



Darvas Béla – Székács András

# A glyphosate

Második rész

## Toxicológia és ökotoxikológia

**H**áromrészes cikksorozatunk első része [1] a *glyphosate* gyomirtó-szer-hatóanyaggal kapcsolatos alkalmazástechnológiai és környezetanalitikai eredményeket igyekezett közérthetően összefoglalni, ezúttal a biológiai tulajdonságok kerülnek előtérbe, míg a záró rész majd az európai újraengedélyezés történetét összegzi. Egy növényvédő szer története nagyon hasonló a gyógyszerekéhez, vagyis felfedezése, kifejlesztése és engedélyezése kapcsán komoly reményeket fűzünk hozzá, de alkalmazása során az engedélyezésben megkívánt vizsgálatok eredményein túlmenő tapasztalatokra teszünk szert, amit a mellékhatás-vizsgálatok követni és kutatni kezdenek. A mellékhatásspektrum megismerése általában elvezet a hatóanyag kivonásához, hiszen nagyon nehéz olyan vegyületet találni, amely hosszú távon állja a folyamatosan növekvő elvárású ökotoxikológia kritikáját, és eközben főhatását sem rontja le a vele szemben kialakuló ellenálló képesség (rezisztencia). E tekintetben tehát a növényvédő szerek története – a gyógyszerekéhez hasonlóan – az egyes hatóanyagok és készítményeik engedélyezésének, majd visszavonásának kronológiai sora, melyben az újabb vegyületek engedélyezése egyre szigorúbb a korábbiakkal megszerzett ismeretek, tapasztalatok bővülésével [2]. Míg gyógyszerek esetében az életpálya elég rövid és gyors, növényvédő szereknél ez lassabb. Közgazdászok szerint egy hatóanyagok kifejlesztés költségeinek előbb a kamatos kamattal növelt összegét kell megtermelni ahhoz, hogy jövedelmezni kezdjen. Ez az oka annak, hogy a gyártók minél tovább gyakorlatban kívánják tartani a hatóanyagaikat, hiszen a jövedelmezés csak évekkel a gyakorlatba vétel után kezdődik. Különösen vonatkozik ez a cégek vezető termékeire (a *glyphosate* ilyen), amelyeknek egy nemzetközi vállalat egész K+F+I működését kell fedezniük.

Az eddigi tapasztalataink egyértelműen

mutatják, hogy minél tovább van egy hatóanyag a gyakorlatban (a *glyphosate* használata közel fél évszázados) és felhasználása minél kiterjedtebb (itt a bolygónk leggyakrabban használt növényvédőszer-hatóanyagáról van szó), annál jelentősebb független kutatási érdeklődés fordul felé, amelyben a nemkívánatos hatásait keresik, illetve amelyek a hosszú távú hatásokat (pl. rákkeltés, többgenerációs hatások stb.) rögzítik, amire az engedélyezés nem kerülhetett sor. Mindez egyrészt magától értetődő, hiszen a tudományos – ezen belül a méregtani (toxikológiai) – ismeretek folyamatosan bővülnek, s olyan adatokra derül fény, amelyekre az engedélyezés még nem lehetett tekintettel; másrészt abból is fakad, hogy az engedélyezés előtt modellfajokkal dolgozunk, amelyeknél lényegesen több konkrét faj él a környezetünkben, melyeknek reakciója nem feltétlenül azonos a választott modellfajjal, vagyis az ökotoxikológia konkrét adatgyűjtése az engedélyezéssel nem zárul le, hanem éppen ezzel jelentősen kibővül. Tipikus követő kutatásról van szó, amelyben egy hatóanyag konkrét életközösségekkel szemben méregetik.

A *glyphosate* hatóanyagok és leggyakoribb bomlástermékeinek, az aminosavakból származó AMPA (aminofoszonsav) felszíni vizekben, az állományszáritott termékekben és a *glyphosate*-tűrő GM-növényekben való megjelenésére viszonylag hamar sor került. Az is ismertté vált, hogy az itálainkon és táplálékaink útján a szervezetünkbe kerül, ahol belép a véráramba, majd a vizelet útján ürül [1, 3]. Vegyük sorra azokat a hatásokat, amelyeket eddig a *glyphosate* kapcsán a különböző élőrendszerekben leírtak, és mérlegeljük ezeket [3–6]. Ezek között a hasznosított növényekre gyakorolt főhatást nem tárgyaljuk, hiszen az megtörtént az első részben [1], de annyi itt is megemlíthető, hogy a gyomnövények „válaszlépése”, a *glyphosate*-rezisztens népes-

ségek terjedése mára számos helyen kifejezett gyakorlati probléma. Ebben a részben a különféle toxikológiai értékeléseket, vagyis az engedélyezéskor még nem teljes terjedelmükben látott fontos mellékhatásokat vesszük sorra.

