generation recycling. *Adv. Energy Mater.*, **12**, [2102917](#).
- NIH NCI (2018): PFAS exposure and risk of cancer. *DGEC* Publ.
- Oberdörster, G., Castranova, V., Asgharian, B. & Sayre, P. (2015): Inhalation exposure to carbon nanotubes (CNT) and carbon nanofibers (CNF): methodology and dosimetry. *J. Toxicol. Environ. Health B*, **8**, [121-212](#).
- Outridge, P.M. & Scheuhammer, A.M. (1993): Bioaccumulation and toxicology of nickel: implications for wild mammals and birds. *Environ. Rev.*, **1** (2)
- Pan, W-S., Wu, K-K., Rajendran M., Li, W-C. & Wu, C. (2021): Manganese hyperaccumulators and their hyperaccumulating and tolerance mechanisms: A review of the current state of knowledge. *Ann. Agric. Crop Sci.*, **6** (7), [1099](#).
- Peres, T.V., Schettinger, M.R.C., Chen, P., Carvalho, F., Avila, D.S., Bowman, A.B. & Aschner, M. (2016): Manganese-induced neurotoxicity: a review of its behavioral consequences and neuroprotective strategies. *BMC Pharmacol. Toxicol.*, **17**, [57](#).
- Rensmo, A., Savvidou, E.K., Cousins, I.T. Hu, X., Schellenberger, S. & Benskin, J.P. (2023): Lithium-ion battery recycling: a source of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) to the environment? *Environ. Sci.*, **25**, [1015-1030](#).
- Sager, M. (2019): Nickel – A trace element hardly considered. *Int. J. Hort. Agric. Food Sci.*, **3** (2)
- Saillenfait, A.M., Gallissot, F., Langonné, I. & Sabaté, J.P. (2002): Developmental toxicity of N-methyl-2-pyrrolidone administered orally to rats. *Food Chem. Toxicol.*, **40** (11), [1705-1712](#).
- Shen, J., Li, X., Shi, X., Wang, W., Zhou, H., Wu, J., Wang, X. & Li, J. (2020): The toxicity of lithium to human cardiomyocytes. *Environ. Sci. Europe*, **32**, [59](#).
- da Silva, C.J., da Rocha, A.J., Jeronymo, S., Mendes, M.F., Milani, F.T., Maia, A.C.M., Braga, F.T., Sens, Y.A.S. & Miorin, L.L. (2007): A preliminary study revealing a new association in patients undergoing maintenance hemodialysis: Manganism symptoms and T1 hyperintense changes in the basal ganglia *Am. J. Neurorad.*, **28** (8), [1474-1479](#).
- Sitarek, K. & Stetkiewicz, J. (2008): Assessment of reproductive toxicity and gonadotoxic potential of n-methyl-2-pyrrolidone in male rats. *Int. J. Occup. Med. Environ. Health*, **21** (1), [73-80](#).
- Sliz, R., Valikangas, J., Santos, H.S., Vilmi, P., Rieppo, L., Hu, T., Lassi, U. & Fabritius, T. (2022): Suitable cathode NMP replacement for efficient sustainable printed Li-Ion batteries. *ACS Appl. Energy Mater.*, **5** (4), [4047-4058](#).
- Sunderman, F.W. Jr. (2001): Nasal toxicity, carcinogenicity, and olfactory uptake of metals. *Ann. Clin. Lab. Sci.*, **31** (1), [3-24](#).
- Takagi, D., Ishiyama, K., Suganami, M., Ushijima, T., Fujii, T., Tazoe, Y., Kawasaki, M., Noguchi, K. & Makino, A. (2021): Manganese toxicity disrupts indole acetic acid homeostasis and suppresses the CO₂ assimilation reaction in rice leaves. *Sci Rep.*, **11**, [20922](#).

Tanveer, M., Hasanuzzaman, M. & Wang, L. (2019): Lithium in environment and potential targets to reduce lithium toxicity in plants. *J. Plant Growth Regul.*, **38**, [1574-1586](#).

US EPA (2022): *EPA Finds NMP and 1-BP Present Unreasonable Risks to Human Health*. [US EPA](#) December 19, 2022.

Wan, T. & Wang, Y. (2022): The hazards of electric car batteries and their recycling.

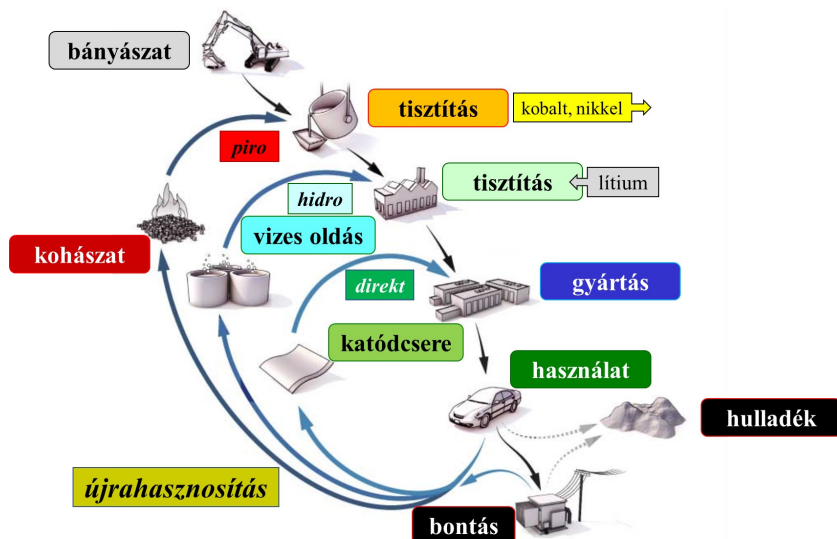
Earth Environ. Sci., **1011**, [012026](#).

Wei, H. és Kelemen I. (2022): *Biztonsági jelentés* – 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet szerinti. CATL, 1-60.

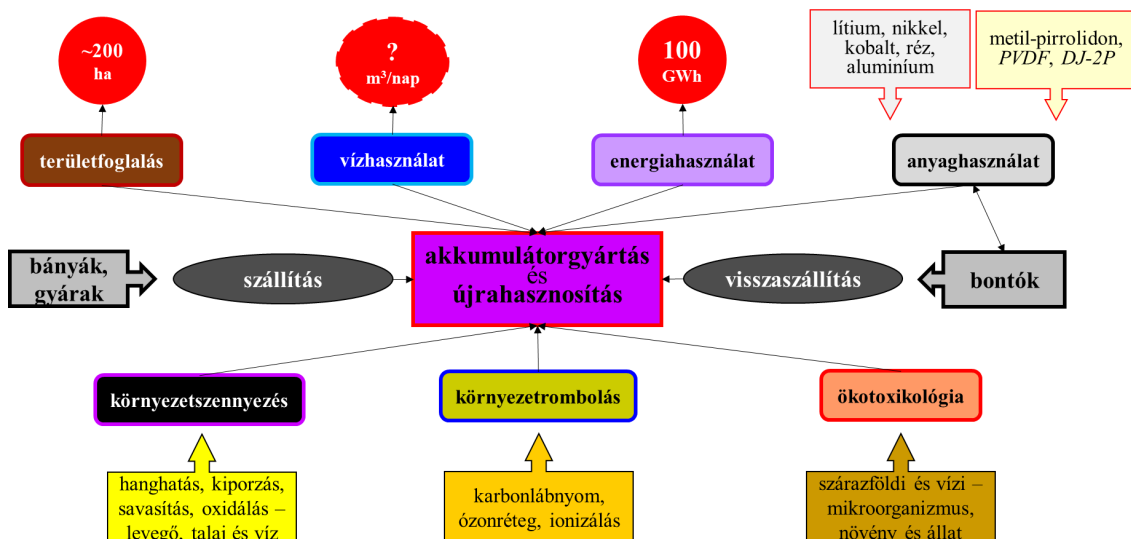
Zhang, C., Wu, L., de Perrot, M. & Zhao, X. (2021): Carbon nanotubes: A summary of beneficial and dangerous aspects of an increasingly popular group of nanomaterials. *Front. Oncol.*, **11**, [693814](#).

A kézirat beérkezésének időpontja: 2023. október 21.

A cikk hivatkozása - Darvas B. (2023): A lítiumionakkumulátor-gyártás és ipari járulékaiknak környezetegészségügyi veszélyei. *Ökotoxikológia*, **5** (3-4): 5-30.



A gyártás és újrahasznosítás vázlata



A debreceni CATL-gyár környezeti vázlata

A *glyphosate* hatóanyag sóit tartalmazó készítmények formálásakor alkalmazott segédanyagok

Bohus Péter,^a Székács András^{a,b} és Darvas Béla^a

^aMagyar Ökotoxikológiai Társaság, Budapest; ^bMATE KÖTI Agrár-környezettudományi Kutatóközpont, Gödöllő – bdarvas@bdarvas.hu

A *glyphosate*-készítményekben korábban leggyakrabban alkalmazott formáló adalékanyag, a POEA-családba tartozó etoxilezett faggyúamin önálló hatásainak vizsgálata és bizonyítása oda vezetett, hogy az EU-ban nemkívánatossá vált ezek használata. 2017-ben 23 formált készítmény felhasználását tiltotta be a hazai hatóság. A gyártók eltérő formálási recepteket kezdtek alkalmazni a K⁺-, izopropil-ammónium-, ammónium-, dimetil-ammónium-származékok esetében, de vonatkozó ipari szabadalmi helyzet miatt a 28 alapengedélyes készítményből (56 a készítmények összes száma) csupán 26 formálási segédanyagairól vannak publikus és csupán részleges ismereteink a magyarországi helyzetet tekintve. Jelenleg az állományszárításra használt hatóanyagok közül csak a *glyphosate* maradt, amely e célra felszívódó tulajdonsága miatt nem igazán alkalmas. A Nemzetközi Rákkutatási Ügynökség (IARC) által rákkeltéssel gyanúsított hatóanyag nincs jó helyen laikus felhasználók kezében, a közterületeken való alkalmazása kifogásolható. A rákkeltéssel gyanúsított növényvédő szerek engedélykiratában is meg kellene jelennie az IARC rákkeltési besorolásának. A hatóanyag készítményeit I. kereskedelmi kategóriába kellene helyezni, ahol csak szakemberek felügyeletével lennének használhatók.

Kulcsszavak: totális gyomirtó, PMIDA, *glyphosate*, AMPA, POEA, *glyphosate*-formálás, IARC, rákkeltő, állományszárító

Chemicals used in formulation of preparations containing salts of the active substance *glyphosate*

Péter Bohus,^a András Székács^{a,b} & Béla Darvas^a

^aHungarian Society of Ecotoxicology, Budapest; ^bMATE KÖTI Research Centre for Agro-Environmental Sciences, Gödöllő – bdarvas@bdarvas.hu

The demonstration of the detrimental effects of ethoxylated tallow amine belonging to the POEA family, a formulation additive previously most used in *glyphosate* preparations, has led to the regulatory decision that their use became undesirable in the EU. In Hungary, the use of 23 formulated preparations was banned by the Hungarian authority in 2017. Manufacturers started to use different formulating recipes for K⁺, isopropylammonium, ammonium, dimethylammonium derivatives, but as for the situation in Hungary, we only have public, yet only partial knowledge about the formulating additives of only 26 of the 28 basic licensed preparations (56 is the total number of preparations), due to the corresponding industrial patent status. Currently, only *glyphosate* remained available as an active ingredient for desiccation, and it is not even quite suitable due to its systemic properties. Moreover, this com-

compounds suspected of being carcinogenic by the IARC is not well suitable in the hands of layman users and its use in public locations is objectionable. The IARC carcinogenicity classification should also be listed in the authorization document of all plant protection products suspected of being carcinogenic. Preparations of this active ingredient should be placed in commercial category I, where it should only be used under supervision by specialists.

Keywords: Péter Bohus, Béla Darvas, total herbicide, PMIDA, glyphosate, AMPA, POEA, glyphosate-molding, IARC, carcinogen, desiccation

A növényvédőszer-hatóanyagok formálásának (formázásának) célja, hogy hatékonyan és biztonságosan alkalmazható készítményt hozzunk létre (**1. ábra**). Ezért különféle koformulánsokat (adalékanyagokat) adagolunk a hatóanyaghoz, így keveréket létrehozva.

Más csoportosításokban szinonimaként az *adjuváns* (*adjuvant*) kifejezést használjuk, amikor az adalékanyag használatának célja a hatáskifejtés segítése (nem azonos a hatáserősséggel, mint szinergista hatáskor). Ez bizonyos esetekben (pl. színező anyagok, szagot vagy ízt befolyásoló anyagok az öngyilkosságra használt készítményeknél) nem így van. Az adalékanyagok elvileg önálló biológiai hatás nélküliek (*inert*) és befolyásolják a hatóanyag eloszlását (dozírozhatóságát), a készítmény tapadóképességét és más fizikokémiai tulajdonságait. A felhasználás alapvető törekvése a hatóanyag egyenletes eloszlású és megfelelő kémiai stabilitású célbajuttatása. Ezek a követelmények és a hatóanyag tulajdonságai együttesen megszabják a lehetséges formatípust. Az *inert* (közömbös) kifejezés tulajdonképpen arra utal, hogy az adalékanyag nem lép kémiai reakcióba a hatóanyaggal, illetve önmagában használva (az engedélyezett felhasználási dózissávban) nincs olyan hatása, mint azon hatóanyagnak, amely mellett alkalmazásra kerül [Klátyik *et al.*, 2017].

Az ún. *built-in* formálásnál a készítmény már tartalmazza a hatáskifejtés elősegítését támogató koformulánso-

kat. A cél az, hogy felhasználásra alkalmas, azaz pontosan adagolható **forma** kialakítása valósuljon meg. Az **1. ábra** a formált készítményben lévő anyagféléseket mutatja be. A konkrét összetevők hatóanyagtól függően változnak, és adott készítményben nem szükségképpen kell az összes funkciótipusnak szerepelnie.

A koformulánsok pontos kémiai összetételének megismerése azt követően vált közérdeklődés tárgyává, miután világossá vált, hogy az ipari szabadalommal védett készítmények gyakran rejtenek olyan formálóanyagokat, amelyek önálló toxicitást is kifejtene, vagy a hatóanyag bizonyos biológiai hatására szinergista hatással lehetnek. A növényvédőszer-gyártásban használt adalékanyagok toxicitási jellemzői továbbra sem váltak megkövetelt, nyilvános adatokká, így a hozzáférésük ma is nehezített. Érdemi változás, hogy ma már az *inert* kifejezés helyett az **other** (más, mint a hatóanyag) használata terjed a koformulánsok jelölésére.

A koformulánsok egy részét – különösen a hatásjavítókat – alkalmazhatjuk úgy is, hogy – külön adalékként forgalmazva – a kijuttatási forma (pl. permetlé) elkészítésekor a növényvédő szerhez keverjük; permetezésre szolgáló készítményeknél ez a *tank-mix* alkalmazás. Ez érvényes a szinergistákra is, amelyekkel a keverékben szereplő anyagok összegzett (additív) hatását meghaladó biológiai hatásfokozódását érnek el. Úgy például, hogy gátolják a hatóanyag célszervezeten



1.ábra: Vázlat egy *built-in* forma lehetséges összetevőire

belüli lebontását (pl. piretroidoknál citokróm P-450 enzimgátló hatásuk van), vagy gátolják a gyomirtók talajban történő mikrobiális lebontását.

A koformulánsok mindegyike speciális szerepet tölt be a formált készítményben; közöttük a felületaktív anyagok (*surfactants*) vagy tenzidek szerepe és funkciója kiemelkedő. A felületaktív anyag – a permetlé felületi feszültségének csökkentésével – a cseppek levélzeten való szétterülését fokozza, illetve – a membránfolyamatok módosításával – a felszívódást gyorsítja, s emellett – az emulziókban és szuszpenziókban található diszpergált részecskék felületén adszorbeálódva vagy micellák képzésével stabilizáló hatást fejthet ki. A felületi feszültség csökkenésével növekszik a permetlé nedvesítőképesége, viszont a habzása fokozódhat.

A felületaktív anyagok előbbiekben bemutatott hatásainak egyik fontos gyakorlati kihasználása a hatásfokozás. Hatóanyagok sóiból (például *glyphosate*-, *bentazon*-, *imazamox*-, *MCPA*-sók) készült vizes oldatokban nincsenek diszpergált részecskék, így amikor ilyen hatóanyagoldatokba

megfelelő tulajdonságú felületaktív anyagot keverünk, akkor azt célozzuk, hogy a vízzeloldható hatóanyagot tartalmazó oldat jobban nedvesítse és micelláik segítségével szolubilizálja a levélfelszín viaszos, lipidjellegű alkotórészeit, fokozva a hatóanyag bejutásának (penetráció) mértékét és sebességét. A megfelelő felületaktív anyag tehát ilyenkor adjuvánsként viselkedik.

A *glyphosate* formálása

A *glyphosate*-tartalmú készítmények formálásakor a vízben gyengén/rosszul oldódó, nem szelektív hatóanyag vízben jól oldódó sóit előállítva permetlé készítésére alkalmas terméket hozunk létre rendszerint *SL* (*soluble liquid*) formulációként, ritkábban a magasabb hatóanyagkoncentráció elérését lehetővé tevő *SG* (*soluble granule*) formulációként. A *glyphosate* izopropilaminnal (*IPA*) alkotott sóit tartalmazó készítményekben *built-in* adjuvánsként sokáig etoxilezett faggyúaminokat (*POEA*) alkalmaztak. A *glyphosate* más sóinak (például kálium-, ammónium-, dimetilammónium-sók stb.) bevezetésével és különösen az etoxilezett faggyúami-

nok kedvezőtlen toxikológiai és környezeti hatásai miatt más kémiai szerkezetű tenzidek használata szükség-szerűvé vált. Formáláskor továbbra is alapkérdés, hogy a legalább kétéves eltarthatóságot garantálni kell. Ugyancsak célfeladat a megfelelő biológiai hatás biztosítása, illetve a toxikológiai és környezeti ártalmak minimalizálása.

A hatásfokozó adjuvánsok mellett a felhasználást módosító adjuvánsok is általánosan ismertek, és használhatósági (*utility*) adjuvánsoknak nevezzük azokat. Ilyen permetléccseppek elsodródását fékező komponens (*anti-drift agent*), habzást gátló adalék (*antifoam, defoamer*), de ide soroljuk akár a vizes oldat színezésére szolgáló anyagokat is. Opcionálisan a vizes oldatokban koformulánsként szerepelhetnek fagyásgátló (*antifreeze*) vagy akár tartósító vegyületek oldott állapotban.

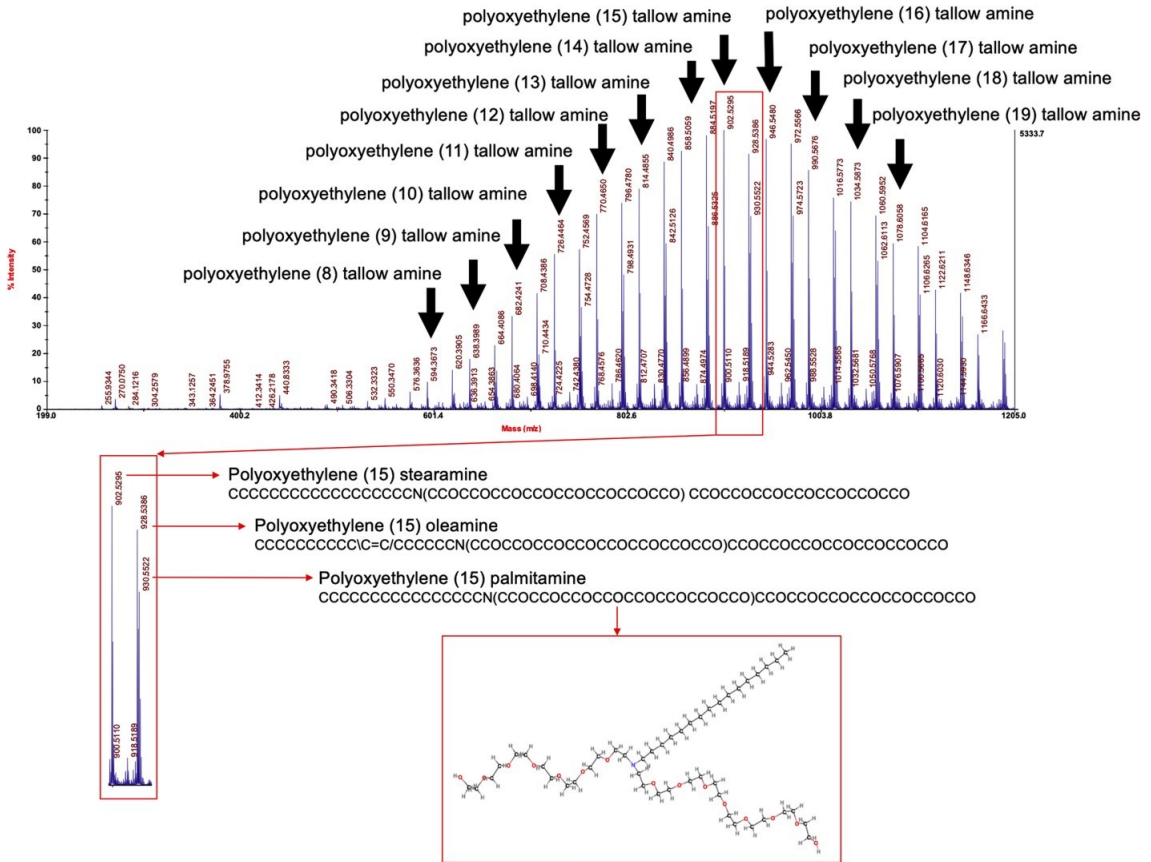
A rendkívül változatos hatóanyag-formálás szellemi tulajdonának védelme a gyári szabadalom körébe tartozik. Mivel az EU engedélyezési folyamatában a toxikológiai dokumentációk hatóanyagokra vonatkoznak, így a készítmény, illetve a készítményben szereplő komponensek toxicitására vonatkozólag kevés adat hozzáférhető. Ezeket a formáláshoz alkalmazott komponenseket – mivel akut toxicitásuk általában alacsony (mindez nagyon bizonytalan állítás, hiszen csak modellfajokra vonatkozik, vagyis a rendkívül bonyolult ökoszisztémák domináns fajaira sem terjedhet ki) – *inert* hatású anyagok között tartják nyilván, és a gyártónak nem kötelessége a pontos összetételt és a biológiai hatásokat az *MSDS (Material Safety Data Sheet)* biztonsági adatlapon részletezni. A jelenlegi engedélyezési gyakorlat nem terjed ki az adalékanyagok monitorozására sem a környezetben, sem az élelmiszerekben és takarmá-

nyokban. A korai vizsgálatok már kifogásolták ezt, hiszen kiderült, hogy meglehetősen sok toxikus anyag [Petrelli *et al.*, 1993], pl. folyékony készítményekben rákkeltő benzol, xilol és az akkumulátorgyártás során hírhedté vált, reprotoxikus N-metil-2-pirrolidon – *NMP* [Darvas, 2023] – használatosak az oldószerek/formálóanyagok között. *NMP*-t például a világszerte nagy forgalmú neonikotinoid-típusú rovarirtó *imidacloprid* formálása is alkalmaznak [Hung és Meier, 2005]. Ma már tilos, hiszen 2021-ben egy sor – korábban formálásra használt anyagot – tilt már az EU.

Mindez a *glyphosate* hatóanyag kapcsán váltotta ki a kutatók kifejezett érdeklődését, mivel a készítmények toxicitása a különféle tesztekben gyakran volt magasabb, mint a hatóanyag önálló toxicitása [Bolognesi *et al.*, 1997; Székács és Darvas, 2012; Bohus *et al.*, 2015; Klátyik, 2015; Darvas és Székács, 2018b; Mesnage *et al.*, 2019]. Az esetek többségében először a faggyúamin-származékokat gyanúsították (*POEA* – **2. ábra**), amely vegyületkeverék tiltása *tank-mix* adjuvánsként (pl. Frigate, Hyspray) és *built-in* formálóként *glyphosate* mellett hazánkban is bekövetkezett [Székács és Darvas, 2018]. A *glyphosate* önálló, a karcinogenitás és hormonmoduláns irányába mutató hatása sem kérdéses [Defarge *et al.*, 2016; Székács *et al.*, 2018; Serra *et al.*, 2021; Gémes *et al.*, 2022a].

