

Darvas Béla – Székács András

A glyphosate

Első rész

Alkalmazás és környezetanalitika

Több részből álló cikksorozattal számolunk be a meglehetősen sok port kavart glyphosate gyomirtó szer – talán olvasóink a magyarban jobban elterjedt glifozát néven ismerik – történetéről. Én mint fiatal kutató nem szabályos kémiai nevén *N*-foszfonometil-glicin néven emlegettem, amikor a foszfonsavszármazékok fémkomplexeivel foglalkoztam. Magyar vonatkozása a vegyületnek, hogy ez a jól ismert „Glialka” hatóanyaga. Nagyon híres, elterjedt, nagy karriert befutott gyomirtó szer. A Monsanto nemzetközi konszern sikerterméke lett: óriási bevételeket hozott és hoz még ma is a vállalatnak. Az idők múlásával, a tudomány fejlődésével a híres termék hírkedetté kezdett válni, mert egyre több káros hatását ismerték fel. Az Európai Bizottság több alkalommal tűzte a kérdést napirendre, de végül mindig haladékot adott a termék használhatóságának. Új időszakot nyithat a vitáknak az a 2018. kora tavaszi hír, hogy a Bayer cég megvásárolja a Monsanto európai érdekeltségeit. A viták 2018-ban az EU bizottságaiban folytatódhatnak. Talán nem érdektelen, ha olvasóink kicsit részletesebben megismerkednek ezen sok vihart kavart szer kémiaiájával, biológiai hatásaival és az eddigi jogi történésekkel. Erre vállalkozik a következő háromrészes cikksorozat szakavatott szerzők tolmácsolásában.

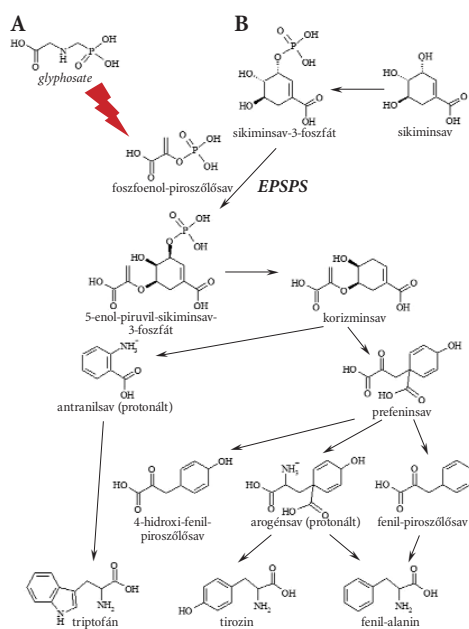
Fogadják cikkeinket szeretettel.

Kiss Tamás
felelős szerkesztő

A glyphosate (amino-metil-foszfonsav, **1. ábra, A**) gyomirtó-szer-hatóanyag korunk legnagyobb jelentőségű növényvédőszer-hatóanyaga. Háromrészes cikksorozatunkban áttekintjük a vegyülettel kapcsolatos alkalmazás és környezetanalitikai (1. rész), toxikológia és ökotoxikológia (2. rész), valamint a sok vitát kiváltó európai újraengedélyezés (3. rész) tényeit.

A hatóanyag írásmódja magyarázatra szorul, mert nem fonetizálható, lévén *ISO* (*International Organization for Standardization*) helyesírású, amely egyik nemzet nyelvén sem íródott – így a kiejtés szerinti fonetizálás sem lehetséges –, illetve az ún. köznap hatóanyagnév (*common name*) helyesírásában is az egységességre kell törekedni. A növényvédőszer-hatóanyagokat ma a *Pesticide Manual* nemzetközi referencia-kézikönyv rendszerezi, így az abban szereplő jóváhagyott név és helyesírása a szabatos [1]. A hatóanyagnevek hazai fonetikus átírási gyakorlatából az évek során számos anomália keletkezett, hiszen egy hatóanyag nevének akár több indokolatlan átírata is született (pl. *dichlorvos*: diklórfosz, diklórfos stb. – miközben az eredeti írásmód nem is indokolja ezt a fajta átírást), megnehezítve a szakirodalmi eligazodást. Esetünkben a gyakorlat „glifozátnak” írja a nevet, de ezt a magunk részéről helytelen szlengnek gondoljuk.