### Hatás mikroorganizmusokra

A *glyphosate* alkalmazása után a szójában megnőtt a *Fusarium solani* f. sp. *glycines* növénypatogén gomba által okozott növénypusztulások aránya. A *glyphosate* alkalmazása után a *glyphosate*-tűrő szója gyökérváladásként stimuláló hatását is leírták *Fusarium*-fajokra. A kezelések koncentrációfüggően növelték a gomba micéliumtömegét. Mindennek a talajok mangántartalmához is köze lehet, amennyiben az ahhoz való kötődéssel módosítja a *glyphosate* hatását. Tekintve, hogy a *Fusarium*-fajok közül igen sok mikotoxint termelő növényi patogén kerül ki, e fajok arányának növekedése nem tekinthető érdektelen mellékhatásnak [4]. Johal és Huber [7] igen sok növényi kórokozót (szóján pl. *Corynespora cassicola*, *Sclerotinia sclerotiorum*) sorolnak fel, melyeknek virulenciája a *glyphosate* alkalmazása után növekszik, közöttük több *Fusarium*-faj is (*F. graminearum*, *F. oxysporum*, *F. solani*) található. Véleményük szerint a *glyphosate* a mikroelemanyagcsere zavarain keresztül csökkenti a növények ellenálló képességét bizonyos növényi betegségek ellen.

A talajmikrobiom érintettsége után jelentek meg közlemények arról, hogy mindez a tápcsatornai mikrobiom esetén is okozhat elváltozásokat. Konkrétan *Salmonella*- és *Escherichia*-fajokra kifejtett hatást bizonyítottak [6, 8], amelyben azt tapasztalták, hogy ezek antibiotikumokra (*ampicillin*, *chloramphenicol*, *ciprofloxacin*, *kanamycin*, *tetracycline*) adott válaszreakciója változik. A *Salmonella*-fajok az Európai Unió Élelmiszer- és Takarmánybiztonsági



Gyorsriasztási Rendszere (*Rapid Alert System for Food and Feed, RASFF*) szerint a legsúlyosabb problémákat (lásd ételmérgezések) okozzák az európai élelmiszerpiacon. Ennek a következtetések szintjén az antibiotikum-rezisztencia kifejlődéséhez lehet kapcsolódása [9]. Vannak, akik ezt már kiterjeszteni próbálják szinte a teljes mikrobiális közösségre és az antibiotikumok hatáscsökkenésének lehetséges fő okaként gondolnak a *glyphosate*-ra. Utóbbi a bizonyítékok szintjén távol van még attól, hogy a *glyphosate* nem ismert kóroktanú betegségekkel (pl. autoimmun-betegségek, lyukasztás-szindróma stb.) való gyanúsítása érdemi lehetne, de a területen kiterjedt kutatómunka nagyon is hasznos lenne. A megfigyelt történések mindig kutatói hipotézisekre épülő vizsgálatokon alapulnak, de ez még nem tekinthető bizonyítéknak.

### Hatás gyomnövényekre – *glyphosate*-rezisztencia

A *glyphosate* gyakori alkalmazása, valamint a *glyphosate*-tűrő (GR) növények Európán kívüli terjedése a környezetben való megjelenését fokozza, és ez komoly szelekciós hatással van a gyomnövényekre (1. ábra). Eddig is ismert volt az, hogy néhány gyomnövény tűrőképessége eredendően magas, ilyenek például a fehér libatop (*Chenopodium album*), a selyemmályva (*Abutilon theophrasti*) és a bojtortárszertövis (*Xanthium strumarium*).

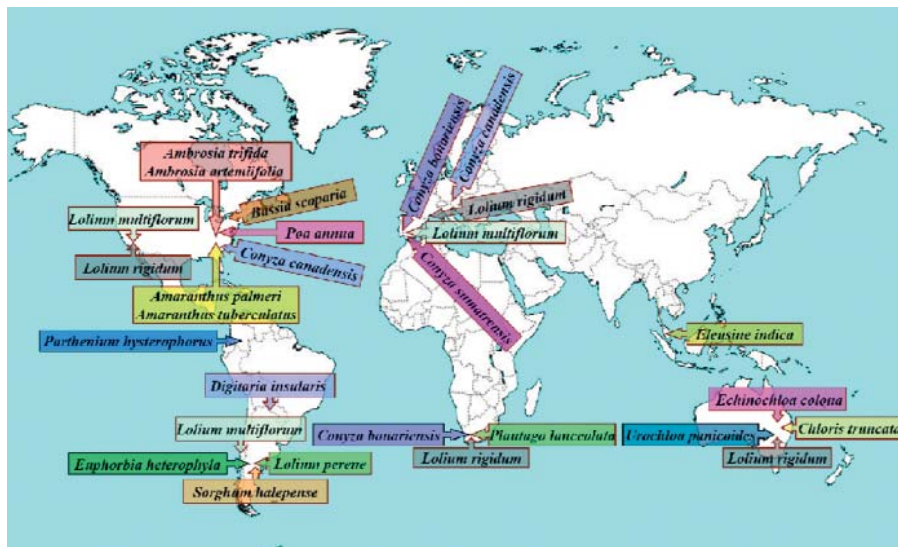
1996-ban Ausztráliából írták le a GR *Lolium rigidum* első populációját. 1997-ben követte ezt a GR aszályfű (*Eleusine indica*) Malajzián, a GR betyárkóró (*Conyza canadensis*) az Egyesült Államokban (2. ábra), a GR olaszperje (*Lolium multiflo-*