A formáláshoz használt információk bizonytalansága

A formulációk esetében az *MSDS*-dokumentációk összetételre, illetve toxikológiai adatokra vonatkozó információtartalma nagyon változatos képet mutat. Előfordul, hogy ugyanazon megnevezésű készítményhez többféle formálási segédanyagot is találunk, ezért tapasztalható az, hogy ma gyak-



2. ábra: A polietoxilezett faggyúamin (más néven polioxietilén-faggyúamin) összetett keverék. Ezt mutatják a kereskedelmi forgalomban kapható (ChemService, West Chester, PA, USA) polioxietilén (15) faggyúamin felületaktív anyag reprezentatív tömegspektrumán a megjelölt csúcsok [Mesnage *et al.*, 2019].

ran az ország rövidítését is megadják a készítmény azonosításához [Mesnage *et al.*, 2019]. A különböző országokban kiadott biztonsági adatlapok között több esetben található ellentmondás, illetve jelentős eltérés, ami azt a képzetet kelti, hogy ugyanazon készítmény esetén akár többféle recept is előfordulhat. Toxikológiai szempontból aligha fenntartható ez a gyakorlat (humán- és állatgyógyyszerknél valamennyi összetevőt fel kell sorolni a gyártónak), és az Európai Unió hivatalainak lépnie kellene, megakadályozva azt, hogy a környezetünkbe elhallgatható, veszélyes anyagok kerülhessenek be. Jelen áttekin-

tésünk a *glyphosate* példáján mutatja be az információhiány okozta ellentmondásokat [Mesnage *et al.*, 2019], azzal a nehezítéssel, hogy csak az *MSDS* biztonsági adatlapokon közreadott részleges információkra támaszkodhatunk.

Az *MSDS*-ek többsége esetében nem kielégítő azok információtartalma, és ezért a keverék pontos kémiai összetétele nem állapítható meg. Ráadásul a szabadalmi leírások alapján sem lehet egy adott készítmény összetételét konkretizálni. A szabadalmi igénypontokon keresztül a nyilvánvaló cél az oltalmi kör szélesítése, amely az összetétel kifejlesztőinek üzleti érdekeit



1.kép: A Sichuan Hebang Biotechnology Co. Ltd. megépíti a világ legnagyobb PMIDA-üzemét (a PMIDA a *glyphosate*-gyártás alapanyaga)

szolgálja. Általában nincs pontos kémiai áttekintés, csak kvázi, ami nem tekinthető tudományos szempontból elégségesnek.

Hazánkban az engedélyezéssel foglalkozó Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (Nébih) Növény-, Talaj- és Agrárkörnyezet-védelmi Igazgatóság (NTAI) valószínűleg rendelkezik összetételre vonatkozó bővebb és részletes adatokkal, de titoktartási kötelezettség terheli a gyártók által benyújtott dokumentációk tartalmát illetően, vagyis információt nem szolgáltatathat ki. Az MSDS biztonsági adatlapokban csak a veszélyes komponensek megnevezése kötelező, a veszélyes komponensek mennyiségeit csak intervallumszerűen kell feltüntetni, vagy az adott komponens minimális vagy maximális koncentrációját kell rögzíteni. Ez azt jelenti, hogy a formuláció, mint keverék valóságos előállításához szükséges recept az MSDS-ből egyáltalán nem következtethető ki. A készítmény tulajdonságai és használhatósága alapvetően a felhasznált egyedi kom-

ponensek minőségétől és mennyiségétől függ, hiszen a jelenlevő komponensek kölcsönhatásai determinálják az összetett rendszer tulajdonságait és viselkedését. A jelenlevő szennyező komponensek (*impurities*) hatásai nagymértékű eltéréseket okozhatnak ugyanazon kémiai összetétel esetében is. A szennyezettségi profil alakulása semmiképpen nem állapítható meg abból a jelenlegi gyakorlatból, mely szerint egy adott komponenst csak kémiailag nevezünk meg (azt is nagyon általánosan), ám a gyártás forrását nem jelöljük meg.

Hazai *glyphosate*-készítmények

Ma a *glyphosate* hatóanyag többségét Kínában (Zhejiang Wynca Chem. Co., Zejiang Jinfanda Biochem. Co., Nantong Jiangshan Agrochem. Chem. Co., Sichuan Fuhua Agricult. Invest. Grp, Jiangsu Yangnong Chem. Grp, Jiangshu Good Harvest-Welen stb.) gyártják [Székács és Darvas, 2012; Darvas és Székács, 2018a]. Kínában a Sichuan Hebang Biotechnology Co. Ltd. 500.000 tonna/év PMIDA (N-

foszfonometil-imino-diecetsav) gyártási kapacitással épít éppen gyárat (**1. kép**). A *glyphosate* ára 2022-ben tonnánként 9905 USD), ami több mint kétszerese a 2021 eleji árnak, vagyis az ipari szféra nem számít a *glyphosate* széleskörű betiltására. Ennek oka a helyettesíthetőség hiánya, ami élvelő, tarackos gyomokra vonatkozik elsősorban, dacára annak, hogy a rezisztens gyomok száma és elterjedtsége növekszik [Darvas és Székács, 2018b].

A generikus készítményeket forgalmazók többnyire kínai gyártóktól származó hatóanyagot formálnak. A hazai forgalmazáshoz jelenleg az Adama, Agria, Agro-Chemie, Albaugh, Barclay, Bayer (Monsanto), Ciech Sarzyna, FMC (Cheminova), Nufarm, Sharda, Sinon (Cresco), Syngenta és UPL (Arysta) mint gyártók rendelkeznek regisztrált *glyphosate*-készítménnyel. Közülük csak az Agro-Chemie Kft. (tulajdonos a KITE) magyar regisztrációtulajdonos és forgalmazó.

A Nébih [adatbázisának](#) 2023. október 15-ei lekérdezése 122 *glyphosate*-készítményt jelez, azonban ezek közül csak 56 készítménynek van érvényes engedélye. A hatóanyag-engedélyezés érvényességéhez a készítményengedélyezés nem feltétlenül alkalmazkodik (kivéve a Kapazin, amelynek engedélye azt tartalmazza, hogy a készítmény engedélyét illetően a hatóanyag európai uniós felülvizsgálatakor megállapításra kerülő határidő a mérvadó), vagyis bár a hatóanyag EU-engedélye jelenleg 2023. decemberéig szól, ugyanakkor a Nébih NTAI akár 2027-ig is kiadott készítményengedélyeket (**1. táblázat**). Az engedélyezés szerkezetében azt is látni kell, hogy csak 28 alapengedélyes van, a többi párhuzamos vagy származtatott engedély. Gyártóként és forgalmazóként az adatbázisban még a Monsanto is fel-

tűnik, habár azt a Bayer felvásárolta. Ez a folyamatos adatjavítás elégtelenségét is jelenti.

Hazánkban az árpa, búza, kukorica, napraforgó, repce és szója (máshol bab, borsó, burgonya, len és lencse) betakarításakor választhatják állományszárításra (betakarítás előtti gyomirtásra) a *glyphosate* hatóanyagú készítményeket, dacára annak, hogy felszívódó hatóanyag [Darvas *et al.*, 2023]. A szakirodalomból bántóan hiányzik a kezelés utáni szermaradékalapok részletes feltárása. Ugyanakkor az is világos, hogy a többször kezelt *glyphosate*-tűrő GM-szójában, amit az amerikai kontinensről szállít be az EU, *glyphosate*-maradék mérhető.

A UK DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs) max. 1,8 mg/kg, az EWG (Environmental Working Group) max. 2,7 mg/kg [szermaradékot](#) mutatott ki [Mesnage *et al.*, 2019] gabonafélékből készült élelmiszerekben. A *glyphosate* EU általi betiltása azt jelentené, hogy az amerikai származó *glyphosate*-tűrő szója elfogadhatatlan lenne, hiszen mérhető *glyphosate*-tartalma van, és ennek – az EU-ban nem engedélyezett hatóanyag szermaradéka esetén – a határon történő visszautasítással kell járnia. A GM-szója viszont az európai sertés- és baromfitenyésztés növényi fehérjeszükségletének jelenleg kiválthatatlan részét képezi. A hajdani kiterjedt lucernatermesztést – az innen származó fehérje jobb minőségű – vissza kellene állítani.

A hazai forgalmazású *glyphosate*-készítményekben használt formálási segédanyagok

A 1990-es évek közepétől kezdve az elsőgenerációs *glyphosate*-adjuvansokat, a POEA-kat fokozatosan más felületaktív anyagok váltották fel, így

Készítmény	Analóg termék	Gyártó	Engedély
<i>All-In</i>	<i>Total</i>	Sinon/Cresco	2025
<i>Amega Free</i>	<i>Clinic Free</i>	Nufarm	2025
<i>Amega Up</i>	<i>Barclay Gallup Biograde 360</i>	Bayer	2025
<i>Armo SL</i>	<i>Tajfun Forte</i>	Adama	2025
<i>Barbarian Super 360</i>	<i>Barclay Gallup Biograde 360</i>	Barclay	2025
Barclay Gallup Biograde 360		Barclay	2025
Barclay Gallup Hi-Activ		Barclay	2025
Boom Efekt		Albaugh	2025
<i>Buldozer</i>	<i>Boom Efekt</i>	Albaugh	2025
<i>Cilic Up</i>	<i>Barclay Gallup Biograde 360</i>	Bayer	2025
<i>Clinic Free</i>		Nufarm	2025
<i>Credit Xtreme</i>		Nufarm	2027
<i>Defender</i>	<i>Nasa Neo</i>	Agria	2027
Dominator Extra 608 SL		Albaugh	2025
<i>Figaro 360 (480)</i>	<i>Barclay Gallup Biograde 360</i>	Bayer	2025
Fozát 480		Agro-Chemie	2025
Fozát Praktik		Agro-Chemie	2026
<i>G360</i>	<i>Boom Efekt</i>	Albaugh	2025
Gallup 360 K		Barclay	2025
<i>Gallup Super 360</i>	<i>Barclay Gallup Biograde 360</i>	Barclay	2025
<i>Gladiator Forte</i>	<i>Tajfun Forte</i>	Adama	2025
Gialka Express 6H		Bayer	2024
Gialka Gél		Bayer	2023
<i>Gialka Plusz</i>	<i>Gialka Top</i>	Monsanto	2026
Gialka Star		Bayer	2025
Gialka Top		Bayer	2026
Glyfos Dakar		Cheminova/FMC	2025
Halvetic		Ciech Sarzyna	2027
<i>Harði</i>	<i>Nasa Neo</i>	Agria	2027
Kapazin		UPL/Arysta	2023
Krypt 540		Barclay	2025
<i>Machete</i>	<i>Boom Efekt</i>	Albaugh	2025
Marsh 480 SL		Sharda	2025
<i>Master Gly</i>	<i>Barclay Gallup Biograde 360</i>	Monsanto	2025
Medallon Premium		Syngenta	2025
<i>Monosate G</i>	<i>Barclay Gallup Biograde 360</i>	Barclay	2025
<i>Nasa Neo</i>		Agria	2027
<i>Nufozát Free</i>	<i>Clinic Free</i>	Nufarm	2025
<i>Nufozát Up</i>	<i>Barclay Gallup Biograde 360</i>	Monsanto	2025
Rodeo Plus		Bayer	2024
<i>Rodeo TF</i>	<i>Tajfun Forte</i>	Adama	2025
Roundup Bioactiv		Bayer	2025
Roundup Mega		Bayer	2025
Roundup PowerMax		Bayer	2025
Roundup Superb		Bayer	2026
Tajfun Forte		Adama	2025
<i>Teraguard</i>	<i>Nasa Neo</i>	Agria	2027
Total		Sinon, Cresco	2025
<i>Total Agro</i>		Cresco	2025
<i>Total Max</i>		Cresco	2025
Total Spray		Cresco	2026
<i>Trustee Hi-Activ</i>	<i>Barclay Gallup Hi-Activ</i>	Barclay	2025
<i>Vesuvius Green</i>	<i>Barclay Gallup Biograde 360</i>	Bayer	2025
<i>Vidia</i>	<i>Barclay Gallup Biograde 360</i>	Barclay	2025
<i>Vival 360</i>	<i>Boom Efekt</i>	Albaugh	2025
<i>Winner 360</i>	<i>Boom Efekt</i>	Albaugh	2025

1. táblázat: A hazánkban a Nébih adatbázisa szerint felhasználható glyphosate-készítmények (**bolditalic** → alapengedélyes; sárgával kiemelt → magyar forgalmazó)

például az etoxilezett éteraminok, amelyek kedvezőbb toxicitást mutatnak. A propoxilezett kvaterner ammóniumszármazék (*Dodigen 4022*) felületaktív anyagok bevezetése is előrelépés volt. A mérések szerint a POEA a környezeti mintákban is megjelent az Egyesült Államokban [Tush és Meyer, 2016; Tush *et al.*, 2018]. A *glyphosate* megjelenése a felszíni vizekben az amerikai kontinensen a legmagasabb [Székács és Darvas, 2018].

2017. május 31-ig voltak nálunk forgalomban az etoxilezett faggyúaminokkal formált *glyphosate* hatóanyagú készítmények. A Nébih ez okból a **2. táblázatban** felsorolt *glyphosate*-készítményeket vonta ki a forgalomból (Székács és Darvas, 2018; Darvas és Székács, 2018c). Látható, hogy a kivonás után a terméknevek csak a kiterjesztéseikben változtak, így a cégek befektetett reklámjai értékállóak maradtak, míg a felhasználók számára nem vált világossá és nyilvánvalóvá a lényegi változtatás. Ma azonban korántsem csak az etoxilezett faggyúaminokat gyanúsítják az ipar által használt formálók esetleges önálló hatásával, hanem a gyanú az újabb for-

málóanyagokra is kiterjed (pl. MON 52276, EPA 524-517). Aligha kerülhető el a készítmények szerinti engedélyezés (a teljes profil értékelése), mint gyógyszerek esetében is. Mindez lehetlenné teszi majd a készítmények rendkívül magas számának kialakulását és még a gyakorlati szakemberek számára való követhetlenségét. Ideje lenne a növényvédő szakmérnökök számára szakértői adatbázisok fejlesztése, amelyből ugyanúgy tájékozódhatnak, mint gyógyszerelési ügyekben a háziorvos teszi. Ez valóban a kor digitalizációs kihívása lenne.

Az EU 2021-ig 144 koformulánst tiltott be. Közöttük a benzol, az NMP, sőt a nonil- és oktil-fenolokat is. A tiltásokat döntően ugyanolyan esetekben léptetik életbe, mint amelyek a hatóanyagokra is vonatkoznak: amennyiben az anyag mutagén/rákkeltő (**1A** vagy **1B** kategóriájú), reprotoxikus (**1A** vagy **1B** kategóriájú), perzisztens, bioakkumulatív vagy toxikus, endokrin (hormonálisan) zavaró hatású, vagy más módon nem felel meg a növényvédő szerek forgalomba hozatali jogszabályának.

Alapengedély	Klónengedély	Párhuzamosimport-engedély
<i>Clinic 480 SL^N</i>	<i>Amega</i>	
<i>Dominator^D</i>		
<i>Glialka 480 Plus^M</i>	<i>Figaro</i>	<i>Agria Glypho</i>
<i>Glyfos^C</i>		
<i>Glyphogan 480 SL^A</i>	<i>Gladiator 480 SL</i> <i>Hardflex 480 SL</i>	<i>Glyfogan Classic</i>
<i>Nasa^{Ag}</i>		
<i>Nufozár^N</i>		
<i>Roundup Classic^M</i>	<i>Glyphogan Classic</i> <i>Vesuvius</i>	<i>Glifosztár</i> <i>Sherif 480 SL, Uyuni</i>
<i>Roundup Classic Plus^M</i>	<i>Rodeo</i>	
<i>Roundup Forte^M</i>		
<i>Taifun 360^A</i>		

2.táblázat: 2017-ben kivont POEA-val formált *glyphosate* hatóanyagú készítmények (felső indexben: A – Adama; Ag – Agria; C – Cheminova; D – Dow Agrosiences; M – Monsanto; N – Nufarm) [Darvas és Székács, 2018c]

A készítmények formálóanyagai után ációk.

való nyomozás – eredményességét tekintve – az egyik legkevésbé sikeres tevékenység [Bohus *et al.*, 2015], hiszen gyakori a pontatlan megnevezés, illetve az egyes cégfiókok által kiadott MSDS-lapok állításai eltérők. Vonatkozik ez a felsorolt anyagokra és azok mennyiségeire is. A *glyphosate* különféle sóinak (pl. kálium-, IPA-, ammónium-, dimetil-ammóniumsó) formálására általában eltérő formáló adalékanyagokat használnak. Egy-egy csoporton belül is lehetnek azonban vari-

A 28 alapengedélyes közül 23 (2 ebből csak egyéb információt tartalmaz) esetében találtunk formálási segédanyag-ra vonatkozó információt (**3. táblázat**). Ráadásul a megadott vegyületek kémiai definiálása sem pontos, hanem rendszerint vegyületcsoportokra utalnak, és általánosan hiányzik a molekulanagyságokra vonatkozó pontos adat (például az etoxilezettség mértéke). Mesnage és munkatársai [2019] a rendelkezésre álló információk alapján összefoglalták a Monsanto (jelenleg

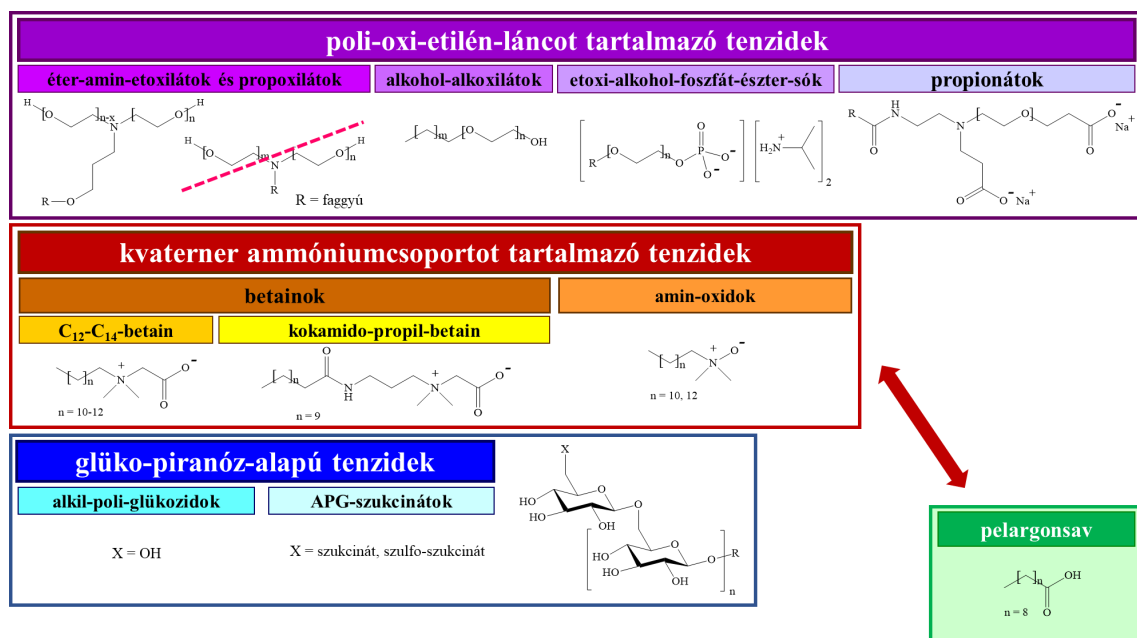
alapengedélyes készítmény	forg. kat.	glyphosate (g/l vagy kg ⁻¹)	segédanyagok
<i>Barclay Gallup Biograde 360</i>	II	IPA (360)	poli(oxi-1,2-etándiil)-alfa-foszfono-omega-butoxi izopropil-amin só + (2-hidroxipropil)ammónium-foszfát
<i>Barclay Gallup Hi-Activ</i>	II	IPA (490)	poli(oxi-1,2-etándiil)-alfa-foszfono-omega-butoxi izopropil-amin só + (2-hidroxipropil)ammónium-foszfát
<i>Boom Efekt</i>	II	IPA (360)	foszfátészter-aminsó
<i>Clinic Free</i>	II	IPA (360)	D-glükopiranoz oligomerek, monoszulfoszukcinát, kókuszalkil-glükozidok
<i>Credit Xtreme</i>	II	IPA+K ⁺ (540)	alkil-poli-glükozid
<i>Dominator Extra 608 SL</i>	II	dimetil-ammónium (480)	D-glükopiranoz oligomerek, decil-glükozid + dinátrium-kokoamfodropionát + metil-alkohol
<i>Fozát 480</i>	II	IPA (360)	C12-C14 alkildimetil-betainok
<i>Fozát Praktik</i>	III	IPA (7,45)	
<i>Gallup 360 K</i>	II	K ⁺ (360)	aminok, C12-14 -alkil-dimetil N-oxidok
<i>Glialka Express 6H</i>	II	IPA (7,2)	[+ <i>pelargonsav</i>]
<i>Glialka Gél</i>	III	IPA (7,2)	(= <i>MON 76258</i>)
<i>Glialka Star</i>	II	K ⁺ (360)	etoxilált éter-alkilamin
<i>Glialka Top</i>	III	K ⁺ (360)	alkil-poli-glükozid + nitrolil
<i>Glyfos Dakar</i>	II	ammónium (680 ⁺)	hidrogénezett etoxilált zsírsavamin
<i>Halvetic</i>	III	IPA (180)	D-glükopiranoz oligomer, decil-oktil-glükozidok, C10-16 alkil-glükozidok
<i>Kapazin</i>	III	IPA (360)	poli(oxi-1,2-etándiil)-alfa-foszfono-omega-butoxi izopropil-amin só + (2-hidroxipropil)ammónium-foszfát
<i>Krypt 540</i>	II	K ⁺ (540)	aminok, C12-14-alkil-dimetil N-oxidok
<i>Marsh 480 SL</i>	II	IPA (360)	nemionos felületaktív anyagok keveréke
<i>Medallon Premium</i>	II	dimetil-ammónium (360)	D-glükopiranoz oligomer, decil-oktil-glükozidok + ammónium-szulfát
<i>Nasa Neo</i>	III	IPA (360)	Geronol CF/AS 30C + betain, C12-14-alkil-dimetil
<i>Rodeo TF</i>	III	IPA (360)	N,N-dimetil-C12-14-alkil-1-aminok és monoklórecetsav + káliumhidroxid reakcióterméke
<i>Roundup Bioactiv</i>	II	IPA (360)	D-glükopiranoz oligomer, decil-oktil-glükozidok + 1,2-etándiamin + polimer 2-metiloxirán és oxirán
<i>Roundup Mega</i>	II	K ⁺ (450)	etoxilált éter-alkilamin
<i>Roundup PowerMax</i>	III	ammónium (720 ⁺)	alkoholok, C12-16-alkil-éterek, propoxilált, aminált, etoxilált
<i>Roundup Superb</i>	III	K ⁺ (480)	
<i>Taifun Forte</i>	III	IPA (360)	N,N-dimetil-C12-14-alkil-1-aminok és monoklórecetsav + káliumhidroxid reakcióterméke
<i>Total</i>	II	IPA (360)	kvaterner ammónium
<i>Total Spray</i>	III	IPA (7,2)	kvaterner ammónium

3. táblázat: A hazánkban alapengedélyes *glyphosate* készítmények és formáló anyagaik (világoskézzel kiemelt – egyéb információ; lilával kiemelt nincs elérhető formálási információ (Total és Total Spray esetében bekértük a készítmények MSDS lapjait); piros betűszín → állományszárításra engedélyezett; forg. kat. → forgalmi kategória); barna betűszín → besorolási kérdés) [Felhasznált

MSDS lapok: Barclay Gallup Biograde 360, Barclay Gallup

Hi-Activ, Boom Efekt, Clinic Free, Credit Xtreme, Dominator Extra 608 SL, Fozát 480, Fozát Praktik, Gallup 360 K (Barclay Gallup 360 – etoxilált faggyúamin), Glialka Express 6H, Glialka Gél, Glialka Star, Glialka Top, Glyfos Dakar, Halvetic, Kapazin, Krypt 540, Marsh 480 SL, Medallon Premium, Nasa Neo, Rodeo TF, Roundup Bioactiv (Roundup Biactive – MON 52276, Dodigen 4022), Roundup Mega, Roundup PowerMax, Roundup Superb, Taifun Forte, Total, Total Spray]

Bayer) által különböző országokban lentősen eltérhetnek [Klátyik, 2015; Mesnage *et al.*, 2019; Oláh *et al.*, 2022; Gémes *et al.*, 2022b]. Az általunk vizsgált, de pontosan nem azonosítható formálóanyagok közül a Total (Sinon/Cresco) kvaterner ammóniumvegyületeket használ, esetleg ugyanazokat a C₁₂-C₁₄-alkil-dimetilbetainokat, ami a Fozát készítményben is lehet. A Fozát és Total készítmények MSDS-adatlapjában a segédanyagokra megadott H-mondatok ugyanazok: bőrirritáló hatású (H315), súlyos szemkárosodást okoz (H318) és ártalmas a vízi élővilágra, hosszan tartó károsodást okoz (H412).