A *herbicide* sem magyar szakszó, és a szerzők sem szívesen használják. A magyar szaknyelv – a felhasználásra összpontosítva – gyomirtónak fordította ezt az elnevezést. Kétségtelen, hogy a fő felhasználási mód itt a gyomirtás (**2. ábra**), azonban az állományszáritás (deszikkálás) elterjedt gyakorlata miatt a kultúr-növény célzott elpusztításáról is szó van, mint a totális hatású



1. ábra. A glyphosate gyomirtó-szer-hatóanyag (A) és hatásmechanizmusa (B): a sikiminsav-anyagcseréut, s ezen keresztül az aromás aminosavak bioszintézisének gátlása. A glyphosate a folyamat köztiterméke, az 5-enol-piruvil-sikiminsav-3-foszfát (EPSP) képződését gátolja meg azáltal, hogy a reaktáns foszfoenol-piroszölősav helyett kötődik a reakciót katalizáló EPSP-szintáz (EPSPS) enzimhez



2. ábra. Tarlókezelés *glyphosate*-tal

szereknél mindig. Ez a növényirtó (*herbicide*) szó jogosságát itt felveti.

A *glyphosate* gyomirtó hatását Baird és munkatársai írták le [2]. A US 3.799.758 számú alapszabadalmat (feltaláló: John Franz) – amelyet számos további követett – 1971-ben nyújtotta be és 1974-ben kapta meg a Monsanto Corp. [3]. A hajdani KGST-országokban az eljárási szabadalom intézménye alapján kezdődött gyártás. A *glyphosate* a kilencvenes évek közepére az értékesítési statisztikák élére került. Ma a világon legjobban fogyó hatóanyag: egymaga a teljes növényvédőszer-piac majdnem egynegyedét teszi ki. Ebben jelentős szerepet játszott, hogy 2000 óta generikus hatóanyagként bárki gyárthatja, továbbá hogy a géntechnológiai úton módosított (GM) fajtacsoportok között a legnagyobb kereskedelmi sikert a *glyphosate*-tűrő (GT) növények érték el.

A kínai vegyi gyárak (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.) szerepe a hatóanyaggyártásban meghatározóvá vált, ráadásul jelenleg a termelési kapacitásuk felét használják csupán ki. Kína arra spekulált, hogy a növényi géntechnológiát Európában is gyorsan bevezették, de nem így történt: nincs az Európai Unióban vetésre engedélyezett GT-fajtacsoport. Az európai tartózkodás nyomán Kína is nagyon visszafogottan halad ezen a területen, és a világ GM-növény vetésterületének csak 2%-a tartozik hozzá.

A *glyphosate* az aminosav-származékok csoportjába tartozó totális gyomirtó, amelyet eredetileg vetés előtti (preemergens) gyomirtásra, valamint ruderális területek gyommentesítésére szántak. Ebben közrejátszott, hogy a növények a leveleiken keresztül a hatóanyagot felveszik, és az a bazipetális transzlokációval lejut a gyökerekbe. Ez tette lehetővé, hogy a nehezen irtható tarackos gyomok ellen is használható. Már a kezdetekben felfigyeltek arra, hogy egyes gyomnövények, így például a selyemmályva, nem érzékenyek a hatóanyagra (3. ábra). Később azt is észrevették, hogy egyes – eredetileg érzékeny – növényfajokból gyorsan *glyphosate*-rezisztens népszerűségek szelektálódnak ki, ami



3. ábra. Selyemmályva-gyomosodás *glyphosate*-tűrő GM-kukoricában

a további védekezés akadályát jelenti. Ilyenkor más hatóanyagokat javasolnak (pl. 2,4-D, dicamba stb.). Az érintett növényfajok a betyárkóró és a lándzsás útifű, amelyeket mára több is követett.

Az eredeti szabadalom és annak számos meghosszabbítása nyomán nyert jogi oltalom lejárta után széles körű generikus forgalmazás (nálunk Agan, Agro-Chemie, Calliope, Cheminova, Pinus, Sinon) következett, de a hatóanyag ma is a Monsanto egyik vezető terméke, amit a GT-növények szabadalmainak köszönhet (Roundup → Roundup Ready). Nemzetközileg ismert főbb gyártók a Dow, a Syngenta és a NuFarm. A GM-növények gazdaságilag legfontosabb csoportjait erre a hatóanyagra tették tűrőképessé, ami jelentősen bővítette (vö. posztemergens felhasználás) a hatóanyag lehetőségeit [4], s ezzel a környezetszennyező hatását is növelte.