2. ábra. *Glyphosate*-rezisztens betyárkóró *glyphosate*-tűrő szójában

*rum*) Chilében. További ismert GR-fajok: Ausztráliából az *Echinochloa colona* (2007), az *Urochloa panicoides* (2008) és a *Chloris truncata* (2010); Dél-Afrikából a *Conyza bonariensis* (2003) és a lándzsás útifű (*Plantago lanceolata*, 2003); az Egyesült Államokból az ürömlevelű parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia*, 2004), az *Ambrosia trifida* (2004), az *Amaranthus palmeri* (2005), az *Amaranthus tuberculatus* (2005), a veszős seprűfű (*Bassia scoparia*, 2007) és az egynyári perje (*Poa annua*, 2010); Spanyolországból a *Conyza sumatrensis* (2009); Dél-Amerikán belül Argentínából a fenyércirok (*Sorghum halepense*) (2005), az angolperje (*Lolium perene*, 2008); Brazíliából az *Euphorbia heterophylla* (2006); Kolumbiából a *Parthenium hysterophorus* (2004) és Paraguayból a *Digitaria insularis* (2006) és *Lolium rigidum* [10]. 7–11-szeres *glyphosate*-dózisnak ellenálló *L. rigidum*-népességet írtak le Ausztráliából. A *glyphosate*-rezisztencia öröklődő természetű, azaz a kezelt területeken e gyomok felgyarapodására kell számítani. A GR-népeség vizsgálata során azt találták, hogy a *glyphosate* tűréseben szerepet játszó célenzim génjének (*epsps*) mutációja nem ritka a természetben. A *glyphosate* csök-

1. ábra. *Glyphosate*-rezisztens gyomnövények terjedése [5]



kent vagy megváltozott felvételére, transzlokációjára is felfigyeltek, illetve a sejtekben való sorsa is megváltozhat, ami GR-népességeket eredményezhet. Mindez a *glyphosate*-tűrő növények huzamos termesztése esetén pótlólagos, más hatóanyagokkal végzett gyomirtó hatású kezelést tesz szükségessé [4].

### Hatás gerinces állatokra

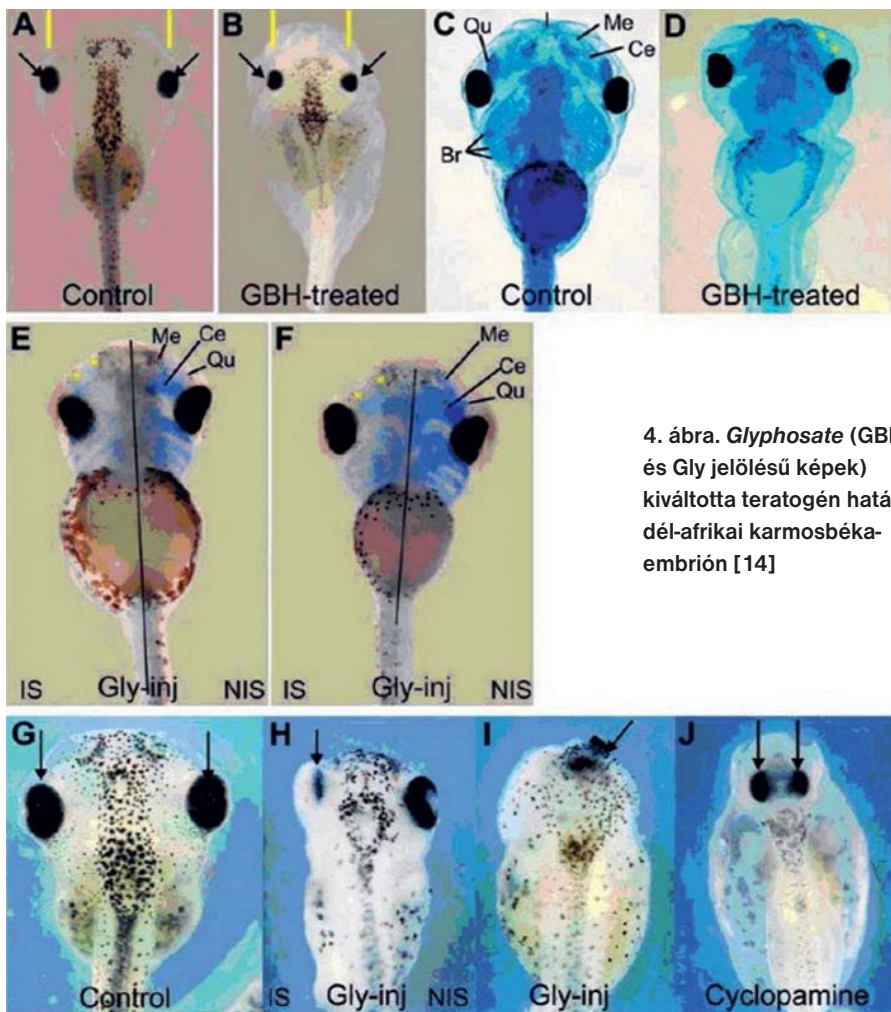
A felszíni vizekben megjelenő vegyületek (a *glyphosate* és *AMPA* ilyenek) külön figyelmet igényelnek az ökotoxikológia részéről, hiszen olyan közegbe kerülnek, amely a vízi életformák élőhelye, s amely egyben ivóvízbázisunk is. Az ivóvíz lecserélhető része a napi fogyasztásunknak, szennyvezése ezáltal krónikus kitettséget hoz létre, aminek következménye a krónikus betegségek lehetősége. Minden nagyon komoly figyelmeztetés.