3. ábra: A hazánkban kapható *glyphosate*-tartalmú készítmények formálására használt felületaktív anyagok kémiai szerkezete (a zölddel keretezett vegyület önálló hatású **herbicide**). A készítmények és az azokban előforduló felületaktív anyagok (tenzidek) listája nem teljeskörű, hiszen az alapul szolgáló MSDS-lapok sem pontosak.

Következtetések

Jelenleg az állományszárításra használt hatóanyagok közül csak a *glyphosate* maradt, amely célra felszívódó tulajdonsága miatt nem alkalmas. A *glyphosate* deszikkánsként való használatát jelentős tagországi **kritika** érte

(lásd Dánia, Franciaország, Hollandia, Horvátország, Lettország, Németország, Szlovénia), és az EU is az ebbéli használatának betiltásán gondolkodik. Szükséghelyzeti használatra a **diquat** hazánkban újra megjelent, ami elég abszurd fejlemény [Darvas *et al.*,

2023]. Ugyancsak feltűnő az alapelgondolható *glyphosate* hatóanyagú készítmények egymás mellé helyezésével, hogy a II. és III. forgalmi kategóriába való sorolás nem koherens. A Nébih által kiadott engedélyokiratokban egyrészt az igen alacsony hatóanyag-tartalom, másrészt a kis kiszerelés (pl. egy liter) miatt válik szabad forgalmú (III) kategóriájúvá a *glyphosate*-készítmény. A döntések azonban nem koherensek (**3. táblázat**). Egy rákkeltéssel gyanúsított hatóanyag nincs megfelelő helyen laikus felhasználók kezében, hiszen a ház körüli (tehát részben közterületi) gyomirtásban sem a koncentrációbeállítás nem szakszerű, sem a védőeszközök használata nem jellemző. Egyáltalán, a *glyphosate*-készítmények közterületeken való alkalmazása kifogásolható, melyre nem megoldás a használat módjának szigorítása/enyhítése, ahogyan a II. forgalmi kategóriájú Roundup Mega okiratában olvashatjuk, amely bizonyos használat esetén I-es minősítésre szigorít. Az alig ellenőrizhető laikus gyakorlat toxikológiai szempontból a lakosság veszélyeztetését jelenti (a *glyphosate* hatóanyagra való egyéni érzékenység nagyon eltérő lehet), ami a Nébih forgalmi besorolásából következik. A hazai, az IARC és Cal EPA oldaláról rákkeltéssel gyanúsított növényvédő szerek engedélyokiratában (akkor a csomagolásán is) is meg kellene jelennie az IARC rákkeltési besorolásának, hiszen a permetezőket ez a tudás megilleti. Közkeletű hiba azt állítani, hogy az IARC rákkeltési veszélybesorolását tagadnák más világszervezetek. A US EPA, EFSA és ECHA csupán annak a véleményének ad hangot, hogy a jelenlegi környezetterhelés mellett a fogyasztók kockázati értéke alacsony szintű, tehát kockázatkezelési szempontból a veszélyeztettség állapota nem következik be.

Jelenleg az EU az utóbbi szempontok alapján jár el.

A fogyasztókat illető kockázatelemzés tehát a munkaegészségügytől eltérő másik terület. Mindezeket is figyelembe véve a *glyphosate* I-es kategóriába való forgalmi besorolása szerintünk esélyes, amely szigorú szakmai felügyelettel való használattal egyenértékű. A *glyphosate* állományszárításra való alkalmasságának érdekében kiterjedt szermaradék-vizsgálatok javasolhatók, amelyekben a leggyakoribb metabolitjának az AMPA-nak a megjelenését is tisztázni kell. Nagy valószínűséggel az efféle felhasználás tiltása elkerülhetetlen. Egy rendkívüli mértékben kiterjedten használt hatóanyag esetében egyébként a maximálisan szigorú hatósági kezelés javasolható, hiszen a mellékhatások valószínűsége – könnyen beláthatóan – nő.

A formálás azonosíthatósága céljából az Európai Unió 2021-ben már lépett. 2025-től kötelezően alkalmazni kell az UFI (*unique formula identifier*) kódot. Az UFI 16 karakterből álló kód, amelyet egyedi összetétel-azonosítónak (UFI) nevezhetünk. 2025. január 1-től az UFI megadása kötelező lesz minden egészségügyi veszély szempontjából besorolt termék címkéjén. A *glyphosate*-tartalmú készítményeket a veszélyesek közé kell sorolnunk, hiszen már legalább hat készítmény esetén találunk UFI-kódot (**4. táblázat**). Az UFI-kód létrehozásához szükséges ismeretek az ECHA toxikológiai központjának weboldalán érhetők el.

Szakirodalom

- Bohus P., Klátyik Sz., Székács A. és Darvas B. (2015): Kémiai adjuvánsok a mezőgazdaságban: detergensok a növényvédelemben és az állatgyógyászatban. *bioKontroll*, **6** (2), 44-56.
- Bolognesi, C., Bonatti, S., Degan, P., Galle-rani, E., Peluso, M., Rabboni, R., Roggieri, P. & Abbondandolo, A. (1997): Genotoxic activity of glyphosate and its technical formulation Roundup. *J. Agric. Food Chem.*,

Készítmény	Gyártó	Év	UFI kód
Fozát 480	Agro-Chemie	2023	HSR0-V96X-F00N-DX0P
Krypt 540	Barclay	2023	Y9PP-M17S-800H-YKY2
Nasa Neo	Agria	2022	AM00-A03N-H007-FFYV
Roundup Flex	Bayer	2023	WYU1-T0P0-D002-AADX
Roundup Provantage	Bayer	2023	WYU1-T0P0-D002-AADX
Roundup Ultimate	Bayer	2021	WYU1-T0P0-D002-AADX

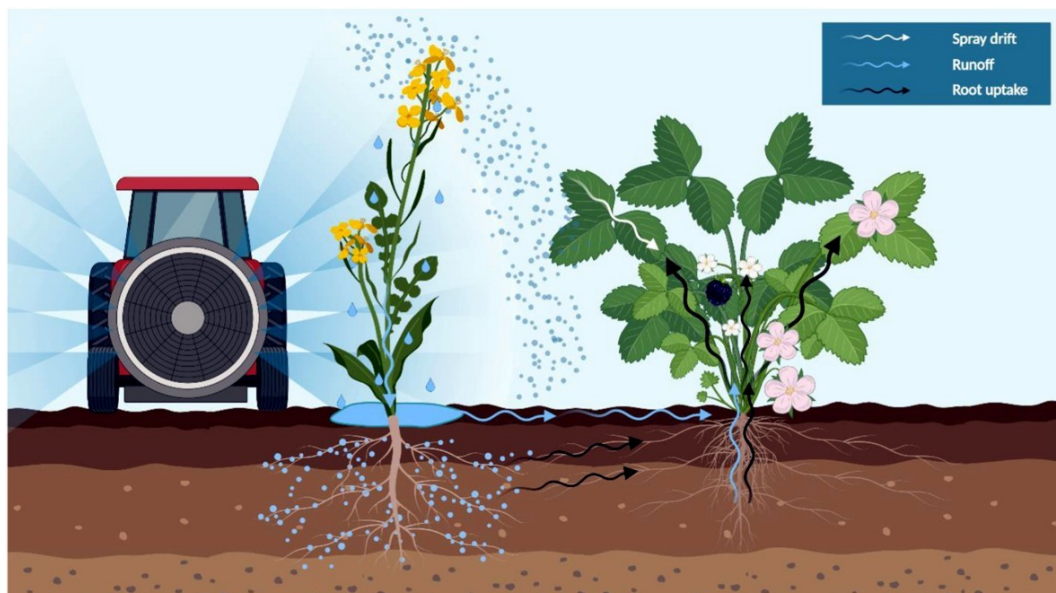
4.táblázat: Glyphosate-készítmények ismert UFI-kódjai

45, 1957-1962.

- Darvas B. (2023): A lítiumionakkumulátor-gyártás és ipari járulékaiknak környezetegészségügyi veszélyei. *Ökotoxikológia*, **5** (3-4), 4-30.
- Darvas B. és Székács A. (2018a): A glyphosate herbicid – №1. Alkalmazás és környezetanalitika. *Magyar Kémikusok Lapja*, **73**, 186-190.
- Darvas B. és Székács A. (2018b): A glyphosate – №2. Toxikológia és ökotoxikológia. *Magyar Kémikusok Lapja*, **73**, 244-248.
- Darvas B. és Székács A. (2018c): A glyphosate – №3. Viták az újraengedélyezés körül. *Magyar Kémikusok Lapja*, **73**, 273-278.
- Darvas B., Bohus P. és Székács A. (2023): A glyphosate alkalmazása állományszáritásra. *Ökotoxikológia*, **5** (2), 4-14.
- Defarge, N., Takács, E., Lozano, V., Mesnage, R., Spirooux de Vendômois, J., Séralini, G.-E. & Székács A. (2016): Co-Formulants in glyphosate-based herbicides disrupt aromatase activity in human cells below toxic levels. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, **13**, 264.
- Gémes, B., Takács, E., Székács, I., Horvath, R. & Székács, A. (2022a): Comparative assessment of the inhibitory potential of the herbicide glyphosate and its structural analogs on RGD-specific integrins using enzyme-linked immunosorbent assays. *Int. J. Mol. Sci.*, **23** (20), 12425.
- Gémes B., Klátyik Sz., Oláh M., Takács E., Gyurcsó G., Krifaton Cs., Darvas B. és Székács A. (2022b): Összegző áttekintés a glyphosate biokémiai és ökotoxikológiai hatásainak kimutatására végzett *in vitro* és *in vivo* vizsgálatainkról. *Ökotoxikológia*, **4** (3-4), 67-74.
- Hung, Y.-M. & Meier, K.H. (2005): Acute [®]Confidor (imidacloprid-N-methyl pyrrolidone) insecticides intoxication with mimicking cholinergic syndrome. *Toxicol. Industr. Health*, **21** (3-4)
- Klátyik Sz. (2015): A glyphosate hatóanyaghoz használt formálóanyagok ökotoxikológiai hatásai. *bioKontroll*, **6** (2), 67-74.
- Klátyik, Sz., Bohus, P., Darvas, B., Székács, A. (2017): Authorization and toxicity of veterinary drugs and plant protection products: residues of the active ingredients in food and feed and toxicity problems related to adjuvants. *Front. Vet. Sci.*, **4**, 146.
- Mesnage, R., Benbrook, C. & Antoniou, M.N. (2019): Insight into the confusion over surfactant co-formulants in glyphosate-based. *Food Chem. Toxicol.*, **128**, 137-145.
- Oláh M., Farkas E., Székács I., Horvath R., Klátyik Sz. és Székács A. (2022): A Roundup Classic gyomirtó szer és összetevői citotoxikus hatásainak vizsgálata. *Ökotoxikológia*, **4** (3-4), 54-60.
- Petrelli, G., Siepi, G., Miligi, L. & Vineis, P. (1993): Solvents in pesticides. *Scandinavian J. Work, Environ. Health*, **19**, 63-65.
- Serra, L., Estienne, A., Vasseur, C., Froment, P. & Dupont, J. (2021): Mechanisms of glyphosate and glyphosate-based herbicides action in female and male fertility in humans and animal models. *Cells*, **10** (11), 3079.
- Székács, A. & Darvas, B. (2012): Forty years with glyphosate. p. 247-284. In: *Herbicides – Properties, Synthesis and Control of Weeds*. (Hasaneen, M.N. Ed.) InTech, Rijeka.
- Székács, A. & Darvas, B. (2018): Re-registration challenges of glyphosate in the European Union. *Front. Environ. Sci.*, **6**, 78.
- Szekacs, I., Farkas, E., Gemes, B.L., Takacs, E., Szekacs, A., Horvath, R. (2018): Integrin targeting of glyphosate and its cell adhesion modulation effects on osteoblastic MC3T3-E1 cells revealed by label-free optical biosensing. *Sci. Rep.*, **8**, 17401.
- Tush, D. & Meyer, M.T. (2016): Polyoxyethylene tallow amine, a glyphosate formulation adjuvant: soil adsorption characteristics, degradation profile, and occurrence on selected soils from agricultural fields in Iowa, Illinois, Indiana, Kansas, Mississippi, and Missouri. *Environ. Sci. Technol.*, **50**, 5781-5789.
- Tush, D., Maksimowicz, M.M. & Meyer, M.T. (2018): Dissipation of polyoxyethylene tallow amine (POEA) and glyphosate in an agricultural field and their co-occurrence on streambed sediments. *Sci. Total Environ.*, **636**, 212-219.

A kézirat beérkezésének időpontja: 2023. október. 24.

A cikk hivatkozása - Bohus P., Székács A. és Darvas B. (2023): A *glyphosate* hatóanyag sóit tartalmazó készítmények formálásakor alkalmazott segédanyagok. *Ökotoxikológia*, **5** (3-4): 31-44.



A *glyphosate* transzlokációs útvonala a talajban, valamint a cél- és nem célzott növényfajokban [Zioga et al., 2022]

Bayer AG

33,67 € ↑ 9,62% +2,95 MAX

nov. 20., 12:11:46 UTC+1 · EUR · ETR · Felelősségkizárás

1 N 5 N 1 H 6 H YTD 1 É 5 É MAX



Bayer-részvény értéke

NGT kontra GMO – a tervezett Európai Unió szabályozás keretei

Darvas Béla,^a Gyurcsó Gergő^b és Székács András^{a,b}

^aMagyar Ökotoxikológiai Társaság, Budapest; ^bMATE KÖTI Agrár-környezettudományi Kutatóközpont, Gödöllő – bdarvas@bdarvas.hu

Az európai adatbázisban (EUGenius – 800 fölötti fajtacsoport) 53 GE (*genetically engineered*) jelzésű növény- és öt állatfajtát találunk, amelyek egyikének sincs engedélye az Európai Unióban. A GE keresőszóval egy kalapos gomba, 22 növény és öt állatfaj módosítását találjuk. Növényeknél 53 (kiemelhető a burgonya, kukorica, repce, rizs és szója), állatoknál öt fajtamódosítást jegyeztek be. Messzemenően indokoltnak tartjuk a géntechnológia húszéves haladását eddig ignoráló európai géntörvény korszerűsítését. Ugyanakkor egyáltalán nem tartjuk támogathatónak a jelölés, követés és elővigyázatossági rendszabályok (pl. izolációs távolság, együtt-termeszthetőség) törlését egyetlen esetben sem. A szóba kerülő új genomikai technikák még többségükben a géncsendesítés eseteire vonatkoznak.

Kulcsszavak: GMO, NGT, jelölés, követés, elővigyázatosság elve

NGT vs. GMO – framework for the proposed EU legislation

Béla Darvas,^a Gergő Gyurcsó^b & András Székács^{a,b}

^aHungarian Society of Ecotoxicology; ^bResearch Centre for Agricultural Environmental Sciences, Institute of Environmental Sciences, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Gödöllő – bdarvas@bdarvas.hu

The European database (EUGenius – enlisting over 800 variety groups) contains 53 GE (genetically engineered) plant varieties and five animal varieties, none of which are authorized in the European Union. The search term GE reveals modifications of a mushroom, 22 plant species, and five animal species. This corresponds to 53 modifications for crops (potato, maize, rapeseed, rice, and soybeans can be highlighted), and five modifications for animals. We consider it highly justified to modernize the European gene law, which has so far ignored twenty years of progress in genetic engineering. At the same time, we do not find the abolition of labeling, monitoring and precautionary measures (*e.g.*, isolation distance, co-existence) supportable at all in any case. Most of the emerging new genomic techniques are yet limited to cases of gene silencing.

Keywords: GMO, NGT, marking, tracking, precautionary principle

A géntechnológiai úton módosított (GMO-nak) minősített genetikai eseményt (GM-) fajtacsoportok gyakorlatát a faj- minényt (egyszeres és többszörös fajtatulajdonosok adatbázisa ([ISAAA](http://ISAAA.org)) csoportok) tartanak nyilván, de ezekből igen sok – különféle okok miatt – nem kapható. Az Európai Unió ezek genetikai úton módosított szervezetnek használatát a szabadkereskedelmi

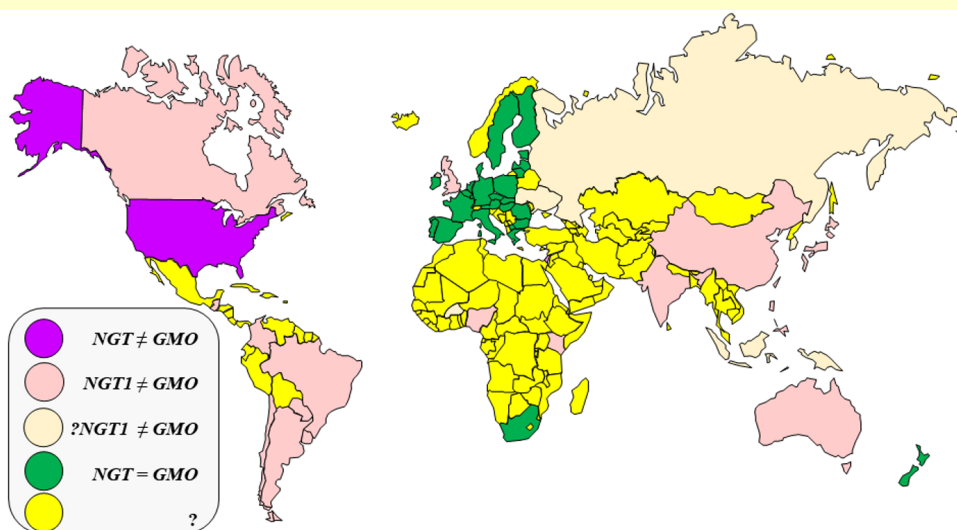
megállapodás miatt nem tilthatta, de vetésüket jelentősen megnehezítette. A tagországok többségében találunk nemzeti vetési moratóriumot, miközben a GM-szója (nagyreszt az amerikai kontinensről származó *glyphosate*-tűrő) szabadon behozható az Európai Unióba. Vagyis a nemzeti moratóriumok nem a GM-növények importját, hanem azok termesztését tiltják az érintett országokban – döntően környezetvédelmi (lásd fajtahibridképződés) és nemzeti önrendelkezési okokból [Darvas, 1997; Heszky, 2012].

Ma a szakirányú európai adatbázisban (*EUGinius* – 800 fölötti fajtacsoport) 53 GE (*genetically engineered*) jelzésű növény- és 5 állatfajtát találunk (további kulcsszavakkal továbbiak is mutatkoznak; az egyetemi adatbázis tehát legnagyobb igyekezete ellenére a keresés területén rejt hiányosságokat), amelyek egyikének sincs engedélye az Európai Unióban. Közöttük olyan növény- és állatfajok is vannak, amelyek Európa viszonyai között nem értelmezhetők (avokádó, banán, manioka, cukornád, narancs vs. gömbhal, vörös tengeri sügér stb.).

Az *EUGinius* adatbázisában GE

(*genetically engineered*) keresőszóval egy kalapos gomba, 22 növény- és öt állatfaj módosítását találjuk. Ez növényeknél 53 (kiemelhető a burgonya, kukorica, repce, rizs és szója), állatoknál öt fajtamódosításhoz köthető.

Egyáltalán, gyakorlati felhasználásra hány valóban termesztett/tenyésztett génszerkesztett fajtacsoport (*new genomic techniques* → NGT) elérhető? Csupán kettő látható terméknévvel. Ilyen az *SU Canola* gyomirtó-tűrő (ALS/AHAS – indukált mutáció) olajrepce (Cybus) és a *GreenVenus* (Intrexon) barnulás-gátolt (géncsendesítés) fejessaláta. Elég szerény gazdasági eredmény ez, és az átalakítás pontos módja szerintünk nem is kellőképpen dokumentált [Darvas *et al.* 2018a; 2018b]. Vagyis eddig az egyetemi próbálkozások ellenére is multinacionális szereplők kerülnek üzleti helyzetbe. Növényi géntechnológusok szerint ezért kellene könnyíteni az engedélyezést (túl sokba kerül a kifejlesztés), de mellékhatás-vizsgálók szerint az elírások nem könnyíthetők súlyos biztonsági megalkuvások nélkül. Az európai elővigyázatosság elve az efféle megoldásra alkalmat sem ad.



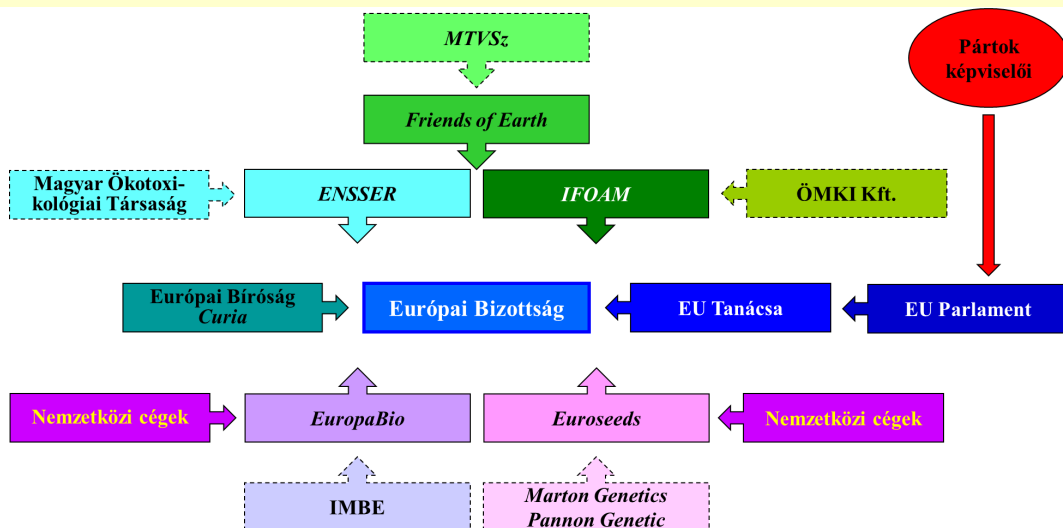
1.ábra: A GMO- és NGT-szabályozás megoldásai [Schmidt *et al.*, 2020; Sprink *et al.*, 2022] nyomán

A javaslat

Az Európai Bizottság kiszivárgott (2023. június) és megjelent (2023. július 5.) rendelettervezete szerint az új genomikai technika (NGT) megnevezést vezetik be bizonyos géntechnológiai technológiák gyűjtőfogalmaként (**1. ábra**). E technikák célja a DNS pontosabb megváltoztatása, mint a régi módszerekkel, azáltal, hogy a változásokat a genom előre meghatározott *locus*-aira irányítják. Ezek közül a technológiák közül a legjelentősebb és legnépszerűbb a *Crispr/Cas9*. Az NGT1 kategória a rendelettervezet szerint egyenértékűnek tekintendő a hagyományosan nemesített növényekkel, és a továbbiakban nem igényelne előzetes eseti kockázatértékelést. Elegendő lenne, ha a gyártók értesítenék az illetékes nemzeti hatóságokat. Ez magában foglalhatja a benyújtott infor-

mációk bizalmas kezelésére vonatkozó kérést. Nincs szükség a termék GMO-ként való nyilvános címkézésére. Csak a vetőmagon kell feltüntetni az *új genomikai technika 1. kategória* címkét, és a nyilvántartás felsorolja az NGT1-ként elfogadott növényeket. Nincs szükség a GMO egyedi azonosítójára, sem a tulajdonság és esetleges keresztezésének nyomon követésére szolgáló egyéb módszerre.

Messzemenően indokoltnak tartjuk a géntechnológia hűszéves haladását eddig ignoráló európai géntörvény korszerűsítését. Ugyanakkor egyáltalán nem tartjuk támogathatónak a jelölés, követés és elővigyázatossági rendszabályok (pl. izolációs távolság, együtt-termeszthetőség) törlését egyetlen esetben sem. Az eddig szóba került NGT-k még többségében a gén-csendesítés eseteire vonatkoznak.