A *glyphosate* hatásmechanizmusa

A *glyphosate* a növényekben az aromás aminosavak bioszintézise során lezajló sikiminsav-anyagsereutat gátolja. A *glyphosate* – amely a glicin származéka – megakadályozza a központi intermedier kialakulását katalizáló enzim, az 5-enol-piruvilsikiminsav-3-foszfát-szintáz (EPSPS) működését oly módon, hogy a foszfoenol-piroszólósav átmenetiállapot-analójaként az enzimhez kötődik (1. ábra, B). Ez az anyagsereút-gátlás a triptofán, a fenil-alanin és a tirozin szintézisét akadályozza meg, ami rövid időn belül a növény pusztulását okozza. Mivel az összes magasabb rendű növényben megtalálható ez a metabolikus út, ezért a hatás elvileg totális. Az *epsp*-gén azonban könnyen mutálódhat, s a *glyphosate* hatóanyagra kevésbé érzékeny változatok (melyekhez a *glyphosate* kevésbé kötődik) jöhetnek létre. Vízőldhatóságának fokozása céljából a hatóanyagot ammónium-, izopropil-amónium-, nátrium-, illetve trimetil-szulfónium- (trimézium) sói formájában hozzák forgalomba [5].

A *glyphosate* formázása – faggyúamin-származékok (POEA)

A hatóanyag kijuttatásánál megoldásra váró feladat az alkalmazás optimalizálása, amit formázó anyagokkal érnek el. Ezek feladata a növényen való megtapadás fokozása, a lemosódás gátlása, a levél sejtjeibe való belépés segítése. A formázó anyagok könnyített engedélyezési körbe és a gyári szabadalmak körébe tartoznak, melyeknek pontos összetételét és mennyiségét a gyártó nem köteles megadni a termék biztonsági adatlapján sem: a készítmények valóságos összetevői így a kutatók előtt is rejtve maradnak. Növényvédő szerek esetében az alábbiak a gyakrabban használt formázó anyagok: kvaterner-ammónium-vegyületek, lauril-glükózid, lauril-glükóz-karboxilát, nátrium-alkil-poliglükózid-citrát, nátrium-alkil-poliglükózid-szulfoszukcinát, nátrium-dioktil-szulfoszukcinát, nátrium-dodecil-benzol-szulfonát, nonilfenol-polietilén-glikoléter, polietoxilált-alkil-foszfátészter, polietoxilált-faggyúamin (POEA), szekunder-alkohol-etoxilát. Gyártóik erre a területre szakosodott cégek laboratóriumai: BASF, Dow Chem, Kemcare Ltd, Lamberti SpA és Lankem Ltd.

A *glyphosate* hatóanyagnál a tapadást és a felszívódóképességet a kezdetekben faggyúamin-származékokkal fokozták, közülük is a POEA nevű vegyületcsoport széles körben elterjedt. Mindaddig, amíg ki nem derült (lásd a második részben), hogy a formázott készítmény mellékhatása több tesztben jelentősebb a tiszta hatóanyagénál. Ma a faggyúamin-csoportot éppen le-



váltják, és hazánk ebben Európában élenjáróan 2016-ban kivonásra jelölte a POEA-tartalmú *glyphosate*-készítményeket. Ezek: Agria Glypho, Omega, Clinic 480 SL, Dominator, Figaro, Gladiator 480 SL, Glialka 480 Plus, Glifostar 480 SL, Glyfogon, Glyfos, Glyphogan 480 SL, Glyphogan Classic, Hardflex 480 SL, NASA, Nufozát, Rodeo, Roundup Classic, Roundup Classic, Roundup Classic Plus, Roundup Forte, Sherif 480 SL, Taifun 360, Uyuni és Vesuvius. Ezzel a *glyphosate* hatóanyag egyidejű védelme mellett – amely gazdasági szempontú – hazánk elismerte a készítményeket ért toxikológiai kritikák jogosságát [6, 7].