Vízi ökoszisztémákból választott modellfajokon – baktériumokon (*Vibrio fischeri*), mikroalgákon (*Selenastrum capricornutum*, *Skeletonema costatum*), protozoákon (*Tetrahymena pyriformis*, *Euplotes vannus*) és rákféléken (*Ceriodaphnia dubia*, *Acartia tonsa*) – tesztelve számos vizsgálatban értékelték a *glyphosate*, formázott készítményei (pl. Roundup) és azok leggyakoribb formázóanyaga, a polietoxilált faggyúamin (*POEA*) toxikus hatásait. Az eredmények alapján a *POEA* hatását találták a legtoxikusabbnak [4].



3. ábra. Békaembriók kelés előtt (fotó: Felipe del Bosque)

A *glyphosate* a gerinces állatok többségén kedvező akut toxicitási értékkel rendelkezik. Meg kell jegyeznünk, hogy a napjainkban megkövetelt toxikológiai dokumentációkban sem a kétéltűeknek (3. ábra), sem a hullóknak nincs modellfaja. Talán nem is véletlen, hogy az *atrazine* után a *glyphosate* a második olyan gyomirtó, amely éppen kétéltű fajokon (ma a Föld legveszélyeztetettebb csoportjának tartják) mutatott kedvezőtlen hatása miatt akad fenn. Relyea [11, 12] számolt be a *glypho-*



4. ábra. *Glyphosate* (GBH és Gly jelölésű képek) kiváltotta teratogén hatás dél-afrikai karmosbéká-embrióon [14]

*sate* használatával kapcsolatos ebihalpusztulásokról (*Bufo americanus*, *Hyla versicolor*, *Rana sylvatica*, *R. pipiens*, *R. clamitans* és *R. catesbeiana*). Relyea és Jones (2009) az előzőekben felsoroltakhoz képest más békafajokat – *Bufo boreas*, *Pseudacris crucifer*, *Rana cascadea*, *R. sylvatica* – is bevontak a vizsgálatokba, és az LC<sub>50</sub> értéket 0,8–2 mg *glyphosate*-ekvivalens/l értéknek találták. Négy szalamandrafaj (*Amblystoma gracile*, *A. laterale*, *A. maculatum* és *N. viridescens*) vizsgálatakor ez az érték 2,7–3,2 mg *glyphosate*-ekvivalens/l volt. Ebben az esetben a *glyphosate* hatóanyag POEA felületaktív anyaggal volt formázva [3, 4].

Itt felvetődik az a fontos gond, hogy míg az engedélyezési vizsgálatok során a cégek hatóanyaggal dolgoznak, addig a gyakorlat már készítményekkel. Ez feltételezi azt, hogy a formázó anyagoknak nincs jelentős önálló toxicitása, illetve nincs szinergista hatása. Ez azonban ebben az esetben nincs így, hiszen a POEA-ról pontosan ilyen ismeretekre derül fény.

#### Teratogén hatás

Figyelmet érdemel a *glyphosate*-tartalmú készítmények teratogenitása (születési rend-

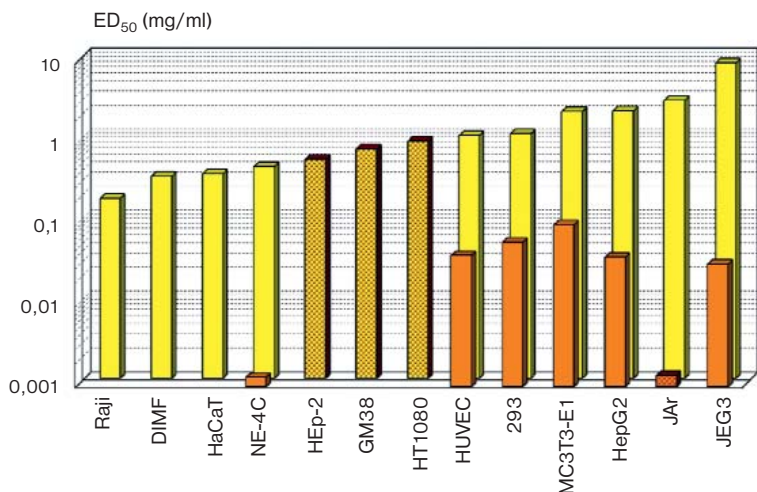
ellenességekkel járó elváltozások) is, amihez úgyszintén a kétéltű fajokról származnak a példák. *Xenopus laevis* békafaj embrióin (FETAX assay) a *glyphosate* hatása formulációfüggő. A természetben várható mennyiséghez – ez a legmagasabb alkalmazott dózissal 2,88 mg *glyphosate*-ekvivalens/l – közel kerül az alkalmazás szempontjából biztonságos határ. *Scinax nasicus* ebihalakon vizsgálva egy *glyphosate*-készítményt (Glyfos), azt találták, hogy 2–4 napos 3 mg/l kitettség után az ebihalak több mint fele torzfejlődési irányt vett [13]. A kezelés az LC<sub>50</sub> érték körüli koncentrációt jelentette.