2. ábra: Az európai géntörvény módosításának nemzetközi és hazai (szaggatott vonal) főszereplői

Ellenzés (ENSSER, FoEE és IFOAM)

* A társadalmi és környezeti ügyekben az elővigyázatosság elvének rendelkefelelős kutatók (*European Network of Scientists for Social and Environmental Responsibility*, ENSSER) meglátásai (2023. július) szerint az Európai Bizottság javaslata tudományos szem-

pontból elfogadhatatlan, megszünteti az elővigyázatosság elvének rendelkezéseit, és veszélyezteti a lakosságot és a környezetet. A kritikus tudományos szakértelmet és az azt alátámasztó tudományos bizonyítékokat teljes mértékben figyelmen kívül hagyja. A

javaslat kizárólag az állami és magántulajdonú biotechnológiai ágazat iránymutatásait és állításait követi, ezért egyoldalúnak minősíthető (**2. ábra**). A javaslat komoly eltérést jelent a tényeken alapuló tudományos eredményektől és kockázatértékeléstől, valamint az elővigyázatosság elvétől. Azokat az új géntechnológiai módosítási technológiákat (és alkalmazásaikat), amelyeket évek óta nem próbáltak ki, nem teszteltek valós szabadföldi körülmények között, és amelyeket szisztematikusan nem értékelték az egészségre és a környezetre gyakorolt hatásuk szempontjából, meghatározásuknál fogva nem mentesíteni, hanem éppen szigorúan szabályozni kell és nyomon követni. Az ENSSER-állásfoglalás előfutáraként, 2022 októberében 103 nemzetközi tudományos szakértő aláírásával született meg az a petíció, amely leszögezte, hogy a génszerkesztés nem *precíziós nemesítés*, és az ilyen megnevezése félrevezető. Az állásfoglalás az Egyesült Királyságban a genomszerkesztett szervezeteknek a géntechnológiai szabályozás alól történő kivonására indított Európai Unió jogi kezdeményezés parlamenti vitáját megelőzően mutatott rá arra, hogy a genomszerkesztés sem nem *precíziós*, sem nem *nemesítés*, és a *precíziós nemesítés* megnevezést a technológia népszerűsítésére hozták létre, ám a név megtéveszti a törvényhozókat.

* A természetvédelem (*Friend of Earth Europe*) ellenvetései (2022. december) szerint Európa ismét jelentős válaszúthoz érkezett a géntechnológiával módosított növények (új GMO-k) új generációja által vezérelt intenzív mezőgazdaság és a valóban fenntartható gazdálkodási rendszerekre való áttérés között. 2023 tavaszán az Európai Bizottság javaslatot tett a korszerű GMO-technikákkal – többek között a

Crispr/Cas9 módszerrel – létrehozott növényekre vonatkozó biztonsági és címkézési akadályok megszüntetésére. A FoEE arra a következtetésre jutott, hogy az új GMO-k elterelik a figyelmet az élelmiszerbiztonság és a természet helyreállításának valódi megoldásaitól: az ökológiai gazdálkodásról. Az új GMO-k piacvezetője a Corteva, a Syngenta, a Bayer/Monsanto. Az ipar egyre hangosabban követeli az új GMO-k kivételét a jelenlegi biztonsági és címkézési szabályozásból. Ez lehetővé tenné számukra, hogy végre belépjenek az EU élelmiszerpiacára, és eladják GM-élelmiszereiket olyan fogyasztóknak, akik választási lehetőség esetén nem vásárolnák meg azokat. Európa régóta ellenáll a GM-termékeknek, míg több mint 60 GMO EU-ba történő behozatala engedélyezett, a szupermarketek a 2000-es évek eleje óta fokozatosan megszüntették azok forgalmazását. Szerintük nincs érdeklődő vásárló. A GM-szója és GM-kukorica vásárlására azonban az európai takarmánygyártók olcsó ár esetén vevők.

A hazai élelmiszerpiac a hatóságaink szerint nem forgalmaz GM-élelmiszereket. Nálunk működik a GMO-mentes (pl. tej, tojás, hús) jelölés, ami nem támasztható alá műszeres mérésekkel, csak takarmányozási dokumentációval. Mint kereskedelmi fogás teljesen abszurd fogalomról van szó. A termesztők és kereskedők ábrándot értékesítenek.

* Markáns ellenzést olvashatunk a biotermesztőktől (IFOAM) (2023. július), amelyben az *International Federation of Organic Agriculture Movement (IFOAM) Europe* úgy véli, hogy az »új genomikai technikák« (NGT-k) deregulációjára irányuló bizottsági javaslat elhibázott, az európai vetőmagok autonómiájára nézve veszélyes, és elvonja a figyelmet a mezőgazdaság fenn-

tarthatóság felé történő elmozdulásához szükséges agroökológiai megoldásokról. Az ökológiai mozgalom sürgeti az európai parlamenti képviselőket és a kormányokat, hogy tegyenek lépéseket a gazdálkodók és a fogyasztók azon szabadságának védelme érdekében, hogy ne használjanak vagy vásároljanak géntechnológiával előállított termékeket, és akadályozzák meg a genetikai erőforrások szabadalmak révén történő monopolizálását. A fogyasztók tudni akarják, hogyan állítják elő az élelmiszereiket, és elvárják, hogy az ökológiai termelés génmódosítás nélkül történjen. A fenntarthatóság szempontjából az ökológiai mezőgazdaság élen jár abban, hogy mezőgazdasági rendszereinket olyan gyakorlatokra állítsuk át, amelyek jót tesznek a biológiai sokféleségnek és a bolygó állapotának. Mozgalmunk sikere a fogyasztók bizalmától függ, és az összes GMO nyomon követhetősége és címkézése elengedhetetlen az ökológiai piac és az ökológiai termékek hírnevének védelméhez. Az ökológiai mozgalom felszólítja az európai parlamenti képviselőket és a tagállamokat, hogy gondoskodjanak arról, hogy a kockázateértékelés, a nyomon követhetőség és a fogyasztói címkézés elveit minden GMO-ra alkalmazzák, beleértve a gén-szerkesztésből származó növényeket is.

Idegenbeporzó növényeknél reménytelen az együtt-termesztés (koegzisztencia), hiszen a biotermesztés akkor kiszolgáltatott helyzetbe kerülne. Gazdasági érdekből is érthető hát, hogy a biotermesztők a legerősebb és legkitartóbb ellenzők. Új technológia elvileg nem akadályozhatja meg egy korábbi technológia gyakorlatban maradását, ha a termékére vásárlói kereslet mutatkozik. E tekintetben, főként a növényvédő szerekben való folyamatossá vált csalogódás miatt a biotermesztés

érvei felé hajlik most a mérleg nyelve.

Üdvözlés (*EuropaBio* és *Euroseeds*)

* Az európai géntechnológiai lobb (*EuropaBio*) örömmel látja az első lépéseket a géntechnológiával módosított jogi keretrendszer korszerűsítése felé, és kéri a mikroorganizmusokra való kiterjesztését. Szerintük egy tudományos alapú keretrendszer inkább a kifejlesztett termékeket venné figyelembe, mint a kifejlesztésükhöz használt eljárásokat (a géntechnológusok szerint az Egyesült Államok szabályozása erre halad), különösen akkor, ha a terméket természetes úton vagy a technikák bármely kombinációjával is el lehetett volna érni. Ez a következetes és bizonyítékokon alapuló megközelítés hosszú távú szabályozási biztonságot nyújtana az ipar számára, valamint jobb globális harmonizációt eredményezne.

* A vetőmagosok (*Euroseeds*) véleménye (2023. július) szerint az NGT-kre vonatkozó első javaslat az, hogy a célzott mutagenézis és ciszogenezis módszerekből származó növényeket különböztessék meg a több mint két évtizeddel ezelőtt szabályozott transzgenikus GMO-termékektől. A növényi termékek két konkrét kategóriáját határozza meg, amelyek mindegyike kiigazított szabályozási követelményekkel és engedélyezési eljárásokkal rendelkezne. Ebben az esetben a *hagyományos-szerű*, NGT1 kategóriába tartozó növények, azok, amelyek korábbi nemesítési módszerekből is származhattak vagy természetes mutációként is fellelhetők. Az *Euroseeds* kijelentette, hogy még mindig látnak néhány következtetlenséget a javaslatban, amelyek, úgy tűnik, elválasztják a *hagyományos-szerű* NGT növényeket a *hagyományos nemesítésből* származó növényektől. Ezek a következtetlenségek magukban foglalják például az

NGT-ből származó növények ökológiai gazdálkodásban való felhasználásának tilalmát és a vetőmagzsákok címkézésére vonatkozó egyedi követelményt. Szerintünk húsz évvel ezelőtt is megbukott retorika az, amivel az Euroseed vezetői a növényi technológiában próbálkoznak. Ez az arrogancia újrateremtheti majd a fogyasztók ellenállását, és maga ellen fordítja a teljes bioágazatot és a vele rokonszenvedő környezetbarát mezőgazdasági termelés képviselőit. Szerintük ez a lekezelő stílus az, ahogyan nem szabad kommunikálni a mezőgazdasági géntechnológia oldalán! Hihetetlen lenne, ha a fajtatulajdonosok elhallgathatnák az előállítás technológiáját, a kimutatás lehetőségét, és eltöröltetnék a címkézést. Az európai fogyasztó örendelkezési joga sérülne így. Ugyanakkor kétségtelen igazság, hogy a géntechnológiában dolgozók céljai jelentős változásokat hozhatnak a jövőre nézve. Példa erre a kukoricatermesztés jövője, a *glyphosate*-tűrő GM-szója használata az Európai Unióban. A mikrobiológiai géntechnológia a gyógyszerészet területén már áttörte ezt a fogyasztói gátat. Az ellenzés tehát nem lehet dogmatikus, csak esetről esetre eltérően megítélhető. Ezen a területen a mezőgazdaságban dolgozó géntechnológusoknak minden európai országban elmulasztották a türelmes és kellően segítő szándékú ismeretterjesztést.

Hazai vélemények

Az európai GMO-lobbi magyar képviselői még a vita indulása után egy év tizeddel is ott tartottak, hogy a hazai növényi géntechnológusok alkalmasak az egyedüli értékitételre, bár magyar fajtajelöltet felmutatni máig nem tudtak (kísérleti célú módosítások ismeretek, amelyek a fajtajelöltséget sem érték el, ennek gazdasági menedzselésére a magyar állam egyértelműen nem

képes), és mellékhatás-vizsgálatokat (környezeti és takarmányozási) nem végeztek. Téves állítás a részükről azt mondani, hogy a szárazságtűrő kukorica vetésére Magyarország nem adott engedélyt, ugyanis azt nem hazánk, hanem az Európai Unió nem adta ki. A Monsanto (ma Bayer) MON-87460-4 kódszámú, Genuity DroughtGard nevű kukoricájáról volt szó, amely csak Kanadában (2010), az Egyesült Államokban (2011) és Japánban (2012) kapott vetési engedélyt. Az Európai Unió 2015-ben engedélyezte az élelmiszerekbe és tápokba való keverését. A Monsanto saját adatai szerint vízhiányos helyeken 7-12%-kal adott több termést, tehát egyáltalán nem olyan átütő sikerű, széleskörűen elterjedt transzgenikus fajtáról van szó, mint ahogyan az elhangzott a beharangozóban. Ez a GM-fajta sem aszálytűrő (az ugyanis többgénes tulajdonság [Oberschall *et al.*, 2000; Martignago *et al.*, 2020], és máig csak félmegoldások léteznek), csak a szárazságot valamilyen jobban bírja a közel izogenikus anyavonalnál. Súlyos tévedés az európai versenyképesség romlásával előhozakodni is, ahol a fogyasztók a módosítást hátrányaként értelmezhetik.

Mérlegelés

Korántsem könnyű dolog mérleget készíteni az előzmények után, mert egészen világos a számunkra, hogy ha 2000-ben azt mondtuk, hogy az akkori növényi géntechnológia félkész termékeket állít elő (random visz be fajidegen géneket), akkor ma azt kell mondanunk, hogy ez még most sincs másként, bár a pontosság jelentősen fokozódott. Nem körvonalazódtak még megsüvegelhető fajtajelöltek/fajták, nincs európai áttörésre képes fajtacsoport.

Ne gondoljuk azonban azt, hogy a hagyományos nemesítés minden fajtája jó irányba halad, hiszen a *piacosság*

(termésmennyiség és kinézet) a legfontosabb szempont. A beltartalommal és az ízekkel komoly bajok vannak. Kérvő példája ennek a paradicsom, de a mai péksütemények és kenyerek minőségét is említhetjük, amelyek mélyen alatta vannak azoknak, ami a hajdani búzafajtákból voltak készíthetők. Ezen a területen is a biogazdálkodás fajtái nyernek.

Ma már nem csak transzgenikus szervezetek léteznek, de a géncsendesítés is előre tört, melyben nem szerepel új

bevitt gén. Egy gén kiütése azonban beltartalmi módosulásokkal is együtt járhat. Ki emlékszik már a lényegi azonosság elvének indoklására? A saját gén bevitele még mindig pontatlan lehet, mint ahogyan a kópiaszám is kérdéses. A **3. ábra** összegzi a vitafókuszokat, és az tűnik ki, hogy meghatározó erejű a növényi géntechnológiát érő kritika jogossága. Ma az *Agrobacterium*-technológiával előállított fajtacsoportok dominálnak még a világpiacon.

Támogató állítások	2000		2020		Kritikai állítások
	<i>Agrobacterium</i>	Génpuska	Crispr/Cas	Egyéb	
csúcstechnológia					genetikai barkácsolás
pontos technológia					pontatlan technológia
gyors eljárás					átlagos gyorsaságú eljárás
éhezés megoldása					nincs fajta
klimaváltság kezelése					nincs fajta
több vitamin	1				piaca limitált
egészséges olajok	2				piaca limitált
sütésbiztos	2				piaca limitált
nem barnuló	5		?		1 piaca limitált
szárazságtűrő	2	1	?		részleges szárazságtűrés
vírusrezisztens	7	2	?		jó cél
baktérium-rezisztens			?		nincs termék
gomba-rezisztens	2		?		nincs termék
rovarellenálló	25	9			fehérjetoxin a táplálékban
fonálféreg-ellenálló					nincs fajta
gyomirtó-tűrő	37	17	?		4 környezetszennyező
himsteril	6	2			kockázatos
nincs környezeti hatás					intraspecifikus hibridek
nincs egészségügyi hatás					közvetett egészségügyi hatások
nincs gazdasági hatás					nemzetgazdaságok elszegényítése

3. ábra: Pro-GMO és GM-kritikus állítások (lila → pro-GMO; zöld → GM-kritikus; világoskék → döntés még korai lenne)

A célon való kritikus gondolkodás hiánya ma is jellemzi a növényi géntechnológia vezetőit (**1-2. táblázatok**). Szerintünk még ritkán találják meg a lényeges kitörési pontokat (**4. ábra**). Illetve, ha a kutatók találnak is ilyet, akkor a nemzetközi cégeknek nem éri meg kifejleszteni és a piacra bevezetni, mert kicsi a piac. Számukra az éri meg, ha valamely bejáratott, de lejárt szabadalmú termékük (pl. *glyphosate*) kereskedelmi túlélése van így biztosítva a vetőmag technológiai díjához illesztett felhasználási szerződéssel,

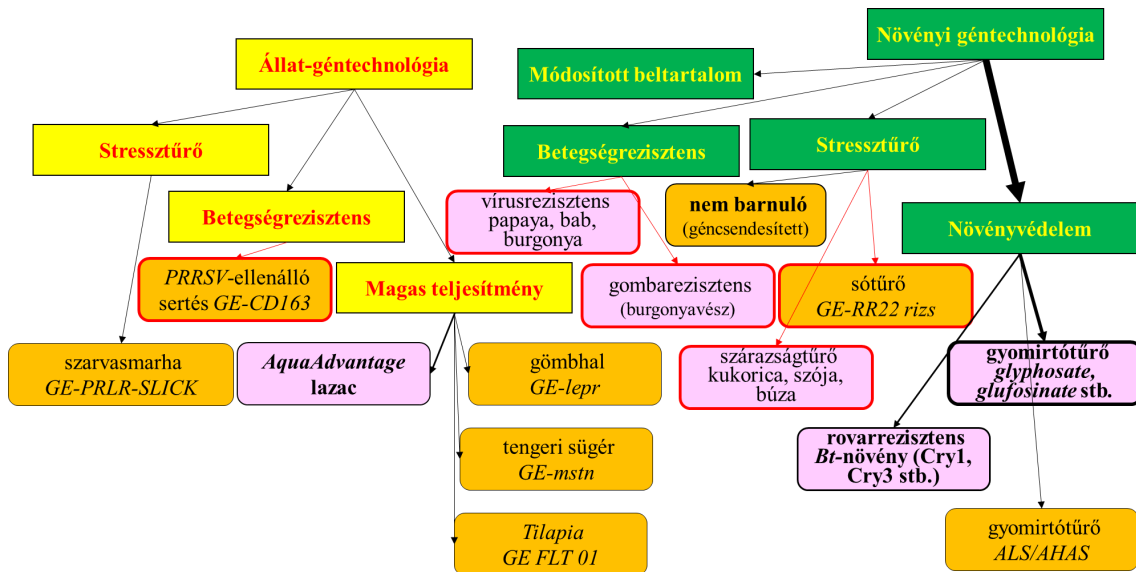
ami a gyomirtó vásárlásának helyét (itt Bayer) is meghatározza. Ezzel a technológiával egy új, a korábbiaknál erőteljesebb jövedelemeltérítés valósítható. A vetőmag viszont napjainkban valóban stratégiai termék. Ezek az előnytelen kereskedelmi viszonyok tartják távol kezdetektől az Európai Unió mezőgazdasági adminisztrációját a vetések engedélyezéstől. A WTO miatt teljes körűen tiltani ugyan nem tudnak, de a vetések engedélyezése olyan szigorú, hogy máig csak a *MON 810* kukorica vette azt sikerrel.

Faj	GE	Módszer	Cél
<i>Agaricus bisporus</i>	GE-PPO mushroom	CRISPR/Cas9	Barnuláslássítás
<i>Brassica juncea</i>	GE-Low pungency mustard	CRISPR/Cas12a	Ízmódosítás
	GE-WRKY70 rapeseed	CRISPR/Cas	<i>Sclerotinia</i> -ellenállóság
	GE-CP1	CRISPR/Cas9	Hüvelýtörés-ellenállóság
	GE-CLB1	ODM	Imidazolinone-tűrés
<i>Brassica napus</i>	5715	ODM	Sulfonilurea/imidazolinone-tűrés
<i>Camelina sativa</i>	GE-BADC <i>Camelina</i>	CRISPR/Cas9	Módosított zsírsavak
<i>Citrus sinensis</i>	GE-LOB1 orange	CRISPR/Cas9	<i>Xanthomonas citri</i> subsp. <i>citri</i> -ellenállóság
<i>Epichloe coenophiala</i>	GE-EAS1/EAS2 <i>Epichloe coenophiala</i>	CRISPR/Cas	Ergotalkaloid-mentesség
	GE-ALS1 soybean	CRISPR/Cas9	ALS/AHAS gátló tolerancia
	GE-drought tolerant soybean	CRISPR/Cas9, <i>Agrobacterium</i>	Aszálytűrés
	GE-HO-0 soybean	CRISPR/Cas9	Módosított zsírsavak
	GE-DGAT1B soybean	CRISPR/Cas	Módosított zsírsavak
	GE-FAD3KO soybean	TALEN	Módosított zsírsavak
	GE-FAD2KO soybean	TALEN	Módosított zsírsavak
<i>Glycine max</i>	Low-raffinose soybean	CRISPR/Cas9, <i>Agrobacterium</i>	Módosított cukortartalom, glyphosate-tűrés
<i>Hordeum vulgare</i>	GE-NUD barley	CRISPR/Cas	Héj nélküli szemtermés
	GE-GGP2 lettuce	CRISPR/Cas9	Barnuláslássítás, oxidatív stressz-tűrés
<i>Lactuca sativa</i>	GE-PPO lettuce	Nem ismert	Barnuláslássítás
<i>Manihot esculenta</i>	GE-eIF4E cassava	CRISPR/Cas9	Cassava-vírus ellenállóság
<i>Musa acuminata</i>	GE-Reduced browning banana	CRISPR/Cas9, <i>Agrobacterium</i>	Barnuláslássítás
<i>Musa ssp.</i>	GE-eBSV banana	CRISPR/Cas9	Banán-vírus ellenállóság
<i>Nicotiana tabacum</i>	GE-BBL tobacco	Meganukleáz	Nikotin-csökkentés
	GE-ting	TALEN	Baktérium ellenállóság
	GE-OsALS-R	TALEN	ALS/AHAS gátló tolerancia
	GE-sweetrice	CRISPR/Cas	<i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i> -ellenállóság
<i>Oryza sativa</i>	GE-PT4 rice	CRISPR/Cas9	Arzénfelvétel-csökkentés
<i>Oryza sativa</i> cv. <i>japonica</i>	GE-RR22 rice	CRISPR/Cas9	Sótűrés
<i>Persea americana</i>	GE-Low PPO avocado	CRISPR/Cas9	Barnuláslássítás
	GE-Flex II sugar cane	CRISPR/Cas9	Cukortartalom módosítás
<i>Saccharum sp.</i>	GE-Flex I sugar cane	CRISPR/Cas9	Sejtfal merevség módosítás
<i>Setaria viridis</i>	GE-193-31	CRISPR/Cas9	Érés- vagy virágzásmódosítás
	GE-J2 tomato	CRISPR/Cas	Termés elhullajtás csökkentés
	GE-high GABA tomato	CRISPR/Cas9	Gamma-aminovajsav tartalom növelés
<i>Solanum lycopersicum</i>	GE-SP-SP5G-SIER tomato	CRISPR/Cas9	Hajtásszerkezet-módosítás
	GE-Low PPO potato	CRISPR/Cas9	Fekete foltosodás csökkentés
	GE-COIL potato	CRISPR/Cas9	Sótűrés, burgonya Y vírus ellenállóság
	GE-PPO2 potato	CRISPR/Cas	Barnuláslássítás
	GE-PPO potato	TALEN	Termékmínőség-módosítás
	GE-Vinv potato	TALEN	Termékmínőség-módosítás
	GE-GBSS potato	CRISPR/Cas9	Amilóz/amilopektin arány
<i>Solanum tuberosum</i>	GE-Low PPO5 potato	TALEN	Fekete foltosodás csökkentés
<i>Thlaspi arvense</i>	GE-FAE1 pennycress	CRISPR/Cas9	Módosított zsírsavak
	GE-Qsd1 wheat	CRISPR/Cas9, <i>Agrobacterium</i>	Magnyugvás-módosítás
<i>Triticum aestivum</i>	GE-MLO KO wheat	TALEN	Lisztharmat-ellenállóság
<i>Vitis vinifera</i>	GE-WRKY52 grape	CRISPR/Cas	<i>Botrytis cinerea</i> -ellenállóság
	GE-ZFN-12 maize	ZFN	Fitátsökkentés
	GE-M28 maize	CRISPR/Cas9	Növekedés- vagy hozamfokozás
	GE-ZmCCT9 KO	CRISPR/Cas9	Érés- vagy virágzásmódosítás
	GE-GWD maize	Meganukleáz	Keményítőtartalom módosítás
	GE-FEA3-2 maize	CRISPR/Cas9	Növekedés- vagy hozamfokozás
	GE-CRISPR-Cas waxy corn	CRISPR/Cas9	Amilóz/amilopektin arány
	NLB18 maize	CRISPR/Cas	Északi levélfoltosság ellenállóság
<i>Zea mays</i>	BHB Hi-yield maize	Meganukleáz	Növekedés- vagy hozamfokozás

1.táblázat: Génszerkesztéssel előállított haszonnövény-választék az *EUginus* szerint

Faj	GE	Módszer	Cél
<i>Bos taurus</i>	GE-PRLR-SLICK cattle	CRISPR/Cas9	Hideg- és melegtűrés
<i>Pagrus major</i>	GE-mstn red sea bream	CRISPR/Cas9	Növekedéstim- vagy hozamfokozás
<i>Sus scrofa domesticus</i>	GE-CD163 pig	CRISPR/Cas9	PRRSV-ellenállóság
<i>Takifugu rubripes</i>	GE-lepr tiger pufferfish	CRISPR/Cas9	Növekedéstim- vagy hozamfokozás
<i>Tilapia sp.</i>	GE-FLT 01 <i>Tilapia</i>	CRISPR/Cas9	Növekedéstim- vagy hozamfokozás

2.táblázat: Génszerkesztéssel előállított haszonállat-választék az *EUginus* szerint



4. ábra: A mezőgazdasági géntechnológia mai céljai és találatai (lila mezőszín → GMO; drapp mezőszín → NGT; piros szegélyszínnel kiemelt célok a

A politikusoknak a szabadalmi viszonyok rendezését kellene megoldaniuk. A hagyományosan nemesített fajtákban megmutatkozó genetikai tartalom sokkal magasabb értékű, mint amit a géntechnológiai hozzá képes adni, vagyis a konkrét fajtában mutatkozó genetikai tartalomnak kellene többségi tulajdonjogi arányt élvezni. A jelenlegi egyoldalúan megállapított technológiadíj súlyos akadály az európai terjedést illetően. Megoldása nélkül nem fog menni, csak tartós nemzeti érdeksérelmekkel. Ezen túlmenően pedig csak az önbeporzóknál és a vegetatív szaporításúaknál (zárt technológiáknál) látunk jelenleg esélyt. Idegenbeporzókkal való kibocsátások logikusan csak az önbeporzókkal végzett évtizedes termelői tapasztalatok után következhet. A fajtakincsünk genetikai tartalmának megőrzése minden korok tudósainak súlyos felelőssége.