Gyomirtás *glyphosate* hatóanyaggal

Gyomirtásra a növénytermesztés igen korai szakaszában sor kerül, ezért a termésben való szermaradék kialakulásának esélye csekély. Totális gyomirtók csak a kultúrnövény kelése előtt (preemergens módon), esetleg vetés előtt alkalmazhatók, így azokat szakszerű alkalmazás mellett a kultúrnövény jobbára fel se veheti. Más a helyzet a *glyphosate*-tűrő GM-növények esetében, ahol kelés után is alkalmazható ez a hatóanyag, és a tűrőképesség azt jelenti, hogy a felvett hatóanyag és bomlástermékei (metabolitjai) a kultúrnövényben keringenek, így szermaradékként mérhetők vissza. A *glyphosate*-tűrő növények esetében a gyapot az ismert példa, amennyiben argentin tamponokból *glyphosate*-szermaradékot mutattak ki [7].

A gyomirtási célú kijuttatás a talajt és vizeket szennyezi, az ott lévő élővilágra hat, valamint a permetezést végzők számára jelent komoly kitétséget. A felhasználási szabályokat betartó gyomirtási alkalmazás azonban kisebb kockázatot jelent, mint az állományszárítási felhasználás.

Állományszárítás *glyphosate* hatóanyaggal

Az állományszárítás (deszikkálás) lényege, hogy azon növényi részeket, amelyeket nem szükséges terményként betakarítani, még a termőföldi állományban kémiai kezeléssel elszáritják. A technológia kialakulását két természeti tényező sürgette. Az egyik, hogy ez a gyorsított betakarítási mód lehetővé tette a nagyobb termőképességű, hosszú tenyészidejű fajták választását. Ez Európában észak felé haladva egyre kritikusabb, és az európai *glyphosate*-felhasználás növekedése ennek a technológiának a következménye. Míg az Egyesült Királyságban a gabonaféléket, Németországban a sörárpát (a terület közel 20%-án) ilyen kezelés után takarítják be, addig nálunk gabonafélék esetén nincs erre szükség. Hazánkban a burgonya, az olajlen, a lencse, a napraforgó, a kukorica, a szója és az olajrepe betakarításakor választ-hatják a deszikkálást (4. ábra). A másik ok az, hogy a kémiai kezeléssel az egyenlőtlen fejlődésű növényállománynál (pl. talajfolt) a még zöldülő egyedeket is gyors száradásra kényszeríthetik, ami



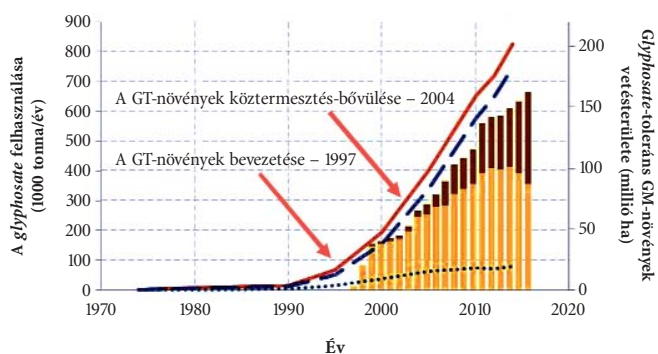
4. ábra. *Glyphosate* hatóanyaggal deszikkált napraforgó betakarítása

csökkenti a betakarítási veszteséget. Kritikus ennél a technológiánál az, hogy az érés közeli állapotban a szermaradék előfordulásának esélye a szemekben is nagy. Totális hatású gyomirtószerek-hatóanyagokat használnak erre a célra, így a *diquat*, a *bromoxynil* és a *glyphosate* engedélyezett. Az európai élelmiszer- és takarmánybiztonsági gyorsriasztási rendszer (RASFF) szerint a mért eredmények a lencsében eredményezték a legtöbb intézkedést. A nagyrészt törökországi tételek között biotermék jelzésű is akadt.