A *glyphosate*-tartalmú gyomirtó szerek teratogén hatásait kétéltű- (*X. laevis*) és madár- (*Gallus domesticus*) embriókon is tesztelték. Születési dózisban, közvetlenül beinjekciózva (ez nem éppen természetes kezelési forma) az idegrendszer embriónális fejlődési szakaszában a rhombomérák elhelyezkedése és mintázata megváltozott; a velősánc területe csökkent; az anterior–poszterior-tengely megrövidült; a cefalikus markerek megjelenése gátolt volt. Emiatt a békaembriók hasonló fenotípusúvá váltak (4. ábra): a törzs megrö-

vidült, a fejméret csökkent, a szemek nem megfelelően vagy egyáltalán nem fejlődtek ki (*microphthalmia*), emellett egyéb koponyadeformitások jöttek létre a későbbi fejlődési stádiumokban. A magzatburkosok (Amnioták) közé tartozó csirkeembriókon tesztelve, hasonló teratogén hatásokat tapasztaltak. Ezek a fejlődési rendellenességek kapcsolatban állhatnak a retinolsav hatásviteli út vonal károsításával, melynek hatására bizonyos létfontosságú gének (*shh*, *slug*, *otx2*) kifejeződésének gátlása következett be. Ezek a gének az embriogenezis során, a neuruláció folyamatában kulcsfontosságú feladatokat töltenek be [14]. E cikkkel kapcsolatban a Monsanto, Syngenta és Dow munkatársai kritikai módon fel szólaltak.

#### Aktivitás (in vitro) különféle sejtvonalakon

Emlős és humán sejtvonalakon vizsgálódva nagyon eltérő toxicitást találtak (5. ábra) [6]. A Roundup készítmény a *glyphosate* hatóanyagnál minden vizsgált esetben erősebb hatást vált ki, ami azt mutatja, hogy a POEA ebbéli hatása jelentős. A *glyphosate* gátolja az ösztrogén-bioszintézisben kulcsfontosságú aromataz enzimet is. E hatást igazolta, hogy a hatóanyag *in vitro* tesztben is kapcsolódott az enzim kötőhelyéhez. A készítményben lévő formázó anyag felerősítette ezt a hatást a mikroszomális frakcióban (MTT-teszt). Különböző sejtvonalakon a *glyphosate* és a Roundup Bioforce hatását vizsgálva úgy találták, hogy a *glyphosate* aromatazgátló hatású, és a formázó anyag szinergizálja ezt. Három emberi sejtvonal vizsgálata alapján azt találták, hogy a *glyphosate* önmagában apoptózist indukál. Hazai vizsgálatokban bioszenzoros, holografikus mikroszkópiás és citofluorimetriás vizsgálatokban igazoltuk, hogy egérszteoblaszt-elősejteken a Roundup citotoxicitását döntően a POEA okozza, ugyanakkor a *glyphosate* a mezőgazdasági alkalmazás koncentrációján citotoxikus hatást ugyan nem, de citosztatikus hatást gyakorolt a vizsgált sejtekre [15]. A POEA és az AMPA kombinációban alkalmazva szinergista hatásokat mutat, hasonlóan a Roundup esetében tapasztalható együttműködéshez, és a kombinált hatás sejtnekrózist is kivált. A hatás erősítés vélhető magyarázata az, hogy a POEA oldódásfokozóként elősegíti a plazmamembránon a *glyphosate* átjutását és akkumulálódását a sejtben. A tiszta hatóanyaghoz képest a formázott készítmények esetén ez a gátlás négyszeres mértékű volt. Fentiek alapján bizonyítva látjuk, hogy a hatás nélkülinek



5. ábra. A glyphosate hatása sejtvonalakon. Megjegyzések: glyphosate – citromsárga; Roundup – narancssárga; Raji – Epstein-Barr víruszstranzformált humán limfocita; DIMF – *Misgurnus anguillicaudatus* diploid farokúszósejt; HaCaT – humán epitéliumsejt; NE-4C – egér neuroektodermális össejt; Hep-2 – humán epitéliumsejt 2; GM38 – humán fibroblasztsejt; HT1080 – humán fibroszarkómasejt; HUVEC – humán endotéliumsejt; HEK293 – embrionális vesesejt; MC3T3-E1 – egérszteoblaszt-elősejt; HepG2 – humán hepatómasejt; JAR – humán korioplacentasejt; JEG3 – humán koriokarcinómasejt [6]. Az MTT citotoxicitási tesz eredményeit egyszínű, a mutagenitási tesz eredményeit rácsosított mintázattal jelöltük