Szakirodalmi lista

Darvas B. (1997): A genetikailag módosított élelőszervezetek kibocsátásának környezeti kockázatai. Fenntartható Fejlődési Bizottság, Budapest. ISBN 963 03 4418 1

Darvas B. és Gyurcsó G. (2020): Géntechnoló-

giai eljárással módosított növények az Európai Unióban. *Ökotoxikológia*, **2** (1), 4-19.

Darvas B., Gyurcsó G., Takács E. és Székács A. (2018a): Mezőgazdasági géntechnológia – №1 Transzgenikus szervezetek. *bioKontroll*, **9** (1), 19-35.

Darvas B., Gyurcsó G., Takács E. és Székács A. (2018b): Mezőgazdasági géntechnológia – №2 Genomszerkesztés és gécnsendesítés (GEO és GSO). *bioKontroll*, **9** (2), 4-27.

Heszky L. (2012): A transzgenikus (GM) fajták termesztésbiztonsági kockázatai (1): gén-áramlás, génmegszökés, koegzisztencia. *Agrofórum*, **23** (9), 66-70.

Martignago, D., Rico-Medina, A., Blasco-Escámez, D., Fontanet-Manzaneeque, J.B. & Caño-Delgado, A.I. (2020): Drought resistance by engineering plant tissue-specific responses. *Front. Plant Sci.*, **10**, 2019.

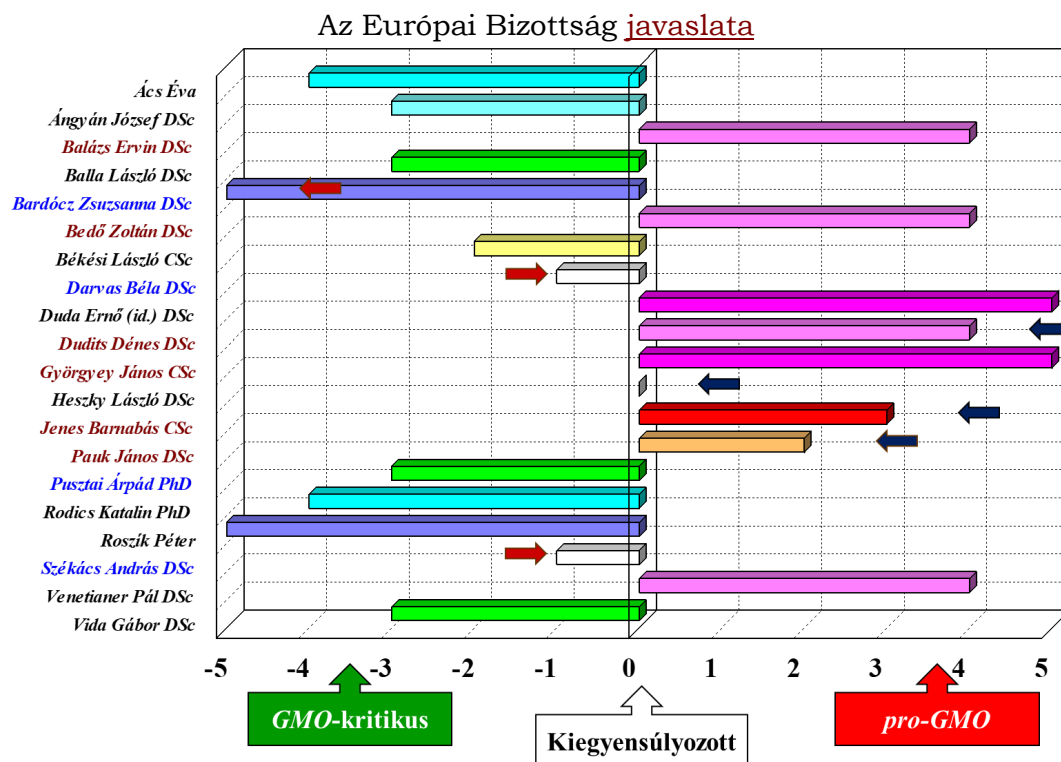
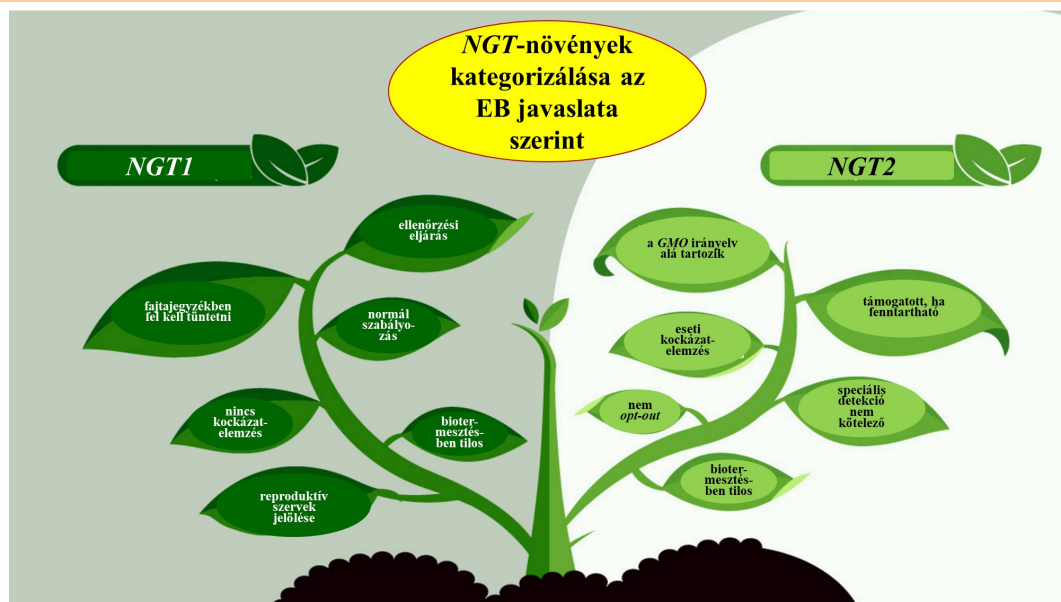
Oberschall, A., Deák, M., Török, K., Sass, L., Vass, I., Kovács, I., Fehér, A., Dudits, D. & Horváth, G.V. (2000): A novel aldose/aldehyde reductase protects transgenic plants against lipid peroxidation under chemical and drought stresses. *Plant J.*, **24** (4), 437-446.

Schmidt, S.M., Belisle, M. & Frommer, W.B. (2020): The evolving landscape around genome editing in agriculture. *EMBO Reports*, **21**: e50680

Sprink, T., Wilhelm, R. & Hartung, F. (2022): Genome editing around the globe: An update on policies and perceptions. *Plant Physiology*, **90** (3), 1579-1587.

A kézirat beérkezésének időpontja: 2023. október. 24.

A cikk hivatkozása - Darvas B., Gyurcsó G. és Darvas B. (2023): NGT kont-ra GMO – a tervezett Európai Unió szabályozás keretei. *Ökotoxikológia*, 5 (3-4): 45-54.



A 2000-2010 közötti GMO-vita véleményvezérei és álláspontjaik (színes betűszínnel azok a nevek vannak kiemelve, akik dolgoztak GM-növényekkel – barna: géntechnológusok/nemesítők; kék – mellékhatás-kutatók)

XIII. ÖKOTOXIKOLÓGIAI KONFERENCIA, MATE SZERVER
2023. NOVEMBER 24.

Főszervező

MAGYAR ÖKOTOXIKOLÓGIAI TÁRSASÁG

Csenki –Bakos Zsolt, Darvas Béla és Klátyik Szandra

Házigazda

MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

Székács András és Csenki-Bakos Zsolt

Társszervezők

BALATONI LIMNOLÓGIAI KUTATÓINTÉZET

Pirger Zsolt

A konferencia elnökei

Bakonyi Gábor és Székács András

*

Az összefoglalók bírálói

Bakonyi Gábor, Csenki-Bakos Zsolt, Darvas Béla és Székács András

A MÖTT honlapkezelője

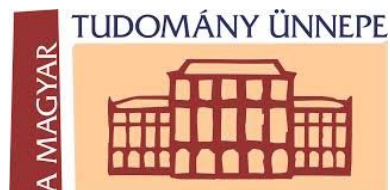
Varga L. György

Az *Ökotoxikológia* 5 számának főszerkesztője

Darvas Béla

Az *Ökotoxikológia* 5 (4) különszámának vendégfőszerkesztője

Székács András



Zebradánióembriók fenotípusát értékelő automatizált rendszer használata vegyületek hatásmód szerinti csoportosítására

Bock Illés,^a Szabó István,^a Urbányi Béla,^a Kriszt Balázs,^a Stefan Scholz,^b Jan Sonnevile^c és Csenki-Bakos Zsolt^a

E8

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Környezettoxikológia Tanszék, Gödöllő; ^bHemholtz Környezetkutatási Központ, Bioanalitikai Ökotoxikológia Csoport, Leipzig, Németország; ^cLife Science Methods BV, Leiden, Hollandia – bock.illes@uni-mate.hu

A zebradánióembrió-modell alkalmazása lehetővé teszi a különböző toxikológiai végpontok, többek között a mortalitás, a fejlődési rendellenességek és a szívritmus nem invazív módon történő, nagy kapacitású vizsgálatát. A vegyületek csoportosítása a fenotípusos hatás mintázatuk alapján újszerű módszer a vegyületek ún. toxikológiai *ujjlenyomatának* meghatározására és felhasználására. Ezen módszer alapját az a hipotézis képezi, hogy ismert hatású vegyületeket, zebradánió embrió akut toxicitási teszttel meghatározott fenotípus-mintázatuk alapján, hatásmódcsoportokba tudunk rendezni (pl. retinsavszintézis-gátlók, COX-inhibitorok, pajzsmirigyhormonszintézis-gátlók). Ezután az ismeretlen hatású vegyületek vagy környezeti minták ugyanezen módon meghatározott fenotípus-mintázatát a már meghatározott csoportokhoz hasonlítva megállapíthatjuk az ismeretlen vegyület/minta hatásmódját, és ezáltal ökotoxikológiai kockázatait. Így lehetőségünk nyílik olyan egységes minősítési rendszert kidolgozni, amely lehetővé teszi a vegyületek kvantitatív fenotípus-értékelésén alapuló gyors toxikológiai szűrővizsgálatát.

Annak érdekében, hogy ilyen fenotípus-mintázatokat azonosítani tudjunk, elengedhetetlen, hogy a fenotípusok értékelése elfogulatlan és automatizált módon történjen. Az automatizált képalkotási és képelemzési ruti-

nok fejlődésével ma már lehetőségünk nyílik a fenotípus-mintázatok elfogulatlan és kvantitatív értékelésére. A módszer alapját automatizált képalkotó berendezés képezi (*Automated Imaging Robot* – Automatizált Képalkotó Robot, *Life Science Methods*, Hollandia), amely képes a különböző fejlődési állapotú zebradánió-embriókról laterális és dorzális nézetű nagy felbontású fénykép- és videófelvételket készíteni, előre beprogramozott, egységes módon. A felvételek elemzése ezután szoftverrel történik (*FishInspector 1.7*, Hemholtz Környezetkutatási Központ, Németország), amely a fényképeken automatikusan koordinátákat rendel az egyes morfológiai elemekhez (pl. szem, gerinchúr, perikardium, úszóhólyag). Az ezeken a koordinátákon alapuló – nagyjából 70 db különböző – mérőszámot (hossz- és területértékek, szögek) ezután a kontroll fenotípustól való eltérés és a hatáskoncentrációk kiszámítására használjuk. A számítás alapját az ún. küszöbérték-alapú koncentráció-válasz statisztikai elemzés képezi, mely során az egyes fenotípusos végpontok statisztikai eloszlását a kontroll eloszlásához hasonlítjuk. 1,5-szörös küszöbértéket alkalmazva kiválasztjuk azokat a végpontokat, ahol a kontrolltól való eltérés eléri ezt a küszöbértéket, majd a kiválasztott végpontokra effektív koncentrációértékeket számolunk.

Az effektív koncentrációértékek összessége képezi ezután az adott vizsgált vegyület fenotípusos hatásmintázatát. Ezeket a mintázatokat felhasználva lehetőségünk nyílik ismeretlen vegyületek vagy környezeti minták hatásmódjának azonosítására csupán az

akut zebradánióembrió-toxicitási tesztben mutatott fenotípus mintázata alapján.

Kulcsszavak: Bock Illés, Szabó István, Urbányi Béla, Kriszt Balázs, Stefan Scholz, Jan Sonnevile és Csenki-Bakos Zsolt zebradánió, fenotipizálás, hatásmódvizsgálat, automatizált képalkotás

A glyphosate hatóanyag sóit tartalmazó készítmények formálásakor alkalmazott segédanyagok

Bohus Péter, Székács András és Darvas Béla

P1

Ökotoxikológia, 5 (3-4), 31-44.

A lítiumionakkumulátor-gyártás és ipari járulékoknak környezetegészségügyi veszélyei

Darvas Béla

E5

Ökotoxikológia, 5 (3-4), 5-30.

Véralvadásgátlók, szerteágazó hatásuk az ökoszisztémákban és gyártásuk a 2007-es EU-tiltás után

P2

Darvas Béla

Magyar Ökotoxikológiai Társaság; bdarvas@bdarvas.hu

A hazai egészségügyi rágcsálóirtásban a véralvadásgátlók használatát engedélyezték, és némelyik még ma is kapható: *brodifacoum* (pl. Brocum, Broditop, Kilrat Plus), *bromadiolone* (pl. Agrorat, Biotoll Ratimor, Lanirat, Muribrom, Protect, Ratata, Ratex, Rattidion), *coumatetralyl* (pl. Racumin Foam), *difenacoum* (pl. Raco, Ratkill, Razzia), *difethialone* (pl. Generation Pat) és *flocoumafen* (pl. Storm). A chlorofacinone és a *warfarin* Magyarországon is visszavonásra került.

A növényvédőszer-adatbázisban mezeipocok-irtásra egyetlen véralvadásgátló hatóanyag, a chlorofacinone hatóanyagú Redentin 75 RB van feltüntetve azzal, hogy engedélye 2008. január 31-ig érvényes. A Pocok Tox nevű készítmény nem szerepel az adatbázis-

ban. Hol található akkor, ha sem az irtószer-, sem a növényvédőszer-adatbázisban nincs nyoma? Miféle növényvédelmi készítményengedély az, amely hatóanyagának nincs EU-engedélye? A felsorolt hatóanyagok mindegyike erősen mérgező akut és krónikus tesztekben. A reprodukcióra gyakorolt negatív hatásuk kiemelkedő, vagyis a velük kapcsolatos kockázat az ember vonatkozásában olyan jelentős, hogy az Európai Vegyianyagügynökség (ECHA) 2014-es ülésén valamennyi véralvadásgátláson alapuló rágcsálóirtót súlyos kritikával illette.

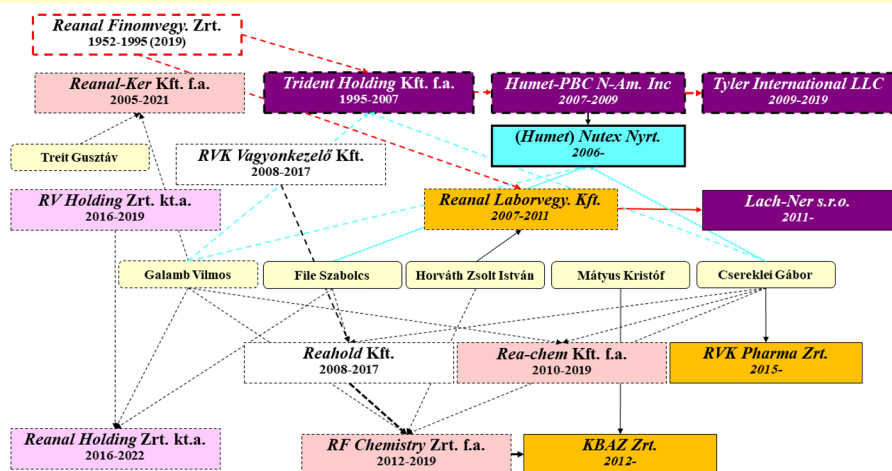
2005 és 2010 között Spanyolországban az 1800 kivizsgált vadpusztulási esetnek ~21%-a volt véralvadásgátló hatóanyagokhoz köthető. Ez meglehetősen magas szám, vagyis indokolt a

vadgazdálkodás kiemelt felügyelete és igényeinek súlypontos mérlegetése. A hazai természetvédelmi kritika sem maradt el.

2007-ben az Európai Unió betiltotta a véralvadásgátló *chlorophacinone* hatóanyag használatát. A mérgezés az egész táplálékhálón át terjedő. A mérgezett pocok fogyasztása mérgezést vált ki a ragadozóknak is.

A gyártást eredetileg az 1952-ben alapított Reanal Finomvegyszergyár Zrt.-

ben 2005-ig folytatták, a gyártelepet 2007-ben be is zárták. 1995-ben a Reanal részvényeit először a *Trident Holding Kft.* vette meg, majd az a *Humet-PBC Noth-America Inc.* tulajdoni többségébe került, mely két év múlva eladta a *Tyler International LLC*-nek. Seregnyi utódcég jött létre közben (ábra), amelyeknek többsége rövid életű volt. A *Humet Nyrt.* 2010-ben működési profilt váltott, és eltűnt a szemünk elől.



Nem telt el év, hogy betiltása után a véralvadásgátló pocokirtó használatára ki ne adtak volna hazai engedélyt. Gradációs években ~1700 tonna Redentin is fogyott. Ez azt jelzi, hogy mező pocok kártételét illetően technológiai hiányosság esete áll fent, hiszen 16 éve tart ez a nem támogatott gyakorlat. Az eltérő nevű készítmények, a Redentin 75 RB, a Redentin 75 RB New, Pocok Tox és a Pocok Tox Max ugyanazt az összetételt takarják. Gyártásuk és felhasználásuk is megkérdőjelezhető.

Amíg a hatóanyag-engedélyezés szigorú EU-s szabályok mentén zajlik, a készítményengedélyezés és az ún. szükséghelyzeti engedélyezés nemzeti hatáskörbe tartozik. A Redentin 75 RB eredetileg a Reanal terméke volt, de 2005-től a Móraagro Kft. végezte a bérgyártást. A Nébih adatbázisa sze-

rint 2008-ban a Redentin 75 RB engedélye lejárt. A benne lévő chlorofacinone 2009-től nem használható az EU-ban. Úgy tűnik, az utolsó pillanatban kaphatott nemzeti hosszabbítást, de az adatbázisba ez nem került fel. Nálunk – úgy tűnik – szükséghelyzeti felhasználásra is lehet készítményt engedélyezni.

Számomra talányos, hogy állami pályázati támogatással, amit az EU társfinanszíroz, a Móraagro Kft. hogyan hozhatott létre olyan létesítményt, amiben olyasmit gyártanak, amit az EU engedélyezése 16 éve nem támogat. Kik lehettek a 2022-es fejlesztésnek a pályázati bírálói, akik ezt EU-támogatásra méltónak találták? Megnevezte-e konkrétan a pályázó számukra a pontos célját? Nekem úgy tűnik, hogy csak egy raktár felépítése volt a cél. A Móraagro Kft. egyébként

igen sikeres pályázó a hazai rendszerben, hiszen 2015-től nyolc *Ginop*-pályázatot is nyert.

Kulcsszavak: Darvas Béla, mezei pocok, *chlorophacinone*, Redentin 75 RB, Pocok Tox, Móraagro Kft.

NGT kontra GMO – a tervezett Európai Unió szabályozás keretei

Darvas Béla, Gyurcsó Gergő és Székács András

Ökotoxikológia, 5 (3-4), 45-54.

P3

Pszichoaktív gyógyszermaradványok indukálta egyed- és sejtszintű változások a nagy mocsári csigában (*Lymnaea stagnalis*)

Fodor István, Svigruha Réka, Molnár Éva, Kiss Tibor és Pirger Zsolt

E10

HUN-REN Balatoni Limnológiai Kutatóintézet, Ökofiziológiai és Környezettoxikológiai Kutatócsoport, Tihany – fodor.istvan@blki.hu

A mezőgazdasági, ipari és rekreációs rendszeri folyamatait befolyásolják, tevékenységek során közvetlenül, míg jelen vizsgálatban az ökotoxikológiai a háztartási tevékenységek során a tisztított szennyvízzel közvetve számos gyógyszermaradvány (valamint azok anyagcsere- és bomlástermékei) aktív formában kerülnek a felszíni vizekbe. Így például a pszichoaktív gyógyszerek maradványainak jelenléte az ökoszisztémákban napjainkban kiemelt figyelmet kap, mivel e vegyületek potenciálisan befolyásolhatják a különböző vízi gerinctelen és gerinces állatok életfolyamatait. Korábban a Balaton és a Zala vízgyűjtőin néhány ng/l – µg/l koncentrációtartományban mutatunk ki különböző pszichoaktív gyógyszer-szennyezéseket. A szennyezési koncentrációk megismerése után az élőlényekre gyakorolt lehetséges hosszútávú hatásait, a balatoni ökoszisztémát is jellemző gerinctelen vízi állatokon vizsgáljuk.

Mivel ezek a felszíni vizekbe bejutó pszichoaktív hatóanyagok elsődlegesen a nem célzott vízi állatok ideg-

rendszeri folyamatait befolyásolják, teszteljük az OECD által is javasolt modellállatot, a nagy mocsári csigát (*Lymnaea stagnalis*) használtuk. A *L. stagnalis* a gerincesekhez hasonló viselkedési mintázatokat mutat, valamint az ezeknek a kialakításáért felelős idegrendszeri folyamatok alapvetően nem különböznek a gerincesektől. Az említett idegi folyamatok a nagy mocsári csigában – idegrendszerük egyszerűbb felépítése okán – több szempontból könnyebben vizsgálhatók, mint a gerinces szervezetekben.³ Azokra a kérdésekre keressük a választ, hogy a Balatonban kimutatott pszichoaktív hatóanyagok (*carbamazepine*, *citalopram*, *tramadol*) milyen hatással vannak a *L. stagnalis* viselkedési mintázataira, valamint az azok kialakításáért felelős idegrendszeri folyamatokra.

A saját tenyésztésből származó felnőtt állatokat (3-4 hónap, n=20 állat/csoport) kontrollált laboratóriumi kö-

rülmények között 21 napig (krónikus kitettség) kezeltük a három hatóanyaggal külön-külön, illetve keverékben, környezeti szempontból releváns 1 µg/l koncentrációban.

Kimutattuk, hogy a *carbamazepine*-és a *tramadol*-kezelés hatására szignifikánsan lecsökken a mozgási aktivitás és a tanulási képesség. A *citalopram* vagy a hatóanyagok keveréke nem okozott szignifikáns változást egyik viselkedési mintázatban sem. Azonosítottuk a gerinces GABA_A-receptor-alegységek homológ szekvenciáit, és kimutattuk, hogy expresszálnak a teljes központi idegrendszerben (CNS), valamint a 'táplálkozástanulási' hálózat koordinátoros szerotonerg idegsejtjében (CGC). Elektrofiziológiai vizsgálatokkal kimutattuk, hogy a *carbamazepine* blokkolja a tanulásban szerepet játszó Na⁺-csatorna működését a CGC-ben. Azonosítottuk

a gerinces szerotonin-transzporter-fehérje homológját, és kimutattuk, hogy expresszálnodik a CNS-ben és a CGC-ben egyaránt. Nagyműszeres analitikai (HPLC-MS) módszerrel megállapítottuk, hogy a *tramadol*-kezelés során nem változik a szerotonin mennyisége a CNS-ben, így feltételezzük, hogy a *tramadol* a szerotonin visszavételének folyamatát befolyásolja. Eredményeink rávilágítottak arra, hogy a pszichoaktív hatóanyagok képesek befolyásolni a vízi élőlények életfolyamatait már a környezetben előforduló koncentrációban is, és így fitneszcsökkenéshez, valamint az ökoszisztéma változásához vezethetnek.