Glyphosate-tűrő GM-növények

A *glyphosate* hatóanyag preemergens alkalmazása után a gyomok többsége pár nap alatt elszárad. Ezen a helyzeten változtatott lényegesen a GT-növények megjelenése (szója, gyapot, kukorica, reepe, lucerna és cukorrépa), amelyek a posztemergens *glyphosate*-kezeléseket is tűrik. Közülük a Monsanto fajtacsoportjai a legismertebbek, amelyek Roundup Ready (RR) néven váltak ismertté, utalva arra, hogy ezeknek a növényfajtáknak az esetében a *glyphosate* hatóanyagú, Monsanto által gyártott Roundup gyomirtó szer a növények kelése után is alkalmazható. A Bayer Gly-Tol néven, a Pioneer/DuPont Optimum GAT néven jegyzi fajtaköréit, míg a Syngenta Agrisure GT megnevezéssel. A GT-fajták kifejlesztése során a növényi géntechnológusok kétféle stratégiát alkalmaztak: vagy a célenzim (*epsps*) mutáns génjét használták (*cp4 epsps*, *mepsps*, *2mepsps* – ez utóbbi kettőt kukoricából izolálták), vagy a *glyphosate*-ot lebontani képes enzimet kódoló gént (*gat*, *gox*) vittek be. Ennek következménye, hogy míg az első esetben a túlélő növényekben a *glyphosate* (RR és Agrisure GT fajtakörök), addig a második esetben az *N*-acetyl-*glyphosate* (NAG) (Optimum GAT fajtakör) és az aminos-*metilfoszfonsav* (AMPA – RR és Agrisure GT fajtakörök) bomlástermékek megnövekedett előfordulására számíthatunk a növényekben. Az 1997–1999-es időszakban végzett argentinai vizsgálatok arról számolnak be, hogy egy tenyészidőszakban 2–3 *glyphosate*-kezelés alkalmazása után – erre a gyommagvak elhúzódo kelése miatt van szükség – a betakarítás időszakában az RR-szója levelében és szárában 0,3–5,2 mg *glyphosate*/kg és 0,3–5,7 mg AMPA/kg, míg a termésben 0,1–1,8 mg *glyphosate*/kg és 0,4–0,9 mg AMPA/kg értékek mérhetők [8]. Ma 2,4-*D*, *dicamba*, *glufosinate*, *glyphosate*, *oxynil*, *isoxaflutole*, valamint szulfonil-karbamid- és

5. ábra. A globális *glyphosate*-felhasználás és a *glyphosate*-toleráns (GT) géntechnológiai úton módosított (GM) növények köztermesztésének alakulása: mezőgazdasági felhasználás (szaggatott vonal), nem mezőgazdasági felhasználás (pontozott vonal), összfelhasználás (folytonos vonal), egyszeres genetikai eseményt (világos oszlopok) és többszörös genetikai eseményt (sötét oszlopok) tartalmazó GT-növények vetésterülete [7]





imidazolinonszármazék hatóanyagokra tűrőképes GM-növények is ismertek.

A glyphosate hatóanyag forgalma világszerte

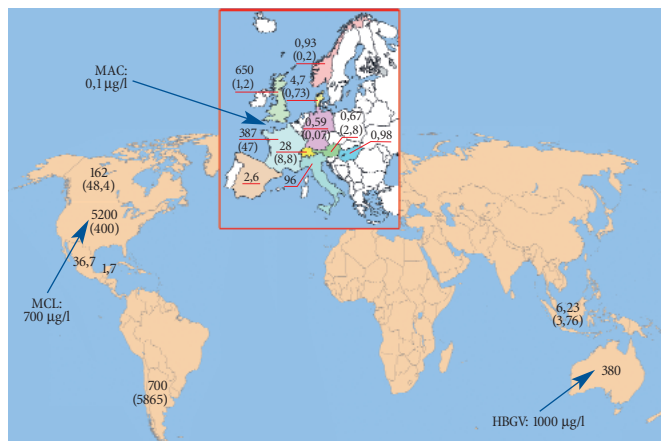
A fent említett technológiák nyomán a glyphosate hatóanyag használata világszerte folyamatosan növekszik, részint az állományszáritási technológia, részint pedig a GT-növényeken a hatóanyag posztemergens használata nyomán (5. ábra). Napjainkra a felhasználás megközelíti az évi egy megatonnát: ilyen hatalmas anyagmennyiség kijuttatása pedig még a legkevésbé toxikus idegen anyag (xenobiotikum) esetében is súlyos környezetterhelést jelent. Bár a hatóanyag kedvező körülmények között viszonylag gyors lebomlású, kedvezőtlen esetben 3–5 hónap is lehet (felezési idő, DT_{50} , vízben 1–91 nap, talajban 1–130 nap [1]), így a le nem bomlott hatóanyagot és a bomlástermékeket is magában foglaló szermaradékaik megjelennek a terményekben és a környezeti mátrixokban.