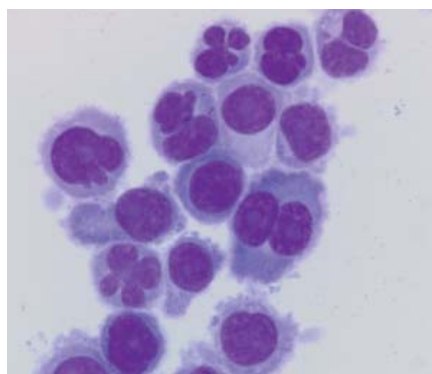
(inert) tartott POEA formázóanyag korántsem inaktív. Az Európai Unióban – és ezen belül hazánkban dicséretesen az első között – ennek a formázó anyagának a kivonása megtörtént a glyphosate készítményeiből. Mivel takarmányokban 400 mg/kg nagyságrendben is engedélyezett a glyphosate-maradék előfordulása, ezért keresték azt is, hogy ez milyen hatásokat eredményezhet emberi májsejtvonalon. Valamennyi kezelés koncentrációfüggő hatást mutatott citotoxicitási tesztekben, genotoxikusnak mutatkozott a comet-tesztben, továbbá antiösztrogén és antiandrogén hatásának találták [6].

*Drosophila*-fajon végzett recesszív letális mutációs tesztben figyeltek fel a Roundup mutagén hatására. Emelkedő glyphosate-mennyiségnél a testvérkromoszómákicserélődés (*sister chromatid exchange, SCE*) emelkedő arányát írták le emberi limfocitákban. Ahogyan a vegyületek mutagén hatásának felmérésénél lenni szokott, több vizsgálat nem találta a glyphosate hatóanyagot mutagénnek, így ilyesfajta besorolása sem található az EPA/IARC által készített GAP2000 adatbázisában [4, 6]. Több enzim megváltozott aktivitását viszont mérték glyphosate-kezelés után [4].

**Rákkeltő hatás**

De Roos és munkatársai [16] felmérései szerint a nem-Hodgkin limfóma előfordulásának kockázata növekszik a növényvédő

szereket felhasználók körében. Mindezt a glyphosate-tartalmú készítményekre is érvényesnek találták. Egy évvel későbbi vizsgálatban, az Egyesült Államok kukorica-övezetére és csak glyphosate-tartalmú készítményekre fókuszálva, a legtöbb rosszindulatú betegségre elvégezve az elemzést, a kóros plazmasejt-szaporodás (*myeloma multiplex, plasmocytoma* – 6. ábra) elő-



6. ábra. Kóros plazmasejt-szaporodás mikroszkópos képe (forrás: DSM)

fordulási gyakoriságának enyhe növekedését tapasztalták [17]. A mielóma a rosszindulatú hematológiai betegedések mintegy 10%-át teszi ki. Bár a betegség oka nem ismert, rizikófaktorai az autoimmun betegségek, bizonyos vírusok (*HIV* és *Herpes*), valamint egyes oldószerek gyakori használata. Egérbőrrák-modellkísérleteik alapján arról számoltak be, hogy a glyphosate

több speciális fehérje indukciója miatt bőrtumorok promotere lehet [18].

Séralini és munkatársainak élettartamra kiterjedő kísérletében a glyphosate itatása növelte a kísérleti patkányokban az öregkori emlőrák jelentkezését [19]. A publikált és sok vonatkozásban jogosan kritizált cikket az eredeti kiadó visszavonta, majd a szerzők máshol ismét megjelentették az írásukat. A tudományos közvélemény pillanatnyilag nem nagyon tud ezzel az üggyel mit kezdeni a tudományos körökben szokatlanul érzelmegzdag reakciók miatt. Tény, hogy az IARC glyphosate-ról szóló, úgyszintén igen sok vitát kiváltó monográfiájában [20], ami rákkeltéssel gyanúsítja (2A besorolás) a hatóanyagot, ez a közlemény említésre sem került (a minősítési vitákról bővebben a harmadik részben számolunk be).

**Hormonmoduláns hatás**

*Rana pipiens* ebihalak krónikus kitétségét vizsgálva azt találták, hogy a fejlődési rendellenességeken túlmenően azok 15–20%-ának gonádjai abnormális fejlődési irányt vettek és interszexuális jelleget mutattak [21]. A sejtvonalakon kimutatott antiösztrogén- és antiandrogén-hatás tehát a gyakorlatban is megjelent [22–24]. A glyphosate aromatazsgátló aktivitására is felfigyeltek [6]. Az Európai Unió most kezdett neki a növényvédőszer-hatóanyagok hormonmoduláns hatásainak vizsgálatához és minősítéséhez. Ezen a területen minden bizonnyal további súlyos és perdöntő vita bontakozhat ki, hiszen ez a hatás nagyságrendekkel a rákkeltő hatás alatt mutatkozik.