Köszönetnyilvánítás: Nemzeti Agykutatási Program (NAP2022-I-10/2022), Bolyai János Kutatási Ösztöndíj (BO/00646/21/8)

Kulcsszavak: Fodor István, Svigruha Réka, Molnár Éva, Kiss Tibor, Pirger Zsolt, *carbamazepine*, *citalopram*, *tramadol*, szerotonin, *Lymnaea stagnalis*

¹Majumder et al. (2019) *Environ. Res.*, **176**, [108542](#).; González-González et al. (2022) *Sci. Total. Environ.*, **821**, [153329](#).; Anand et al. (2022) *Environ. Chem. Lett.*, **20**, [3883-3904](#).

²Maász et al. (2019) *Sci. Total Environ.*, **677**, [545-555](#).; Molnár et al. (2020) *Environ. Sci. Pollut. Res.*, **28**, [59233-59243](#).

³Fodor et al. (2020) *eLife*, **9**, [e56962](#).; Benjamin & Kemenes (2013) *Scholarpedia*, **8**, [11520](#).

A glyphosate és szerkezeti analógjai gátló hatásának vizsgálata RGD-specifikus integrineken ELISA módszer alkalmazásával

E2

Gémes Borbála,^a Takács Eszter,^a Székács Inna,^b Horváth Róbert^b és Székács András^a

^aAgrár-környezettudományi Kutatóközpont, Környezettudományi Intézet, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő; ^bNanobioszenzorika Laboratórium, Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet, Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest; – gemes.borbala.leticia@uni-mate.hu

Az integrinek α- és β-alegységből felépülő transzmembrán fehérjék, melyek jelátviteli útvonalak részeként döntő szerepet játszanak a biokémiai folyamatokban, elsősorban is a sejtletapadás indukálásában, a sejtek közötti kommunikációban, végső soron a sejtek önszerveződésében és a programozott sejthalálban. Működésük meg-

zavarása – gátlásuk vagy aktiválásuk – abnormális élettani funkciókhoz vezethet. Eltérő szerkezetüktől függően a sejtfelszínen az extracelluláris mátrixból (ECM) különböző fehérjéket köthetnek meg (egyet vagy többet, esetenként átfedésben egymással), és olyan kulcsfontosságú sejtelettani folyamatok során van közvetítő szere-

pük, mint a sejtek túlélése, proliferációja, motilitása és differenciálódása. Korábbi vizsgálatainkban kimutattuk a *glyphosate* gyomirtószer-hatóanyag sejtletapadásra gyakorolt gátló hatását, valamint integrinantagonista hatását $\alpha\text{v}\beta 3$ integrinen. Utóbbi irányt követve vizsgálatainkat kiterjesztettük a hatóanyag metabolitjaira és szerkezeti analógjaira, valamint bevontunk további három, arginin-glicin-aszparaginsav (RGD) szekvenciát felismerő integrint is ($\alpha\text{v}\beta 3$, $\alpha 5\beta 1$ és $\alpha\text{ll}\beta 3$). Célunk az volt, hogy felmérjük, mennyire kiterjedt a *glyphosate* $\alpha\text{v}\beta 3$ -integrinre gyakorolt gátló hatása a többi RGD-specifikus integrinre és a *glyphosate* egyéb, szerkezetileg vagy metabolikusan rokon származékára nézve. A korábban kialakított, módosított enzimjelzéses immunoassay (ELISA) rendszer átalakításával teszteltük a *glyphosate* (izopropil-ammónium-só formájában), az amino-metil-foszfonsav (AMPA), a szarkozin, az acetilglicin, a glicin, az imino-diecetsav és az acetil-*glyphosate* lehetséges gátló hatását $\alpha\text{v}\beta 3$ -integrin esetén RGD-tartalmú szintetikus polimerhez, illetve saját, ECM-ben található fehérjéhez (*vitronectin*), $\alpha 5\beta 1$ -integrin esetén RGD-tartalmú szintetikus polimerhez, valamint $\alpha\text{ll}\beta 3$ -integrin esetében saját, ECM-ben található fehérjéhez (fibrinogén) való kötődésre. A gátlókat 0,1 μM – 22 mM koncentrációtartományban alkalmaztuk. A *glyphosate* és az AMPA teljes gátlást gyakorolt az $\alpha\text{v}\beta 3$ RGD-szekvenciához való kötődésre, *vitronectin*-hez való kötődése esetén azonban az előbbi a legmagasabb koncentrációban is 50% alatti és utóbbi is csak 75%-os gátlást okozott.

Ugyancsak teljes gátlást ért el az acetilglicin az $\alpha 5\beta 1$ RGD-szekvenciához való kötődése esetén.

A korábbi¹ és jelen vizsgálataink között lényeges különbség, hogy míg a gátló hatást korábban a sejtben működő, aktivált integrineken igazoltuk, a jelen tanulmány rávilágított, hogy az effektus az itt alkalmazott, izolált integrinfehérjén is megfigyelhető. Emellett kimutattuk, hogy a hatóanyag integringátló hatása meglehetősen szerkezet-specifikus: a fő metabolit, az AMPA esetén is megfigyelhető, ugyanakkor távolabbi szerkezeti analógok esetén nem lép fel. A *glyphosate* és az AMPA gátló hatása az – elsősorban a vérerek *endothelium*-sejtjeiben, a csontszövetek lebontásáért felelős *osteoclast*-sejtekben, egyes immunsejtekben, valamint bizonyos tumorsejtekben jelen levő – $\alpha\text{v}\beta 3$ -integrinre gátolhatja ezen sejtek letapadását és ezen keresztül differenciálódását és más életfolyamatait. Ez kedvezőtlen lehet a sejtek szerveződésére és apoptikus viselkedésére, ami akár malignus következményekkel is járhat a programozott sejthalál egyensúlyának felborulásában.

Köszönetnyilvánítás: Munkánkat az NKFIH Kooperációs Doktori Ösztöndíja (KDP-2020) (G.B. és Sz.A.), a Nemzeti Versenyképeségi és Kiválóság Program (a TKP2021-NVA-22 és KKP 129936 projektek) és a TKP2021-EGA-04 program, valamint az ITM (KEHOP-3.2.1-15-2021-00037 projekt) és a MTA (Lendület Program) (H.R.) támogatták. Székács András a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kutatási Kiválósági Programjának ösztöndíjasa (MATE-KKP-2023).

Kulcsszavak: Gémes Borbála, Takács Eszter, Székács Inna, Horváth Róbert, Székács András, integrin, *glyphosate*, AMPA, acetilglicin, ELISA, apoptózis, tumorsejtek

¹Szekacs *et al.* (2018) *Scientific Reports*, **8**, [17401](#).

²Gémes *et al.* (2022) *Int. J. Mol. Sci.*, **23** (20), [12425](#).



Szennyezőanyagok mikroműanyagokon történő adszorpciójának indirekt vizsgálata ökotoxikológiai tesztekkel

P4

Göbölös Balázs, Szabó István, Szoboszlai Sándor, Kaszab Edit, Tóth Gergő, Harkai Péter, Kriszt Balázs és Háhn Judit

MATE, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Gödöllő – gobolos.balazs@uni-mate.hu

Mikroműanyagoknak (MP) azon polimer-szemcséket nevezzük, melyeknek átmérője 100 nm és 5000 μm között van. Élő szervezetekre gyakorolt közvetlen hatásaikon kívül különböző, felületükön adszorbeálódó szennyező anyagok vektoraiként is szolgálhatnak. Az MP-k felületén történő adszorpciót számos tényező befolyásolja, mint például a szemcse anyagi minősége, mérete, fajlagos felülete, a közeg pH-ja, hőmérséklete, sókoncentrációja, szervesanyag-tartalma, illetve az adszorbeálódó vegyület kiindulási koncentrációja. Kutatásunk során a *dodine* (DOD) gombaölő (az almatermésűek, csonthéjasok kezelésére alkalmazott főbb fungicid hatóanyagok egyike, mely vízi környezetre nagyon magas akut és krónikus toxicitással bír) és a 17-béta-ösztradiol (E2) hormon három mikroműanyag (poliészter – PES 20x3000 μm szál, polipropilén – PP, 22x1600 μm szál, polietilén – PE, 350 μm gömb) felületén történő adszorpcióját indirekt módon vizsgáltuk ökotoxikológiai módszerekkel. Három különböző beállítást készítettünk: a DOD-t (20 mg/l koncentrációban), az MP-t (10 g/l), valamint a DOD-t MP-vel együtt 2 m/m%-os NaCl-oldatban fénytől elzárva 160 rpm-en rázattuk 25 $\pm$ 2°C-on 168 órán keresztül. **Ezt követően** 0,22 μm pórusátmérőjű szűrőn átszűrtük a MP-k leválasztása érdekében. Az E2 esetében desztillált vízzel állítottuk össze az adszorpció kísérleteket 1 mg/l E2 végkoncentrációban az előzőekben leírt beállítások-

ban. A DOD-t tartalmazó oldatok toxicitását krónikus *Aliivibrio fischeri* (AVF) biolumineszcencia-gátlási teszttel (10 és 15 órás kontaktidőnél), valamint *Saccharomyces cerevisiae*-n alapuló BLYR bioriporterrel vizsgáltuk. Az E2-t tartalmazó oldatok ösztrogénhatását az élesztőalapú BLYES bioriporterrel vizsgáltuk. A csak MP-ből készült oldatokat az elvégzett tesztek során kontrollként alkalmaztuk a belőlük potenciálisan kioldódó additív vagy polimerizációt segítő anyagok zavaró hatásának kizárására. Az MP-t és vegyületet együttesen tartalmazó oldatok szűrleteinek hatását a vegyületek MP-mentesen kezelt oldatainak hatásaihoz viszonyítottuk. A hatóanyagot és MP-t is tartalmazó oldatok hatását százalékos formában fejeztük ki, ahol a 100% a csak hatóanyagot tartalmazó oldat hatása azonos hígítási fok mellett. A 25 órás AVF teszt esetében 10 és 15 órás kontaktidőnél a csak DOD-t tartalmazó oldat volt a legtoxikusabb, ettől a PE + DOD és PP + DOD toxicitása nem tért el szignifikánsan egyik kontaktidőnél sem. A PES + DOD gátlása szignifikáns mértékben ($p < 0,05$) 40 (10 óra) és 50%-kal (15 óra) maradt el a DOD-tól. A BLYR tesztszervezet esetén a csak DOD-t tartalmazó oldat mellett a PP + DOD gátolta legnagyobb mértékben a fénykibocsátást, a PE + DOD gátlása 13%-kal, míg a PES + DOD fénykibocsátásgátlása 68%-kal volt alacsonyabb ($p < 0,05$). A BLYES tesztszervezettel végzett kísérletek során mindhárom

MP + E2 beállításból származó oldat fénykibocsátás-serkentése szignifikánsan ($p < 0,05$) elmaradt az E2-oldattól. A PP + E2 oldat 21,5%-kal a PE + E2-oldat 22%-kal, míg a PES + E2-oldat fénykibocsátása 40%-kal maradt el a pozitív kontrollétól, az ösztrogénhatás csökkenését jelezve. Eredményeink alapján indirekt ökotoxikológiai módszerekkel detektálni

tudtuk, hogy mindegyik MP felületén képes volt adszorbeálódni az E2, illetve a PES felületén a DOD.

Köszönetnyilvánítás: Munkánkat a TKP2021-NVA-22 és a 2020-1.1.2-PIACI-KFI-2021-00239 projektek, valamint az ÚNKP-23-3-I-MATE-14 támogatta.

Kulcsszavak: Göbölös Balázs, Szabó István, Szoboszlai Sándor, Kaszab Edit, Tóth Gergő, Harkai Péter, Kriszt Balázs, Háhn Judit, mikroműanyag, poliészter, polipropilén, polietilén, 17-béta-ösztadiol, *dodine*

¹Jakubowska et al. (2022) *Sci. Total Environ.* **808**, [151909](#).

²Wang et al. (2022) *Chemosphere* **307** (1), [135561](#).

³Razanajatovo et al. (2018) *Mar. Pollut. Bull.* **136**, [516-523](#).

A glyphosate ökotoxikológiai megítélése az elmúlt évtized eredményei alapján

E1

Kláttyik Szandra,^a Simon Gergely,^b Oláh Marianna,^a Takács Eszter,^a Robin Mesnage,^c Michael Antoniou,^c Johann G. Zaller^d és Székács András^a

^aMATE KÖTI Agrár-környezettudományi Kutatóközpont, Gödöllő; ^bPesticide Action Network Europe, Brüsszel, Belgium; ^cKing's College London Department of Medical and Molecular Genetics, London, Egyesült Királyság; ^dUniversity of Natural Resources and Life Sciences Vienna, Department of Integrative Biology and Biodiversity Research, Bécs, Ausztria – klattyik.szandra@uni-mate.hu

A világszinten legnagyobb mennyiségben felhasznált gyomirtó hatóanyag, a *glyphosate* felszíni vizekben és talajokban való megjelenése mára globálisan tapasztalható jelenséggé vált. A kijuttatott készítmények az aktív hatóanyagon kívül egyéb adalékanyagokat (pl. formázóanyagok, festékanyagok, riasztóanyagok) is tartalmaznak. Az Európai Unióban a környezeti kockázatértékelés során a figyelem elsősorban az aktív hatóanyag toxicitásának vizsgálatára összpontosul, ezzel szemben valós környezeti körülmények között a különböző szervezetek a komplex formázott készítmény hatásainak vannak kitéve.

A *glyphosate* és formázott készítményeinek (pl. Roundup herbicidek) számos nem kívánt káros mellékhatását figyelték meg különböző nem célzott,

szárazföldi és vízi szervezeten. A tudományos eredmények a biokémiai és élettani hatásmódok, valamint a káros hatások széles skáláját mutatták ki a vizsgált nem célszervezetek esetében. A megfigyelt változások bizonyos esetekben már igen alacsony, néhány mg/l vizsgálati koncentrációknál is tapasztalhatók. Ráadásul jelentős különbségek mutatkoznak a vizsgált szervezetek érzékenységeiben, még akár az azonos taxonba tartozó fajok esetében is. A megfigyelt hatások egyik kiváltó mechanizmusa az oxidatív stressz, ami változásokat idézhet elő különböző biokémiai paraméterekben, illetve DNS-károsodást is eredményezhet. Továbbá, zavarok figyelhetők meg egyes élettani, viselkedési és ökológiai folyamatokban is. A legtöbb tanulmány azonban csak a rövidtávú

hatásokat vizsgálja, egyetlen expozíciót követően, egy adott tesztstruktúrában. A mezőgazdasági alkalmazás során ezzel szemben egy termesztési időszak alatt akár két-három alkalommal is sor kerül a *glyphosate* kijuttatására, akár hosszú időn keresztül, esetleg más egyéb növényvédőszer-készítmény egyidejű használata mellett. A *glyphosate* hatóanyagú herbicidek esetében, a formázott készítmény toxicitása sok esetben meghaladja a hatóanyag önálló toxicitását. Ez az eredmény bizonyítja a korábban hatástalan összetevőként azonosított formázóanyagok toxikus hatásait, illetve a hatóanyaggal együttes kombinált hatások kialakulását. A formázott készítményekben előforduló lehetséges szennyeződések (pl. nehézfémek) további környezeti és élelmiszerbiztonsági kockázatokat jelentenek.

Az ökotoxikológiai vizsgálatok eredményei alátámasztják, hogy a jövőben

szükség van a kockázatértékelési rendszer revíziójára, beleértve az adalékanyagok szigorúbb szabályozását, illetve a toxikus interakciók kimutatását célzó irányelvek kidolgozását. A biodiverzitás globális csökkenését (beporzók, kételtűek, nagy emlősök stb.) figyelembe véve, a *glyphosate*-tartalmú készítmények fokozódó felhasználása olyan jelentős mértékben növeli a kitettséget és a kockázatokat, ami ökológiai szempontból nem tekinthető fenntarthatónak, így legalább a felhasználás szigorítása (pl. állományszárítás) elkerülhetetlen.

Köszönetnyilvánítás: A munkát az NVKP TKP2021-NVA-22 projektje támogatta. Székács András és Klátyik Szandra a MATE Kutatási Kiválósági Programjának ösztöndíjasai.

Kulcsszavak: Klátyik Szandra, Simon Gerely, Oláh Marianna, Takács Eszter, Robin Mesnage, Michael Antoniou, Johann G. Zaller, Székács András, *glyphosate*, formázóanyag, kombinált toxicitás

¹Klátyik et al. (2023) *Environ. Sci. Eur.*, **35**: 51.

²Klátyik et al. (2023) *Environ. Sci. Eur.*, submitted

Környezet-állat-interakciók a Netpoulsafe projekt keretében

Kovács-Weber Mária,^a Jóźwiak Ákos Bernard,^b Szabó Tünde Rubina,^a Süth Miklós,^b Könyves László,^c Kovács Levente,^a Mezőszentgyörgyi Dávid,^a Takács Eszter,^d Székács András^d és Kovács László^c

^aMATE Állattenyésztési Tudományok Intézet, Állattenyésztés-technológiai és Állatjóléti Tanszék, Gödöllő; ^bÁllatorvostudományi Egyetem, Digitális Élelmiszertudományi Tanszék, Budapest;

^cÁllatorvostudományi Egyetem, Állathigiéniai, Állomány-egészségtani Tanszék és Mobilklinika, Budapest, ^dMATE, Környezettudományi Intézet, Agrár-

környezettudományi Kutatóközpont, Gödöllő – kovacs-weber.maria@uni-mate.hu

P5

A globalizáció, a technológiai fejlődés és a Föld népességének folyamatos növekedése mellett a biobiztonság is egyre központibb szerepet tölt be az életünkben. Az orvostudományban a higiénia, mint fogalom és gyakorlati tudás, már az ókori görögök idejében is jelen volt. Az állathigiénia az állatorvostudományban pedig az állatok

tartásával, termelésével függ össze. Állathigiénia és járványvédelem egymással szorosan összefüggő fogalmak. Míg a járványvédelem kimondottan a kórokozók terjedésének, állattartó üzembe való bejutásának, szétterjedésének és az üzemből történő kijutásának megakadályozásával foglalkozik, addig az állathigiénia a tartási körü-

ményeket, azok állatokra gyakorolt hatásait, azaz az állat-környezet-kölcsönhatások aspektusát vizsgálja. A telephigiénát szolgáló legjobb járványvédelmi gyakorlatok Európa-szerte ismertek a baromfiszektor szereplői között, ám előfordulhat, hogy akár az állattartók, akár más ágazati szereplők (pl. állatszállítás, állatrakodások, vakcinázó brigádok stb.) nem kellően tartják be a járványvédelmi előírásokat.

Ezen tanulmányban hét európai országból, összesen 192 baromfitelep vezetője bevonásával születtek meg a telepi járványvédelmi intézkedések betartására, illetve be nem tartására vonatkozó kutatási eredmények. Minden országból kiválasztásra kerültek úgynevezett *pilot* farmok, ahol kifejlesztett járványvédelmi felmérő rendszerrel megvizsgálták a szerzők a vizsgálatba bevont nagylétszámú baromfitelek járványvédelmi szintjét, így a külső és belső járványvédelmet. A vizsgálatba Magyarországról – ahol a legveszélyesebb járványos baromfibe-tegségek a madárinfluenza (a *Netpoulsafe* pályázat elsőrendű életre hívója), valamint a *Salmonella*- vagy *Camylobacter*-fertőzések – összesen 27 *pilot* farm került bevonásra, ezek közül 7 tenyészbarmfi-, 7 brojlercsirke-, 4 árutojótyúk-, 4 kacsá-, illetve 5 pulykatelep volt.

Az üzemplátogatások során begyűjtött adatok, elvégzett vizsgálatok alapján kijelenthető, hogy hazai viszonylatban a tenyésztelepek járványvédelmi állapota van a legmagasabb szinten, mind

a külső (83-91%), mind a belső (78-92%) járványvédelmet illetően. A felmérésben a legalacsonyabb értékeket a pulykatelepek külső (35-40%) és belső (48-80%) járványvédelme, illetve a kacsatelepek külső (66-71%) és belső (62-75%) járványvédelmi felmérése adta. A brojlercsirke-, illetve árutojótelepek biológiai biztonsági szintje a vizsgálat alapján a tenyészbaromfi-üzemek, illetve a kacsá- és pulykatelepek járványvédelme között helyezkedett el (rendre külső és belső járványvédelem: brojlercsirketelepek: 61-88% és 41-83%, árutojótyúk-telepek: 69-78% és 57-87%). A hazai eredmények azt mutatják, hogy bizonyos telepek a baromfítartó üzem külső járványvédelmét erősítik, míg mások esetében a telep belső járványvédelmi rendszere működik jobb hatékonysággal. Fontos feladatot határoz meg ez az eredmény, mely szerint akár szaktanácsokkal, képzésekkel, esetleg állami támogatásokkal, hatósági támogató intézkedésekkel szükséges a járványvédelemben lemaradó egységeket felzárkóztatni annak érdekében, hogy a baromfitermelés helyzete járványvédelmi szempontból is stabilizálódhasson.

Köszönetnyilvánítás: A projekt az *Horizon Europe* 2020 kutatási és innovációs programja támogatása által valósult meg a 101000728 számú támogatási megállapodás keretében (*Netpoulsafe*).

Kulcsszavak: Kovács-Weber Mária, Józwiak Ákos Bernard, Szabó Tünde Rubina, Süth Miklós, Könyves László, Kovács Levente, Mezőszentgyörgyi Dávid, Takács Eszter, Székács András, Kovács László, *Netpoulsafe*, járványvédelem, telephigiénia, biobiztonság



Spirotetramat és myclobutanil hatóanyagú növényvédő szerek interakciós méreg hatásának vizsgálata fácánembrión

E4

Major László,^a Budai Péter,^a Buda István,^a Nadhirah Binti Saidon,^a Lehel József,^{b,c} és Szabó Rita^a

^aMATE Georgikon Campus, Növényvédelmi Intézet, Keszthely; ^bÁllatorvostudományi Egyetem, Élelmiszerlánc-tudományi Intézet, Budapest; ^cFertőző Állatbetegségek, Antimikrobiális Rezisztencia, Állatorvosi Közegészségügy és Élelmiszerlánc-biztonság Nemzeti Laboratóriuma, Állatorvostudományi Egyetem, Budapest – major.laszlo@phd.uni-mate.hu

A mezőgazdaságilag művelt területeken, valamint azok közvetlen környezetében élő, magasabb rendű állati szervezeteket érő növényvédőszer-expozíció a szaporodás és az egyedfejlődés korai szakaszában az embrionális és magzati fejlődést károsíthatja, teratogén hatású lehet. A fácán (*Phasianus colchicus*) szaporodási periódusa egybeesik a tavaszi növényvédelmi munkák idejével, ezáltal a kipermetezett szerek nemcsak a kifejlett madarakra, hanem a tojásban fejlődő embrióra is hatással lehetnek, mivel a permetlé a méshéjon, a kettős héjhártyán, valamint az extraembrionális membránokon áthatolva bejuthat és megzavarhatja az embrió fejlődését. A növényvédelmi gyakorlat során az eltérő biológiai hatású, különböző hatóanyagú növényvédő szerek rendszerint tankkeverékek formájában kerülnek kijuttatásra. Az egyidejűleg jelen lévő xenobiotikumok egymás méreg hatását befolyásolhatják, ezáltal megváltozhat az összességében kifejtett hatás.

Vizsgálatunk célja a *spirotetramat* hatóanyag-tartalmú (100 g/l) rovarölő (Movento 100 SC) és a *myclobutanil* hatóanyag-tartalmú (200 g/l) gombaölő (Systhane 20 EW) egyedi és együttes toxikus hatásának meghatározása volt fácánembriók fejlődésére. Gyakorlat által használt koncentrációban, 0,1 ml végtérfogatban, a 0,75%-os Movento 100 SC-t és a 0,225%-os Systhane 20 EW-t önmagában és

együttesen injektáltuk a fácántojások légkamrájába az inkubációt megelőzően. A keltetés az embriófejlődéshez megfelelő hőmérséklet és relatív páratartalom biztosítása mellett történt. A várható kelés előtt két nappal elvégzett kórbonctani vizsgálat során az embrionális mortalitás, a fejlődési rendellenességek előfordulási gyakorisága és típusa, valamint a tojásokból élve kiemelt, nyaki diszlokációval leölt fácánembriók testtömege került rögzítésre. Az embrió mortalitási adatok és a morfológiai elváltozások biometriai értékelése Fisher-féle egzakt teszttel, a testtömeg adatok statisztikai vizsgálata egytényezős varianciaanalízissel (*one-way ANOVA*) történt.