A glyphosate vízszennyezése

A glyphosate egyes sói jelentős, a szabad foszfonsav hatóanyaghoz képest egy-két nagyságrenddel nagyobb vízdékonysággal (11,6 g/l 25 °C-on) rendelkeznek. A vízoldhatósági sorrend: trimetil-sulfóniumsó \cong izopropil-ammóniumsó > káliumsó > nátriumsó > ammóniumsó > glyphosate, így a hatóanyag az esővízzel a talaj mélyebb rétegeibe is eljut annak ellenére, hogy bizonyos körülmények között gyorsan bomlik és erős komplexképző tulajdonsága van. Elsődleges bomlástermék növényben, vízben és talajban is az AMPA, mely talajban sokkal mobilisabb, mint a kiindulási hatóanyag.

A glyphosate meghatározására kifejlesztett analitikai módszerek javarészt folyadékkromatográfiás (LC) elválasztáson alapulnak, minthogy a gázkromatográfia (GC) e vegyületnél poláros és ikerionos szerkezet miatt csak hosszadalmas minta-előkészítés után használható. A GC-módszerrel növényi mintákban elérhető visszanyerések 70% felettieknek, a kimutatási határ 0,05 mg/kg értékűnek bizonyult. Az újabb LC-módszerek, egyszerűbb mintaelőkészítéssel, gyorsabb megoldást nyújtanak a meghatározására, de ezek sem nélkülözhetik a származékképzést, ami a megfelelően alacsony kimutatási határ eléréséhez szükséges. A legújabb LC-MS-ESI-módszerekkel teljesíthetők az EU ivóvizek növényvédőszer-maradékaira vonatkozó, 0,1 $\mu\text{g/l}$ határértékű előírásai. A kromatográfiás eljárások mellett immunanalitikai módszerek is használhatók. Míg a kilencvenes évek elején még úgy tartottuk, a glyphosate ellen nem nyerhető jó antitest, egy évtizedre rá sikerült megoldani az immunizálás nehézségeit [9]. Az enzimjelzéses immunoassay (ELISA) eljárások nyomán immun-szenzorok kifejlesztéséről is beszámoltak már.

2002-ben az Egyesült Államok középnyugati felszíni vizeiben a minták 35–40%-ában mértek glyphosate-ot maximálisan 8,7 $\mu\text{g/l}$ mennyiségben, miközben az AMPA a minták 53–83%-ából volt akár 3,6 $\mu\text{g/l}$ koncentrációban kimutatható. Kanadai mérésekben, a 2004–2005 alatt vizsgált 502 minta 21%-ában mutattak ki glyphosate-szennyezettséget, amelynek maximuma 41 $\mu\text{g/l}$ (AMPA-maximum 30 μg glyphosate-ekvivalens/l) volt. Ezek a mérések figyelmeztető jelzésként értékelhetők arra, hogy felszíni vizeink szennyezettsége kitüntetett figyelmet érdemel. Míg az észak-amerikai glyphosate-eredetű vízszennyezés igen jelentős (6. ábra), addig hazánkban lényegesen alacsonyabb értékeket mérünk [6, 7, 9–11].

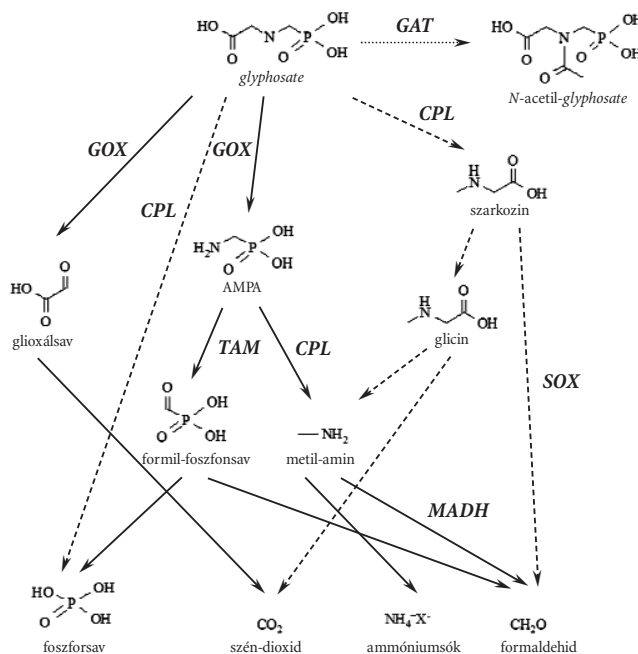


6. ábra. A glyphosate globális felszínvíz-szennyezése: a jelentett legmagasabb felszínvíz- és talajvízszennyezési értékek világszerte [7]. Az ivóvízben megengedett határértékek egyes régiókban: legmagasabb megengedhető koncentráció (maximum admissible concentration, MAC) az Európai Unióban, legmagasabb szennyezősint (maximum contaminant level, MCL) az Egyesült Államokban, egészségügyi alapú irányérték (health-based guideline value, HBGV) Ausztráliában