**Következtetések**

A glyphosate biológiai hatása rendkívül szerteágazó. Nem véletlen ez, hiszen aminosav-származék (glicin), s így sokféle életani folyamatba képes beleszólni. Feltűnő, hogy ez esetben a kételtűek csoportja több hatástípusban is előfordul, amit az egyébként túlérzékenyen reagáló ipari kutatás még csak nem is cáfol. Lehetséges, hogy a környezeti hatások megítélése nem lenne annyira éles, hogy egy hangos vitával érdemes lenne erre a közvélemény figyelmét felhívni? Annál energikusabb a rágszálókra (emlős modellfaj) és emberre vonatkozó hatások erőteljes támadása.

Napjainkban a mikrobiális hatások területén új frontvonalak nyílhatnak, és a hormonmoduláns hatások tárgyalása is sokat fordíthat a helyzeten, hiszen ennek bekövetkezte sokkal kisebb terhelés esetén jelentkezik már, mint a rákkeltő hatás. Ek-



kor a lehetséges immunmoduláns hatások tisztázása még fel sem merült. A *glyphosate* ismeretlen kóroktanú betegségekkel (pl. autizmus) való lehetséges kapcsolata jelenleg csak statisztikai alapokon nyugszik, amelyekről tudjuk, hogy két esemény hasonló viselkedése nem feltétlenül jelenti azt, hogy egymáshoz közük lenne, hogy egyik a másiktól ok-okozati úton következne. Ezeket az adatokat konkrét vizsgálatokkal kell a jövőben alátámasztani, ezért kísérletes bizonyításuk előtt nem térünk ki erre a területre.

IRODALOM

[1] Darvas B., Székács A.: A glyphosate herbicid – No1. Alkalmazás és környezetanalitika. Magyar Kémikusok Lapja (2018) 73, 186–190.  
 [2] Székács A.: A növényvédők szerek kockázatai. (1999) Magyar Tudomány 44 (1), 38–49. [http://epa.oszk.hu/00700/00775/00001/1999\\_01\\_06.html](http://epa.oszk.hu/00700/00775/00001/1999_01_06.html)  
 [3] Székács, A., Darvas B.: Forty years with glyphosate. In: Abd El-Ghany Hasaneen, M.N. (Ed.), Herbicides – Properties, Synthesis and Control of Weeds. InTech. Rijeka, 2012, 247–284. <https://www.intechopen.com/books/herbicides-properties-synthesis-and-control-of-weeds/forty-years-with-glyphosate>  
 [4] Darvas B., Fejes Á., Mörtl M., Bokán K., Bánáti H., Fekete G., Székács A.: A glyphosate alkalmazásának környezet-egészségügyi problémái. Növényvédelem (2011) 47, 387–401. <http://bdarvas.hu/download/pdf/DBGlyph2.pdf>  
 [5] Székács, A., Darvas, B.: Environmental and ecological aspects of first generation genetically modified crops regarding their impacts in a European maize producer country. Internat. J. Environ. Protect. (2012) 2, 9–15.  
 [6] Székács, A., Darvas, B.: Re-registration challenges of glyphosate in the European Union. Front. Environ. Sci. (2018) 6, 78. doi: 10.3389/fenvs.2018.00078