A *spirotetramat* és *myclobutanil* hatóanyagú növényvédő szerekkel elvégzett egyedi és együttes kezelések eredményeként a kezelt csoportokban az élő fácánembriók testtömegértékei szignifikánsan ($p < 0,05$) kisebbek voltak a kontrollhoz viszonyítva. Az embrióelhalások száma az egyedileg kezelt csoportokban sporadikus volt, ellenben a kombinációban szignifikáns mértékű ($p < 0,05$) emelkedés mutatkozott a kontrollal összehasonlítva. A fejlődési rendellenességek előfordulási gyakoriságából, azok típusából és súlyosságából teratogén hatás nem volt igazolható. Interakcióban a peszticidek additív formában fokozták az embriotoxicitást. A madártojások légkamrájába történő injektálásos kezelések lehetővé teszik a vizsgálni kívánt

anyag pontosan mért dózisban való tanulmányozását. Így a toxikus hatást kiváltó anyagmennyiség pontosan meghatározható, és a kísérlet egzakt módon értékelhető. Javasoljuk az általunk fácánembrión, injekciós kezeléssel végrehajtott madárteratológiai vizsgálatot bemerítéses módszerrel is

elvégezni, ami jobban modellezi a környezetben érvényesülő expozíciós viszonyokat.

Kulcsszavak: Major László, Budai Péter, Buda István, Nadhirah Binti Saidon, Lehel József, Szabó Rita, *spirotetramat*, *myclobutanil*, teratogén, *Phasianus colchicus*, embrió

¹Várnagy *et al.* (2003) *Comm. Agr. Appl. Biol. Sci.* **68** (4), 807-811.

²Lehel *et al.* (2014) *Magyar Állatorvosok Lapja* **136** (8), 494-500.

³Szemerédy *et al.* (2018) *Acta Agraria Kaposváriensis* **22** (2), 25-32.

⁴Varga *et al.* (1999) *Acta Veterinaria Hungarica* **47** (1), 123-128.

A PBAT-biopolimer komposztálás során történő lebomlásának vizsgálata

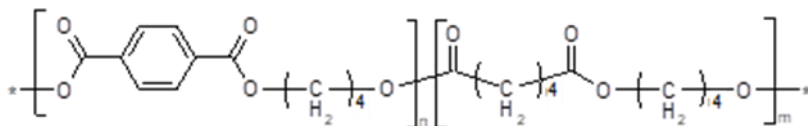
E7

Mörtl Mária,^a Damak Mariem,^{b,c} Varga Zsolt,^{b,c} Fekete György,^{b,c} Székács András^a és Aleksza László^{b,c}

^aMATE, Környezettudományi Intézet, Agrár-környezettudományi Kutatóközpont, Gödöllő; ^bProfikomp Környezettechnika Zrt., Gödöllő; ^cKihelyezett Hulladékgazdálkodási Tanszék, Környezettudományi Intézet, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő – mortl.maria@uni-mate.hu

A biopolimerek lebomlási ideje a hagyományos műanyagokhoz képest jóval rövidebb, jellemzően néhány hónap. Ezek közül a polibutilén-adipátotereftalát (PBAT) biopolimer ipari méretekben végrehajtott degradációját vizsgáltuk 2, 6 és 12 hetes, illetve 1 éves komposztálást követően vett 3-3 párhuzamos mintán.

A PBAT (**ábra**) 1,4-butándiolból, adipinsavból és tereftálsavból készült kopolimer, amiből termoplasztikus keményítő (TPS) és más adalékanyagok (pl. citromsav) felhasználásával többek között biológiailag lebomló bevásárlószatyrot állítanak elő. A PBAT és TPS polimerfázisok éter kötésekkel kapcsolódnak.



A mintákat frakcionáltuk (>2 mm és <2 mm frakció), valamint a bevásárlószatyor-termékből is extraháltuk a komponenseket szerves oldószerekkel (acetonitril és diklór-metán). Az extraktumokat végül BSTFA reagenssel szililszármazékká alakítottuk, és tömegspektrometriával kapcsolt gázkro-

matográfiás módszerrel analizáltuk. A kivont vegyületeket megpróbáltuk azonosítani, és három anyag (szililezett 1,4-butándiol, adipinsav és tereftálsav) mennyiségi meghatározását is elvégeztük. A tömegspektrum alapján további három molekulát azonosítottunk, melyekben a savakhoz

egy vagy két butándiolegység kapcsolódott. Megbecsültük ezek mennyiségét is.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a tereftálsav mennyisége a bomlástermékek között jellemzően alacsony ($<35 \mu\text{g/ml}$), és nincs szignifikáns változás az idő múlásával. Az adipinsav mennyisége magasabb ($<270 \mu\text{g/ml}$), és általában emelkedő szintet mutat. Az 1,4-butándiol két mintánál maximumot adott a 6. héten vett mintákban, míg a 3. mintánál további emelkedés volt megfigyelhető, a maximum meghaladta az 1 mg/ml értéket. A komposztból adott időpontban párhuzamosan vett 3 minta összetétele nagy szórást mutat, a lebomlás mértéke nagyban függ a lokális körülményektől (hőmérséklet). A frakciók mérete szerinti különbségeket nem tapasztaltunk.

Megállapítható, hogy a bomlástermékek, köztük az összetett (sav + butándiol) molekulák még egy év elmúltával

is jelen vannak a komposztban, bár a mennyiségük lecsökkent ($<35 \mu\text{g/ml}$). Így a biopolimer lebomlása nem teljes, bár cukrok már nem voltak kimutathatóak.

Toxicitás tekintetében a fő bomlástermékeket nem lehet a vízi környezetre veszélyt jelentő anyagokként besorolni. Az adipinsav akut LC_{50} -értéke vízi gerinctelenekre 46 mg/l , míg a krónikus LC_{50} -érték $17,6 \text{ mg/l}$. A tereftálsav akut EC_{50} -értéke szintén a vízi gerinctelenekre $>640 \text{ mg/l}$, míg a krónikus EC_{50} 42 mg/l . Még kevésbé toxikus az 1,4-butándiol, melynek a nagy víziből (Daphnia magna) meghatározott akut EC_{50} -értéke 813 mg/l .

Köszönetnyilvánítás: A kutatást az Innovációs és Technológiai Minisztérium finanszírozta a Tématerületi Kiválósági Program 2021, Nemzetvédelem, Nemzetbiztonság Alprogram keretében (TKP2020-NVA-22).

Kulcsszavak: Mörtl Mária, Damak Mariem, Varga Zsolt, Fekete György, Székács András, Aleksza László, PBAT, lebomlás, műanyag, biopolimer

E9

UV-szűrő vegyületek krónikus hatásai a nagy víziből (Daphnia magna) fejlődési, viselkedési és biokémiai paramétereire

Németh Zoltán,^{a,b} Svigruha Réka,^b Ács András,^b Farkas Anna,^b
Tapolczai Kálmán,^b Fodor István^b és Pirger Zsolt^b

^aEötvös Loránd Tudományegyetem, Környezettudományi Doktori Iskola, Budapest; ^bHUN-REN Balatoni Limnológiai Kutatóintézet, Tihany – nemeth.zoltan@blki.hu

A Balaton vízminősége, ökológiai állapota, biodiverzitása fontos környezetvédelmi, tudományos és – a turizmus révén – gazdasági kérdés is, ami erősen foglalkoztatja a közvéleményt. A szintetikus UV-szűrő vegyületek Balatonba történő bekerüléséhez több tényező is hozzájárulhat, de leginkább a turizmus a potenciális szennyező. Az elérhető adatok alapján, becslésünk szerint a három nyári hónap alatt ~2,5 tonna fényvédő kozmetikum (UV-szűrő vegyületekkel) oldódhat a Bala-

ton vizébe. Az UV-szűrők kozmetikai termékekben való felhasználása az Európai Unió (EU) által szabályozott. Jelenleg 48 UV-szűrő vegyület engedélyezett az EU tagországaiban.

A szintetikus UV-szűrő vegyületek [pl. avobenzon (AVO), octinoxate (OCT), octocrylene (OCTO)] jelenléte az ökoszisztémákban napjainkban kiemelt figyelmet kap. Ezek a szerves UV-szűrők a szervezetben dúsulásra hajlamosak (biokkumuláció), citotoxikusak és genotoxikusak is lehetnek. Is-

meretes, hogy az olyan UV-szűrők, mint pl. az OCTI, ösztrogénszerű hatást válthatnak ki gerinces szervezetekben. Ugyanakkor a szintetikus UV-szűrő vegyületek nem célzott, vízi gerinctelen szervezetekre gyakorolt hatásairól kevés ismeretanyag áll rendelkezésünkre, így tervezett vizsgálatainkat az OECD által is javasolt nagy víziből (Daphnia magna) végeztük. Arra kerestük a választ, hogy a 21 napig tartó, 200 ng/l koncentrációjú expozíció milyen élettani folyamatokat befolyásolhat modellállatunkban. A saját tenyésztésből származó újszülött egyedeket kezelési csoportokba osztottuk (n=10 egyed/kontroll és UV-szűrővel kezelt csoport), majd vizsgáltuk az egyed- és sejtszintű változásokat a krónikus kezelések során. Megfigyeléseink alapján számos végpontban, úgymint a pulzusszám, a reprodukció, a növekedési-, úszási- és szűrési aktivitás, szignifikáns eltéréseket tapasztaltunk a kezelt és a kontroll csoportok között. Sejtszinten a detoxifikációs útvonalak 1-es és 2-es fázisában résztvevő enzimek [szuperoxid dizmutáz (SOD), kataláz (CAT), 7-etoxi-kumarin O-deetiláz (ECOD) és glutation S-transzferáz (GST)] aktivitására fókuszáltunk. Vizsgálataink nem mutattak változást az ECOD-aktivitásában, ami arra utal, hogy az I. fázisban lévő enzimek talán nem vesz-

nek részt az AVO, OCTO és OCTI méregtelenítésében ilyen krónikus expozíciós koncentráció mellett. Ugyanakkor, a GST aktivitása jelentősen csökkent az AVO és az OCTO hatására, ami arra utal, hogy ezek a vegyületek a biotranszformációs útvonalak II. fázisában metabolizálódhatnak. Az antioxidáns jellegű védelmi útvonalak tekintetében az AVO és az OCTO szignifikánsan csökkentették a CAT aktivitását, míg az OCTI szignifikánsan növelte azt. Az AVO nem változtatta meg a SOD aktivitását, míg az OCTO és az OCTI jelentősen növelte.

Eredményeink azt mutatják, hogy az AVO, az OCTI és az OCTO jelentős hatással vannak mind a xenobiotikus anyagcsere II. fázisára, mind az antioxidáns védekezési útvonalakra. Számos kérdést még tisztázni kell a jövőben, többek között, hogy ezek a vegyületek közvetlenül hozzájárulnak-e reaktív oxigénformák képződéséhez, illetve közvetve okoznak-e oxidatív stresszt a védőfehérjék befolyásolásán keresztül.

Köszönetnyilvánítás: Fenntartható Fejlődés és Technológiák Nemzeti Program, Fenntartható Technológiák Alprogram (#NP2022-II3/2022).

Kulcsszavak: Németh Zoltán, Svigruha Réka, Ács András, Farkas Anna, Tapolczai Kálmán, Fodor István, Pirger Zsolt, UV-szűrő, avobenzon, octocrylene, octinoxate, Daphnia magna, méregtelenítő enzimek

¹Blüthgen et al. (2014) Sci Total Environ. **477**: 207-217.

²Díaz-Cruz et al. (2009) Trends Anal. Chem. **28**: 708-717.



Az Európai Akadémiák Tudományos Tanácsadó Testülete (EASAC) állásfoglalása a neonikotinoid rovarirtó szerek környezeti megítéléséről

Székács András

E6

MATE KÖTI Agrár-környezettudományi Kutatóközpont, Gödöllő –
szekacs.andras@uni-mate.hu

Az idei év februárjában jelent meg az Európai Akadémiák Tudományos Tanácsadó Testülete (EASAC) legújabb állásfoglalása a neonikotinoid-típusú rovarirtó szerek környezeti megítéléséről és felhasználási korlátozásairól az Európai Unióban. A tanulmány, amely 10 korábbi munkánkat hivatkozta, és amelyben – nagy büszkeségünkre – kutatócsoportunk részéről is képviselhettük magunkat, amellet, hogy megerősítette az EASAC korábbi tanulmányában megfogalmazott környezeti toxikológiai és ökológiai aggályokat, számos jelentős következtetésre jutott.

A neonikotinoid hatóanyagcsalád, melynek legfőbb képviselői az *imidacloprid* (1990), *acetamiprid* (1992), *thiamethoxam* (1998), *thiacloprid* (2000) és *clothianidin* (2002) hatóanyagok, az ún. nikotinos (nikotin alkaloiddal gátolható) acetilkolin-receptorokhoz (*nAChR*) kötődve borítják fel az idegrendszer működését. Minthogy a rovarok agy- és hasdúcálcra tagozódó idegrendszere – szemben a gerincesek idegrendszerével – túlnyomó részben *nAChR* kötőhelyeket tartalmaznak, a fenti hatóanyagok számottevő rovarspecifitást mutatnak. Ugyanakkor a méhfélékre, így mézelő méhekre, poszméhekre és más, guttációs cseppet vagy nektárt fogyasztó rovarokra – éppen a fenti okból – kiemelkedően toxikusak. A negatív hatások a méheken orientációs zavarokat idéznek elő, a méhkolóniákban közreműködnek a kaptárelnéptelenedési tünetegyüttes fellépésében, télen át is fennmarad-

nak, illetve csökkentik a méhfajok képességét az új populációk kialakítására a kitettséget követő évben, s éppen e kedvezőtlen következmények vezetnek használatuk jelentős korlátozásához (2013), majd tiltásához (2018) az Európai Unióban. Minthogy a helyettesítésükre bevezetett, újabb szulfoximin- (*sulfoxaflor*, 2011) és butenolid-típusú (*flupyradifurone*, 2015) hatóanyagok a fenti hatóanyagokkal azonos hatásmechanizmus szerint hatnak, szintén 'neonikotinoidoknak' (új, nikotinszerű vegyületek) minősülnek, s ezért ezek elvi értelemben nem képviselnek új megoldást. A hasznos rovarokra gyakorolt, jelentős mértékben alacsonyabb toxicitás aligha várható tőlük.

Mindezekkel szemben az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság (EFSA) a neonikotinoidok kockázatértékelését – új, a méhcsaládok 10%-os kolóniapusztulását megengedő peremfeltétellel – újra elvégezte, mely értékelés kockázatkezelői jogi lépéshez nem vezetett. További vita zajlott a tárgyban például a Magyar Tudományos Akadémián is. Az EASAC-tanulmány ezzel szemben egyértelműen letette a voksát a neonikotinoidok és általában a szintetikus növényvédő szerek forgalmazási korlátozása mellett az Európai Unióban.

A neonikotinoid-hatóanyagcsalád egyedi tulajdonsága szisztémikus volta (felszívódó és transzlokációs képessége a növényi szervezetben). Ez vezetett vetőmagmag-csávázószerként való alkalmazásukhoz, amely a kijuttatási

dózisukat korántsem csökkentette, nikotinoidok korlátozása indokolt volt viszont a környezetterhelést jelentősen megemelte. Súlyos aggály, hogy a tanulmány.

vetőmagmagcsávázás nem összeegyeztethető az integrált növényvédelem alapelveivel (a védekezést csak küszöbérték feletti kártétel esetén szabad megindítani). A fentiek alapján a neo-

Köszönetnyilvánítás: A munkát az NVKP TKP2021-NVA-22 projektje támogatta.

Kulcsszavak: Székács András, neonikotinoid csávázószerek, szulfoximineek, butenolidok, méhek, EASAC, integrált növényvédelem (IPM), tiltás az EU-ban

¹Smagghe et al. (2023) EASAC policy report 45. [ISBN 978-619-92418-0-6]

²Vehovszky et al. (2015) *Aquatic Toxicol.*, **167**, 172-179.; Mörtl et al. (2016) *J. Chem.* **2016**, 4546584.; Mörtl et al. (2017) *Int. J. Environ. Anal. Chem.*, **97** (9), 868-884.; Takács et al. (2017) *Int. J. Environ. Anal. Chem.*, **97** (9), 885-900.; Vehovszky et al. (2018) *Aquatic Toxicol.*, **205**, 148-155.; Mörtl et al. (2019) *Sci. Total Environ.*, **649**, 1137-1143.; Mörtl et al. (2019) *Sci. Total Environ.*, **652**, 780-787.; Mörtl et al. (2020) *Int. J. Environ. Res. Public Health*, **17** (6), 2006.; Mörtl et al. (2020) *Int. J. Environ. Res. Public Health*, **17** (9), 3290.; Farkas et al. (2022) *Ecotoxicol.*, **31**, 415-424.

³Neumann et al. (2015) EASAC policy report 26. [ISBN 978-3-8047-3437-1]

⁴Woodcock et al. (2017) *Science*, **356** (6345), 1393-1395.

⁵EFSA (2023) *EFSA J.*, **21** (5), 7989.

⁶Open Session on the Neonicotinoids Report by EASAC. MTA, Budapest, 2023.



Glyphosate és készítményei, valamint az aminometilfoszfonsav hatásvizsgálata zebradánió-embrión

**Tóth Gergő,^a Háhn Judit,^a Szabó Gyula,^a
Bakos Katalin,^{a,b} Volner Cintia,^a Liang Xinyue,^a
Bock Illés,^a Göbölös Balázs,^a Szoboszlai Sándor,^a Kriszt Balázs,^a
Kaszab Edit,^a Szabó István^a és Csenki-Bakos Zsolt^a**

MATE, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Gödöllő; ^bPremontrei Iskolaközpont, Gödöllő – toth.gergo@uni-mate.hu

E3

Kutatásunk fókuszában a növényvédelem történetében szinte legtöbbet tanulmányozott és jelenleg a legnagyobb mennyiségben felhasznált gyomirtó hatóanyag, a *glyphosate* (GLY) és készítményei (GBH), illetve fő bomlásterméke az aminometilfoszfonsav (AMPA) állt. Kiterjedt alkalmazásuk miatt gyakran előfordulnak a vízi ökoszisztémákban, és hatással lehetnek különböző szervezetekre. A magas akut toxicitáson túl számos krónikus, pl. hormonmoduláns hatásokat is képesek kifejteni.

Kutatásunk a GLY, az AMPA és négy szabadforgalmú GBH (korábbi *in vitro*, genetikailag módosított eukarióta rendszerünkben ösztrogénagonista hatást mutató) vegyületre irányult. Vizsgálatunkban az embriotoxicitására, szubletális- (fejlődési rendellenességek) és ösztrogénhatására gyakorolt hatásokat tanulmányoztuk egy vad típusú (AB) és egy ösztrogénérzékeny, transzgenikus [*Tg(vtg1:mCherry)*] zebradánióvonal (*Danio rerio*) felhasználásával. Az *in vivo* eredmények megerősítésére RT-qPCR módszert végeztünk az ösztrogénhatással kapcsolatos *vtg1* mRNS-transzkriptek szintjének meghatározására.

Ugyanis kutatások eredményei arra utalnak, hogy a GLY hormonmoduláns lehet zebradániók esetében, megváltoztatva az ösztrogénfüggő gének kifejeződését és aktivitását. Hatására csökken a mitokondriális funkció, ezáltal alacsony spermium-

minőség jelentkezik, míg a petesejtek átmérőjének változását a nukleáris receptor-szteroidogénfaktor-1 expressziójának változásához kapcsolják.^{2,3,4} Továbbá, rövidtávú GLY-kitettség (10 és 50 mg/l) szignifikánsan nagyobb *ERα*-szinteket eredményezett zebradánió-embrióknál.⁵

Akut, 120-órás expozíciót követően az AMPA nem okozott akut toxicitást, míg a GLY LC₅₀ értéke 160 mg/l volt. A GBH-k toxikusabbak voltak. Az LC₅₀ értékek 31 és 111 GLY a.e. (acid equivalent – savegyenérték) mg/l között mozogtak. A 0,35-2,8 GLY a.e. mg/l koncentrációjú GBH-knak való kitettség szubletális rendellenességeket eredményezett: a tipikus tünetek az alsó állkapocs szerkezeti deformációja és a szaglótájék rendellenességei voltak. A deformitási arány 10-30% volt a kezelt csoportokban. *In vivo*, az embrionális májban fluoreszcens módon expresszált *vtg1* (vitellogenin) mCherry fehérjét nem invazív mikroszkópos módszerrel detektáltuk, ami a GLY, AMPA és a GBH-k által a vitellogenin fehérje termelésén keresztül kifejtett ösztrogénhatásra utal.

Vizsgálatainkkal először mutattuk ki a GLY, az AMPA és három GBH zebradánió-embriókban lejátszódó vitellogenézis folyamatát károsító hatásait, nem koncentrációfüggő módon, környezeti szempontból releváns koncentrációkon. A GLY, AMPA és a három GBH 0,35 mg/l koncentrációjú oldatával történő kezelést követően a

vtg1 gén expressziója szignifikánsan felülszabályozott volt. Eredményeink rávilágítanak arra a kockázatra, hogy a rövidtávú GLY-, AMPA- és GBH-expozíció fejlődési rendellenességeket okozhat, és felboríthatja a hormonális egyensúlyt a zebradánió-embriókban.

Köszönetnyilvánítás: A munkát az ÚNKP-22-4-II-MATE/8, ÚNKP-23-4-II-MATE-5, 2020-1.1.2-PIACI-KFI-2021-00239, TKP2021-NVA-22 számú pályázatok támogatták.

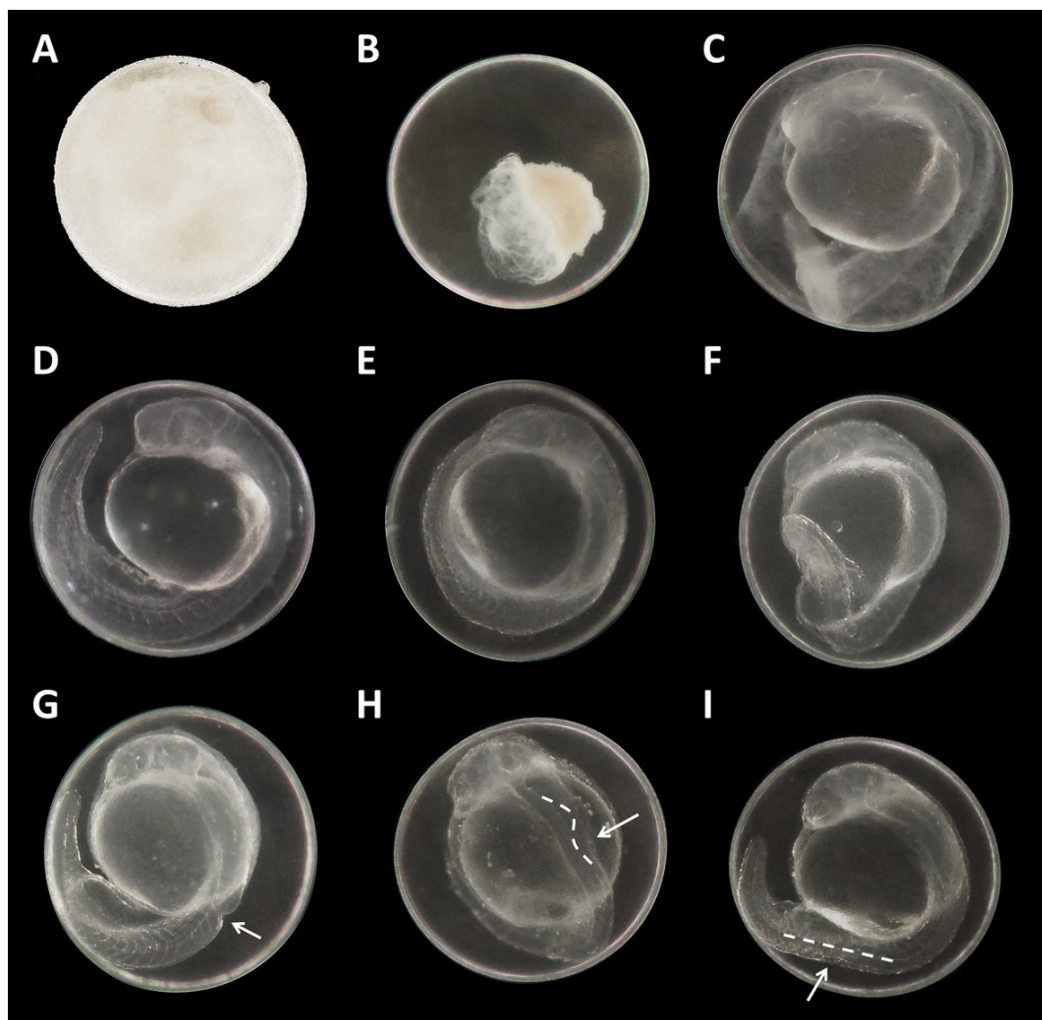
Kulcsszavak: Tóth Gergő, Háhn Judit, Szabó Gyula, Bakos Katalin, Volner Cintia, Liang Xinyue, Bock Illés, Göbölös Balázs, Szoboszlai Sándor, Kriszt Balázs, Kaszab Edit, Szabó István, Csenki-Bakos Zsolt, *glyphosate*, zebradánió, embrió, ösztrogénhatás

¹Tóth *et al.* (2020) *Environ. Pollut.* **265**, [115027](#).