A glyphosate talajszennyezése

A glyphosate a talajban egyedi sajátosságokkal rendelkezik. A növényvédő szerek általában a talajok szervesanyag-tartalmához kötődnek, mivel legtöbbjük molekuláiban az apoláris csoportok dominálnak. Az alapvegyület (N-foszfonometil-glicin) és bomlástermék (AMPA) a szokásostól eltérő kémiai viselkedésének eredménye, hogy rutinszerű környezeti vizsgálatokkal nem mutathatók ki [7].

7. ábra. A glyphosate és lehetséges sorsa egyes lebontó enzimek közreműködésével. Oxidatív lebontás (folytonos nyilak), nem hidrolitikus lebontás (szaggatott nyilak), inaktiválás növényben (pontozott nyíl). Jelmagyarázat az átalakító enzimek (dőlt betűvel) neveihez – GOX: glyphosate-oxidoreduktáz, GAT: glyphosate-N-acetiltranszferáz, CPL: C–P-liáz, SOX: szarkozin-oxidáz, TAM: transzamináz, MADH: metil-amin-dehidrogenáz





A *glyphosate* esetében különbségek vannak a laboratóriumban, illetve a szabadföldön mért DT₅₀-értékek között. A hatóanyag lebomlását laboratóriumi körülmények között kedvezőnek találták (7. ábra); a DT₅₀-érték talajban 47 nap, vízben 91 nap. A molekula felezési ideje szabadföldi körülmények között néhány naptól akár néhány hónapig vagy évig is terjedhet. Ennek oka egyrészt a talajrészecskékhez való kötődés, amelyben a *glyphosate* a talajszemcséken megkötődve fémionokkal (Al, Fe, Mn, Zn) komplexet képez. Másrészt pedig a *glyphosate* lebomlásának mértéke nagyban függ a talaj mikrobiális aktivitásától, amelyben a *Pseudomonas*-fajok szerepét emelik ki. Finn környezetkémikusok alacsony foszfortartalmú észak-európai homoktalajokban az alkalmazás után 20 hónappal a kijutatott mennyiségnek *glyphosate* esetében 19%-át, AMPA esetében 48%-át mérték.

A *glyphosate* és szermaradék-problémái

A *glyphosate* megjelenése az italainkban (víz, sör, bor) és élelmszereinkben (brit péksütemények) vezetett oda, hogy vérben, anyatejben (ez esetben csak ELISA-módszerrel mérték) és vizeletben is kimutatták ezeket. Európában a vizsgált személyek 40%-ának vizeletében mérték szennyeződést, ami komoly figyelmeztetés, s ami miatt e hatóanyag szabad felhasználásának korlátozása elkerülhetetlen. Jelenleg előképzettség nélkül vásárolható. A laikus alkalmazók azonban nincsenek tisztában a hatóanyag környezeti és egészségügyi veszélyeivel.

2014-ben 22 európai országban vizsgálva a minták közel 4%-ában találtak *glyphosate*-maradékokat. Ezek között méz- és szójaszószmintákat is találtak. Az értékek a maximálisan elfogadható szermaradékszint (MRL) alatt voltak, kivéve a szárazbabot (2,3 mg/kg). Az RASFF vizsgálatait tekintve a gyakorisági adatok szerint a lencse, napraforgó, borsó, mustár, len, szója, zab, búza, árpa és rozs említhetők, vagyis azok a kultúrák, ahol állományzárti

tási célra alkalmazzák a *glyphosate* hatóanyagot [7]. Külön ki kell emelnünk, hogy az Egyesült Államokban megengedett *glyphosate*-vízszennyezés hétezerszer magasabb (700 µg/l), mint az Európai Unióban, ami az egyik a legsúlyosabb környezet-egészségügyi ellentmondás.