[7] Johal, C. S., Huber, D. M.: Glyphosate effects on diseases of plants. Eur. J. Agronomy (2009) 31, 144–152.  
 [8] Kurenbach, B., Gibson, P.S., Hill, A.M., Bitzer, A.S., Silby, M.W., Godsoe, W., Heinemann, J.A.: Herbicide ingredients change Salmonella enterica sv. typhimurium and Escherichia coli antibiotic responses. Microbiology (2017) 163, 1791–1801.  
 [9] Van Bruggen A, H. C., He, M. M., Shin, K., Mai, V., Jeong, K. C., Finckh, M. R., Morris, J. G. Jr.: Environmental and health effects of the herbicide glyphosate. Sci. Total Environ. (2018) 616–617, 255–268.  
 [10] Heap, I. (Epubl.): International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Herbicide Resistance Action Committee, North American Herbicide Resistance Action Committee, and Weed Sci. Soc. Am. <http://www.weedscience.org/Summary/UspeciesMOA.asp?stMOA-ID=12>  
 [11] Relyea, R. A.: The lethal impacts of Roundup and predatory stress on six species of North American tadpoles. Arch. Environ. Contam. Toxicol. (2005) 48, 351–357.  
 [12] Relyea, R. A., Jones, D. K.: The toxicity of Roundup Original Max to 13 species of larval amphibians. Environ. Toxicol. Chemistry (2009) 28, 2004–2008.  
 [13] Lajmanovich, R. C., Sandoval, M. T., Peltzer, P. M.: Induction of mortality and malformation in Scinax nasicus tadpoles exposed to glyphosate formulations. Bull. Environ. Contam. Toxicol. (2005) 70, 612–618.  
 [14] Paganelli, A., Gnazzo, V., Acosta, H., López, S. L., Carrasco, A. E.: Glyphosate-based herbicides produce teratogenic effects on vertebrates by impairing retinoic acid signaling. Chem. Res. Toxicol. (2010) 23, 1586–1595.  
 [15] Farkas, E., Szekacs, A., Kovacs, B., Olah, M., Horvath, R., Szekacs, I.: Label-free optical biosensor for real-time monitoring the cytotoxicity of xenobiotics: a proof of principle study on glyphosate. J. Hazard. Mater. (2018) 351, 80–89.  
 [16] De Roos, A. J., Zahm, S. H., Cantor, K. P., Weisenburger, D. D., Holmes, F. F., Burmeister, L. E., Blair, A.: Integrative assessment of multiple pesticides as risk factors for non-Hodgkin's lymphoma among men. Occup. Environ. Med. (2003) 60., Epubl. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1740618/pdf/v060p00e11.pdf>  
 [17] De Roos, A. J., Blair, A., Rusiecki, J. A., Hoppin, J. A., Svec, M., Dosemeci, M., Sandler, D. P., Alavanja, M. C.: Cancer incidence among glyphosate-exposed pesticide applicators in the agricultural health study. Environ. Health Perspect. (2004) 113, 49–54.  
 [18] George, J., Prasad, S., Mahmood, Z., Shukla, Y.: Studies on glyphosate-induced carcinogenicity in mouse skin: a proteomic approach. J. Proteomics (2010) 73, 951–964.  
 [19] Séralini, G.-E., Clair, E., Mesnage, R., Gress, S., De-farge, N., Malatesta, M., Hennequin, D., de Vendôme, J.P.: Republished study: long-term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize. Environ. Sci. Eur. (2014) 26 (1), 14. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5044955/>  
 [20] IARC: Glyphosate. In: Some Organophosphate Insecticides and Herbicides. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Vol. 112, 321–412. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol112/mono112.pdf>  
 [21] Howe, C. M., Berrill, M., Pauli, B. D., Helbing, C. C., Werry, K., Veldhoen, N.: Toxicity of glyphosate-based pesticides to four North American frog species. Environ. Toxicol. Chem. (2004) 23, 1928–1938.  
 [22] Benachour, N., Séralini, G.-E.: Glyphosate formulations induce apoptosis and necrosis in human umbilical, embryonic, and placental cells. Chem. Res. Toxicol. (2009) 22, 97–105.  
 [23] Gasnier, C., Dumont, C., Benachour, N., Clair, E., Chagnon, M.-C., Séralini, G.-E.: Glyphosate-based herbicides are toxic and endocrine disruptors in human cell lines. Toxicology (2009) 262, 184–191.  
 [24] Walsh, L. P., McCormick, C., Martin, C., Stocco, D. M.: Roundup inhibits steroidogenesis by disrupting steroidogenic acute regulatory (STAR) protein expression. Environ. Health Perspect. (2000) 108, 769–776.

## A „Magyar Tudósok” sorozat kémikusoknak ajánlott kötetei a Lexica Kiadó gondozásában

A „Magyar Tudósok” könyvsorozatot a Lexica Kiadó 2011-ben indította. A kiadó célja a hazai és a nemzetközi tudományos életben elismert tudósok életpályájának saját közlésükön alapuló bemutatása – elsősorban a szélesebb közönség számára. A könyvek ugyanakkor személyességük-nél fogva érdekes és új ismereteket közvetítenek az adott szakterület művelői, a kollégák számára is. 2018 májusáig a sorozat 11 kötete jelent meg.

A könyvek immár hagyományosan a gyermekkor, a családi háttér bemutatásával kezdődnek, majd folytatódnak a középiskolai és az egyetemi évek meghatározó eseményeinek, fontos és érdekes élményeinek ismertetésével, ezután áttekintést adnak a mozgalmas pályáról, a főszereplő hazai és nemzetközi kapcsolatairól, a tudományos közéletben betöltött szerepéről. Külön fejezetek foglalkoznak a tudósoknak a tudományterületükön túli érdeklődésével, a nagyközönség számára is érdekes eseményeivel.

A sorozat több kötetének megjelenését támogatta a Magyar Tudományos Akadémia, illetve az MTA valamely intézete, a Miniszterelnökség, egy esetben egy hálás tanítvány.

**A sorozat kémikusoknak ajánlott kötetei:**

Ézsiás Erzsébet: Tudás, türelem, tisztesség – Náray-Szabó Gábor életpályája (2013)

Ézsiás Erzsébet: A tudomány nagykövete – Kroó Norbert életpályája (2013)

Sohár Pál: Elveimhez híven, konokul (2016)

Silberer Vera: A kutatás kaland – Életút-beszélgetések Beck Mihállyal (2017)



Szalai Barnabás Tamás: A Fasori Gimnáziumtól a Műgyetemig – Liptay György életútja (2017)

Silberer Vera: Új iparág a semmiből – Életút-beszélgetések Nagy Józseffel (2017)



A könyveket a Lira és a Libri cégek terjesztik, és megrendelhetők a Bookline webáruházon keresztül is. További információ: [lexicakiado@gmail.com](mailto:lexicakiado@gmail.com).

**Buzás Ilona**