²Armaliato *et al.* (2014) *J. Toxicol Environ.* **77**, [7](#).

³Lopes *et al.* (2014) *Aquat. Toxicol.* **155**.

⁴Uren-Webster *et al.* (2014) *Environ. Sci. Technol.* **48**, [2](#).



Danio rerio embriók: A) koagulált kontrollembrió; B) koagulált embrió *glyphosate*-kezelés után (1 mM); C) lemezek a peteburkon belül; D) kontrollembrió; E) a farok nem válik el; F) a disztális végén ívelt, csatolt farok; G) dorsalis süllyedés; H) rendellenesen ívelt gerinc; I) rendellenesen egyenes farok [Schweizer *et al.*, [2019](#)]

A XIII. Ökotoxikológiai Konferencia szerzői és tárgymutatója

A

acetyl-glicin	60
Ács András	68
akkumulátor	5
Aleksza László	67
állományszárító	31
AMPA	31,60
apoptózis	60
automatizált képalkotás	56
avobenzon	68

B

Bakos Katalin	72
biobiztonság	64
biopolimer	67
BLIK-LP N 23676	5
Bock Illés	56,72
Bohus Péter	31
Buda István	66
Budai Péter	66
Butenolidok	70

C

carbamazepine	59
chlorophacinone	7
citalopram	59
CNT/CNF	5
Co	5
Csenki-Bakos Zsolt	56,72

D

Damak Mariem	67
<i>Daphnia magna</i>	68
Darvas Béla	5,31,45,57
DGPA	5
dodine	62
DTD	5

E

EASAC	70
ELISA	60
elővigyázatosság elve	45
embrió	66,72

F

Farkas Anna	68
Fekete György	67
Fenotipizálás	56
Fodor István	59,68
formázóanyag	63

G

Gémes Borbála	60
glyphosate	31,60,63,72
glyphosate-formálás	31
GMO	45
Göbölös Balázs	62,72
Gyurcsó Gergő	45

H

Háhn Judit	62,72
Harkai Péter	62
hatásmód vizsgálat	56
HF	5
Horváth Róbert	60

I

IARC	31
integrált növényvédelem	70
integrin	60
ISC-1	5

J

Jan Sonnevile	56
járványvédelem	64
jelölés	45
Johann G. Zaller	63
Józwiak Ákos Bernard	64

K

karcinogén	5
Kaszab Edit	62,72
Kiss Tibor	59
Klátyik Szandra	63
kombinált toxicitás	63
Kovács László	64
Kovács Levente	64

K

Kovács-Weber Mária	64
Könyves László	64
követés	45
Kriszt Balázs	56,62,72

L

lebomlás	67
Lehel József	66
Li	5
Liang Xinyue	72
<i>Lymnaea stagnalis</i>	59

M

Major László	66
méhek	70
méregtelenítő enzimek	68
mezei pocok	57
Mezőszentgyörgyi Dávid	64
Michael Antoniou	63
Mikroműanyag	62
Mn	5
Molnár Éva	59
Móraagro Kft.	57
Mörthl Mária	67
műanyag	67
<i>myclobutanil</i>	66

N

Nadhirah Binti Saidon	66
Németh Zoltán	68
neonikotinoid csávázószerek	70
<i>Netpoulsafe</i>	64
Neurodegeneratív	5
NGT	45
Ni	5
NMP	5

O

<i>octinoxate</i>	68
<i>octocrylene</i>	68
Oláh Marianna	63

Ö

17-béta-ösztadiol	62
ösztrogénhatás	72

P

PBAT	67
PFAS	5
<i>Phasianus colchicus</i>	66
Pirger Zsolt	59,68
PMIDA	31
Pocok Tox	57
POEA	31
poliészter	62
polietilén	62
polipropilén	62
PVDF	5

R

rákkeltő	31
Redentin 75 RB	57
reprotoxin	5
Robin Mesnage	63

S

Simon Gergely	63
<i>Spirotetramat</i>	66
Stefan Scholz	56
Süth Miklós	64
Svigruha Réka	59,68
Szabó Gyula	72
Szabó István	56,62,72
Szabó Rita	66
Szabó Tünde Rubina	64
Székács András	31,45,60,63,64,67,70
Székács Inna	60
szerotonin	59
Szoboszlai Sándor	62,72
szulfoximine	70

T

Takács Eszter	60,63,64
Tapolczai Kálmán	68
telephigiéna	64
teratogén	5,66
tiltás az EU-ban	70
totális gyomirtó	31
Tóth Gergő	62,72
<i>tramadol</i>	59

U

Urbányi Béla	56
UV-szűrő	68

V

Varga Zsolt 67
Volner Cintia 72

Z

zebradánió 56,72



Pelyhesméh (*Anthidium* sp.) levendulavirágot látogat (Fotó: Báskay Imre)



Tűrelem

2023-as bírálók

Bakonyi Gábor DSc
Bodnár Zsuzsanna
Csenki-Bakos Zsolt PhD
Darvas Béla DSc
Fodor Judit PhD
Hiripi László PhD
Klátyik Szandra PhD
Kontschán Jenő DSc
Kömíves Tamás DSc
Palkovics László Amand DSc
Peregovits László
Simon Edina PhD
Simon Gergely
Székács András DSc
Takács Eszter PhD

A Magyar Ökotoxikológiai Társaság tagjai (2023)

Ács Sándorné, Baka Erzsébet PhD, Bakonyi Gábor DSc,
Balogh Erna, Barna Szilvia PhD, Báskay Imre, Botyánszky Henrik,
Csenki-Bakos Zsolt PhD, Darvas Béla DSc, Garai Edina,
Gyurcsó Gergő, Hartman Mátyás, Heltai György DSc, Horváth Zsolt,
Hrács Krisztina PhD, Izsák Bálint PhD, Kaszab Edit PhD, Kiss Gábor,
Klátyik Szandra PhD, Krifaton Csilla PhD, Kriszt Balázs PhD,
Kovács Róbert PhD, Kukolya József PhD, Simon Edina PhD,
Major Jenő PhD, Molnár Márton, Móra Veronika, Mörtl Mária PhD,
Murányi Attila DSc, Nagy Péter PhD, Oláh Marianna, Pethő Ágnes,
Pirger Zsolt PhD, Sebők Flóra PhD, Simon Edina PhD, Simon Gergely,
Székács András DSc, Székács Inna PhD, Szoboszlai Sándor PhD,
Takács Eszter PhD Urbányi Béla DSc, Varga Csaba PhD,
Varga L. György PhD,

AZ ÖKOTOXIKOLÓGIA PUBLIKÁCIÓS MŰFAJAI

Az *Ökotoxikológia* szaklap évi négy számot (tavaszi, nyári, őszi-téli) jelent meg, ami közül a 3-4. összevont és a negyedik rész a november utolsó hetében, pénteken rendezett konferencia anyagára épül.

Műfajok **(i)** szakcikk; **(ii)** rövid szakcikk; **(iii)** levél a főszerkesztőnek; **(iv)** krónika; **(v)** publicisztika; **(vi)** civilszervezeti sarok; **(vii)** saját konferencia összefoglaló; **(viii)** könyvrecenzió; **(ix)** riport/interjú; **(x)** agora.

(i) Szakcikk (1-4 számban): 35 ezer bruttó karakter, magyar és angol nyelvű összefoglaló (1500-1500 karakter), tíz kulcsszó, plusz hat ábra/táblázat/kép; max. 50 hivatkozás (hiperlinkes bármennyi). Tárgya csak tudományos lehet. Javasolt a szakterületi összefoglalók írása, hiszen eredeti kutatásokat angolul kell inkább közölni. 3-4 független, anonim bíráló működik közre, akik közül az egyik szerkesztő. Csak ez a műfaj kerül a pdf tárukba.

(ii) Rövid szakcikk (1-4 számban): 20 ezer bruttó karakter, angol összefoglaló (500 karakter), plusz három ábra/táblázat/kép; max. 20 hivatkozás (hiperlinkes bármennyi). Tárgya csak tudományos lehet. Két bíráló.

(iii) Levél a szerkesztőnek (1-4 számban): A tárgy kizárólag az *Ökotoxikológia*-ban megjelent szakcikkkel kapcsolatos lehet és az anonim bírálók figyelmébe ajánljuk, akiket szerzőként várunk: 8 ezer bruttó karakter, plusz 1 ábra; max. 2 hivatkozás (hiperlinkes bármennyi). Főszerkesztői bíráló.

(iv) Krónika (1-2 számban): Tárgya kiemelkedő min. tíz évvel korábban

megjelent tudományos ténnyel/eseménnyel kapcsolatos újbóli híradás. 20 ezer bruttó karakter, angol összefoglaló (500 karakter), plusz három ábra/táblázat/kép; max. 20 hivatkozás (hiperlinkes bármennyi). Szerkesztőségi bíráló.

(v) Publicisztika (1-2 számban): Tárgya aktuális közérdekű esemény lehet. 20 ezer bruttó karakter, nincs összefoglaló, plusz 3 ábra/táblázat/kép; csak hiperlinkes hivatkozás lehet. Főszerkesztői bíráló.

(vi) Civilszervezeti sarok (1-2 számban): Tárgya közérdekű, aktuális esemény lehet. 20 ezer bruttó karakter, nincs összefoglaló, plusz három ábra/táblázat/kép; csak hiperlinkes hivatkozás lehet. Világszervezetek anyagait angolul is közöljük. Szerkesztőségi bíráló.

(vii) Saját konferencia-összefoglaló (3-4 számban): Tárgya csak tudományos lehet. 5 ezer bruttó karakter, nincs összefoglaló, plusz egy ábra/táblázat/kép; max. 5 hivatkozás (hiperlinkes bármennyi). Négy konferenciaszervező bíráló.

(viii) Könyvrecenzió (1-2 számban): Tárgya közérdekű aktuális könyv lehet. Nem lehet azonban reklámcélú. 5 ezer bruttó karakter, plusz egy kép; csak hiperlinkes hivatkozás. Főszerkesztői bíráló.

(ix) Riport/interjú (1-2 számban): Alanya csak közérdeklődésre számot tartott, meghatározó minőségű és minősített kutató lehet. 20 ezer bruttó karakter, nincs összefoglaló, plusz három ábra/táblázat/kép; csak hiperlinkes hivatkozás lehet. Főszerkesztői

bírálat.

(x) **Agora** (1-2 szám) 20 ezer bruttó karakter, angol összefoglaló (500 karakter), plusz három ábra/táblázat/kép; max. 20 hivatkozás (hiperlinkes bármennyi). Tárgya csak az *Ökotoxikológia*-ban megjelent cikk lehet, amely-lyel szemben tudományosan érvel. Két bíráló. Az eredeti szerzőnek 5.000 bruttó karakterben van viszontválasz-ra lehetősége.

A cikkek magyar nyelvű benyújtása a számunkra kívánatos. Anyanyelvi szintű angol cikket is befogadunk.

Nincs azonban angol nyelvi külön revízió, vagyis ezt illetően nyelvi bizonytalanság esetén az elutasítást választjuk. Bizonyos cikkek esetében eltérhünk a megadott oldalszámtól, de ilyen esetekben is inkább a részekre való választást javasoljuk.

Az Ökotoxikológia speciális különszámot is megjelentethet, ha a kötet anyagának szervezését valaki felvállalja és ehhez a főszerkesztőt megnyeri. Kitétel, hogy minőségében a lap általános követelményeinek kell megfelelni.



SZERZŐI ÚTMUTATÓ

Az Ökotoxikológia magyar (civilszervezeti része angol nyelvű is lehet) negyedévenként megjelenő, B5-ös terjedelmű, ingyenesen elérhető (*online/open access*) szaklap. A környezettudomány szakterületeiről tudományos igényű magyar nyelvű cikkeket – **szakcikk** (PhD-val rendelkezők részére, a *review* típusú áttekintéseket örömmel fogadjuk) és **rövid közlemény** (PhD-hallgatóknak ajánlott) – közlünk. A szakcikk terjedelme általában nem haladhatja meg a bruttó 35 ezer karaktert (szóközökkel együtt értendő) és a hat ábrát/képet/táblázatot. Táblázatok helyett ábrák készítését javasoljuk. A szakirodalmi jegyzék ne haladja meg a 50 egységet. Kizárólag a szakcikknek kerülnek a pdf tárukba, amely törekszik a jövőben a doi szám elérésére. Ehhez a magyar cikk jó minőségű angol összefoglalója (a szerkesztőség nem fordít).

A szaklap az élelmiszer- és környezetbiztonság, környezetkémia, ökotoxikológia, alkalmazott ökológia és környezet-egészségügy területéről vár kéziratokat. Szakcikkhez magyar és angol nyelvű összefoglalót kérünk (~1500 karakter), és max. 10 kulcsszó megadása lehetséges, amely tartalmának a két nyelven megegyezőnek kell lenni. A magyar címet (~200 karakter), a szerzők neveit és munkahelyét is fordítani kell. A levelező szerző *e-mail* címének megadása kötelező. A lapban megjelenő cikkekben lévő idegen helyesírási szavakat *kurzíválni* kell. ISO helyesírási szavak (pl. hatóanyag-nevek) nem fonetizálhatók! Kérjük, használjon Times New Roman 12 pontos betűtípust és csak címekhez **bold** változatot. Ne használjon sehol aláhúzást! Ne használjon ritka szerkesztési formákat, ami az elektronikus utószere-

kesztést megavarhatja. Kérjük, törekedjen a minimális szerkesztésre.

Naprakész **Publisher** programot használunk a lap készítéséhez és az sok tekintetben eltérő a **World** programtól.

A cikkbe szánt **ábrát** külön **png**-ben, míg a **képet jpg**-ben kérjük (120x80-90 cm, 150 pixel) mellékelni. A cikkben lévő kép forrását a címben, ha nem eredetiről van szó a jogi helyzet tisztázása után *hiperlinken* kérjük jelezni. Csak professzionális minőséget tudunk elfogadni. A laphoz borítóképpel folyamatosan lehet pályázni (azt névvel közöljük), de ezért fizetni nem tudunk.

A **hivatkozások** a szövegben szerzőnév és megjelenési év szerinti hivatkozással, megjelenési idő szerint rendezve, szögletes zárójelben szerepeljenek. Kettőnél több szerzőjű cikket *et al.* megjelöléssel kérjük hivatkozni. A kéziratokat elektronikus (**docx**) formában kérjük a szerkesztőség címére elküldeni (bdarvas@bdarvas.hu). Folyóiratcikk **hivatkozásához** kérjük ellenőrizze mindig az *Ökotoxikológia* lap utolsó számát és így készítse el a sajátját.

Az *Ökotoxikológia* **krónika** rovata általában egy évtizednél régebben megjelent közleményeket elevenít fel és ezt a szerkesztőség tagjai kezdeményezhetik és kezelhetik. Véleményírások általában 15-20 ezer leütést tartalmazhatnak. Hosszabb terjedelemmel részekre tagolást javaslunk. Reklámot és reklámcélú írást nem tudunk befogadni, de örömmel létesítünk **civilszervezeti sarkot**, amely országos hatáskörű kampányok eredményeit ismerteti.

Az évi első számhoz minden év április 30-ig, míg a második számhoz augusztus 31-ig lehet kéziratot benyújtani.

tani. A megjelenés ennek megfelelően május és szeptember. A konferenciaszám (3-4) decemberben jelenik meg. A kézirat befogadása utáni levelezési határidők rövidek. A szerzőket kérjük ennek betartására. A levelező szerző a tartalomért, a formáért a szerkesztőség a felelős.

A benyújtott cikkek bírálatra kerülnek (*peer review*), amely során szakcikknél egy szerkesztő és 2-4 bíráló alapján történik a kézirat befogadása vagy elutasítása. Eltérő bírálói vélemények esetén a főszerkesztő dönt, amihez a szerkesztőség véleményét kikéri. A

szerkesztőség joga a szöveg kezelése, formai és helyesírási javítása, melyben az érvényes magyar helyesírási szabályok a mérvadók. A hatóanyagok (növényvédő szerek és gyógyszerek) írásában szigorúan az ISO előírásokat alkalmazzuk. Kérjük a fonetikus írásmód mellőzését. Kémiai nevek írása annak szabályzata alapján lehetséges. Kérjük, hogy élőszervezeteknél az élőlény latin nevét adják meg. Ehhez ellenőrizték a nemzetközi használatot. A megjelent útmutató folyamatosan frissítésre kerül és minden esetben az utolsó a mérvadó.



LEVÉL A SZERKESZTŐNEK

**A hazai állatkísérletek jogi szabályozása és háttere –
Hozzászólás a XIII. Ökotoxikológiai Konferencia Molnár és
munkatársai által tartott előadáshoz**

Fodor Judit

Országos MÁB Platform – drfodorjudit1979@gmail.com

Az állatkísérletek jogi szabályozásának hátterét az 1998. évi XXVIII. törvény az állatok védelméről és kíméletéről 30. § (1), valamint a tudományos célokra felhasznált állatok védelméről szóló 2010/63 európai parlamenti és tanácsi irányelv uniós rendelkezései jelentik, melyeket 2013. január elsejétől hazánkban is alkalmazni kell. E kötelezettség teljesítése érdekében az irányelvben foglalt előírások átvétele, a kapcsolódó hazai szabályozás átalakítása megtörtént, az erre vonatkozó rendelet a 40/2013. (II. 14.) Korm. rendelet (továbbiakban *KR*), részletesen előírja az állatkísérletekre vonatkozó új előírásokat és fogalmakat. A jogszabály pontosítja a fájdalom mértékét (és csökkentését, csillapítását), a felhasználható állatfajok körét, tartási körülményeit, az állatok leölésének engedélyezett módszerét is, valamint az állatkísérletek engedélyezési eljárását.

2010/63/EU irányelv szerint kötelezően szem előtt tartandó szempontok: *3R* (*Replacement, Reduction, Refinement*, azaz helyettesítés, csökkentés, tökéletesítés). Az állatkísérleteket helyettesíteni kell minden olyan esetben, amikor a kutatási cél azonos minőségű eredménnyel elérhető más, a kísérleti állatok felhasználását mellőző módszerrel. Az állatkísérletekben felhasznált állatok számát a lehetséges mértékig csökkenteni kell, oly módon, hogy a tudományos cél elérhető maradjon. Az állatkísérletek körülménye-

it javítani kell, annak érdekében, hogy a felhasznált állatok száma csökkenthető legyen és a kísérletekben szereplő állatok életélménye javuljon.

Kísérlet céljára az engedélyező hatóság által engedélyezett állatot szabad felhasználni. Nem csak gerinces állatok tartozhatnak a kategóriába (élő lábasfejúek is), de a gerincesek közé értjük az önállóan táplálkozó lárvaállapotú állatokat, valamint a magzatokat rendes fejlődésük utolsó harmadában. Egyes fajok egyedét (pl. házi nyúl) csak akkor lehet kísérlet során felhasználni, ha azt kifejezetten erre a célra tenyésztették. Vadon befogott állatok és természetvédelmi oltalom alatt álló állatok egyedén végzett kísérlet csak kivételes okból lehetséges (mentesség kérésével).

Minden kísérletet úgy kell megtervezni, hogy elkerülhető legyen a szükségtelen fájdalom, szenvedés, tartós nélkülözés, illetve maradandó károsodás okozása. Nem minősül állatkísérletnek a nem kísérleti jellegű mezőgazdasági vagy állatorvosi tevékenység.

Az állatkísérletekről szóló *KR*-ben foglaltakra tekintettel és értelmében 2014-től minden kutatóhelyen, intézményben, ahol e tevékenység megvalósulhat, létre kell jönnie egy Munkahelyi Állatjóléti Bizottságnak (továbbiakban *MÁB*). A *MÁB* feladata az Egyetem/Intézmény/Kutatóhely állatkísérleti szabályzatát, állatkísérleti etikai kódexét, valamint a *MÁB* ügyrendjét elkészíteni. A jogszabályok,

valamint az azok alapján megalkotott állatkísérleti szabályzat és etikai kódex betartása a kísérletek során kötelező.

A személyzetnek megfelelő képzésben és oktatásban kell részt vennie az alábbi tevékenységek bármelyikének végzését megelőzően: **(i)** állat gondozása; **(ii)** állatokon végzett kísérlet; **(iii)** kísérlet és projekt megtervezése; **(iv)** állat leölése. A jogosultság fenntartásához minden állatkísérlettel foglalkozó személynek a megszerzett szakértelem és a hozzájuk kapcsolódó tevékenység végzéséhez (végzettségtől függetlenül) évente MÁB oktatáson kell részt venni.

Azokat az állatokon/állatokkal végzett tevékenységeket, amelyeket tudományos célból végeznek ugyan, de nem tartoznak a kísérlet definíciója alá, a vizsgálat végzéséről előzetesen értesíteni kell a helyi MÁB-t, amely a tevékenységről igazolást állít ki. A helyes publikációs gyakorlat szerint a tudományos folyóiratok az állatokon végzett vizsgálattal/kísérlettel foglalkozó közleményekhez kötelezően kéri feltüntetni a vizsgálat kategóriába eső tevékenységről a MÁB igazolást, vagy a kísérlet hatósági engedélyezési számát.

Kísérlet kizárólag projekt keretében végezhető A projekt meghatározott tudományos vagy oktatási célból végrehajtott munkaprogram, amely egy vagy több kísérletet foglal magában. A projekt engedélyeztetése során a kísérletek súlyossági kategóriájának meghatározásánál az állatot feltételezhetően érő fájdalom, szenvedés, kín vagy maradandó egészségkárosodás mértéke alapján a következő kategóriák valamelyikébe kell besorolni: **(a)** érzéstelenítéssel-túlaltatással; **(b)** enyhe; **(c)** mérsékelt; **(d)** súlyos. Olyan kísérlet, amely súlyos, várhatóan hosszú ideig tartó és semmilyen mó-

don nem enyhíthető fájdalommal, szenvedéssel vagy kinnal jár – meghatározott esetek kivételével – nem végezhető. Az állatok elhelyezésére és gondozására a KR 24-29. §-ai irányadók. Az állatok leölésének engedélyezett módszereit a KR. 4. melléklet 1. táblázata tartalmazza.

A projektengedély iránti kérelmet a kérelmező (végzettsége, beosztása nem meghatározott) nyújtja be a KR 2. melléklete szerint elsőként a MÁB felé, amelynek a kérelmet jóvá kell hagyania. Az engedélyező hatóság az állatkísérlet végzését – az Állatkísérleti Tudományos Etikai Tanács (ÁTET) kedvező elbírása esetén – legfeljebb 5 évre engedélyezi. A kérelem tartalmi elemei közül a legfontosabbak a tudományos indokoltság, állatkísérlet szükségességének alátámasztása (irodalmi hivatkozásokkal), a 3R elvének követése, az összes kísérlet (számozott) részletes ismertetése, módszerleírások, az állatok sorsa a kísérlet végeztével, súlyossági besorolásra javaslat, az állatfajok és -számok megadása, állattartási körülmények, személyi feltételek megléte (oktatási, képzettségi követelmények szerint), illetve a mentességi kérelmek ismertetése. A nemzeti hatóság (ÁTET) feladata az engedélyezésről való döntés (35 nap alatt). A projektengedély módosítását kell kérelmezni a projektben bekövetkező, az állatok jólétét esetlegesen hátrányosan érintő bármely változás esetén. Állatkísérletet megkezdeni projektengedély birtokában, a MÁB felé tett előzetes bejelentést követően lehet. A MÁB és a Hatóság előre bejelentett vagy szűrőpróbaszerűen jogosult az állatkísérletek ellenőrzésére. Szabálytalanság feltárása esetén a MÁB jogosult a kísérlet felfüggesztésére, a Hatóság pedig akár a működési tevékenység engedélyezését is felfüggesztheti. Az állatkísérleti tevékenység engedélyezésére vonatkozó

valamennyi dokumentációt (beleértve a Hatóság részére a projektben felhasznált állatok számáról és adataikról. A kísérletben résztvevőket a munkájukkal összefüggésben tudomásukra jutott információk vonatkozásában, titoktartási kötelezettség terheli.

Időpont: 2023. november 25.