IRODALOM

- [1] MacBean, C. (Ed.): *Glyphosate*. In: *The Pesticide Manual*. 16th Edition, Brighton, UK, British Crop Protection Council, 2012, 586–590.
- [2] Baird, D. D., Upchurch, R. P., Homesley, W. B., Franz, J.E.: Introduction of a new broad-spectrum postemergence herbicide class with utility for herbaceous perennial weed control. *Proc. North Cent. Weed Control Conf.* 1971, 26, 64–68.
- [3] Franz, J.E.: N-phosphonomethyl-glycine phytotoxicant compositions. United States Patent Office No. 3,799,758, 1974. <http://cehn-healthykids.org/wp-content/uploads/2017/06/US3799758-1974.pdf>
- [4] Darvas B., Fejes Á., Mörtil 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.: 13. Gyomirtó szerek. In: Darvas B., Székács A. (szerk.) *Mezőgazdasági ökotoxikológia*. I'Harmattan, Budapest, 2006, 95–112.
- [6] Székács, I., Fejes, Á., Klátyik, S., Takács, E., Patkó, D., Pomóthy, J., Mörtil, M., Horváth, R., Madarász, E., Darvas, B., Székács, A. Environmental and toxicological impacts of *glyphosate* with its formulating adjuvant. *Int. J. Biol. Vet. Agric. Food Engineering* (2014) 8, 212–218.
- [7] Székács, A., Darvas B.: Re-registration challenges of *glyphosate* in the European Union. *Frontiers Environ. Sci.* (2018) (in press)
- [8] Arregui, M.C., Lenardón, A., Sanchez, D., Maitre, M.I., Scotta, R., Enrique, S.: Monitoring *glyphosate* residues in transgenic *glyphosate*-resistant soybean. *Pest Manag. Sci.* (2004) 60, 163–166.
- [9] Mörtil, M., Maloschik, E., Juracsek, J., Székács, A.: Növényvédőszer-maradékok gázkromatográfiás és immunanalitikai meghatározásának eredményei vizekben és talajokban. In: *Komplex monitoring rendszer összeállítása talaj-mikroszennyezők analitikai kimutatására és biológiai értékelésére a fenntartható környezetért. MONTABIO-füzetek IV.*, 2010, 30–37. [http://bdarvas.hu/download/pdf/MONTABIO_fuzet_IV_A5\[1\].pdf](http://bdarvas.hu/download/pdf/MONTABIO_fuzet_IV_A5[1].pdf)
- [10] Mörtil, M., Németh, Gy., Juracsek, J., Darvas, B., Kamp, L., Rubio, F., Székács, A.: Determination of *glyphosate* residues in Hungarian water samples by immunoassay. (2013) *Microchem. J.* 9, 143–151. <http://bdarvas.hu/download/pdf/Mortletal.pdf>
- [11] Székács, A., Darvas B.: Forty years with *glyphosate*. In: Abd El-Ghany Hasaneen, M.N. (Ed.), *Herbicides – Properties, Synthesis and Control of Weeds*. Rijeka, InTech, 2012, 247–284. <https://www.intechopen.com/books/herbicides-properties-synthesis-and-control-of-weeds/forty-years-with-glyphosate>

Kutasi Csaba

A kékfestő textilmintázás és kémiai vonatkozásai

A régebbi kémiai textilmintázási eljárások egyike a kékfestés, pontosabban a kékfestéssel történő mintás kelme előállítás. *Lényege egy olyan gátló (rezerváló) nyomási eljárás, amelynél a fehér textilanyagra mintásan felhordott védőréteg a későbbi indigókék színezésnél megakadályozza a fehér alap elszíneződését, így fehér mintázat alakul ki. Speciális fémsós pácokkal többszínű minták alakíthatók ki.*

A kékfestés Indiából terjedt el. A kék szín előállítására az ot-tani növényből (*Indigofera tinctoria*) származó festőindigót használták. A 16–17. századi kereskedelmi fejlődés eredményeként – az Afrikát megkerülő hajókaravánok jóvoltából – az indigónövényből nyert, rostmentes és tömbökbe formált színezőanyag eljutott Európába. Így a Franciaországban és Tübingenben termesztett és kevésbé gazdaságos festőnövényt, a csülleget

(*Isatis tinctoria*) felváltotta a tökéletes színezést biztosító indigószínezék.

A 18. században, a keleti kék-fehér porcelánok színhatását kölcsönző „Porzellan Druck” textíliákon megjelenő ún. rezerva-nyomási eljárása különleges külső képű kelméket eredményezett. Hazánkban az 1760-as években honosodott meg az ilyen jellegű vászonmintázás. A legkorábbi, évszámmal jelölt magyarországi kékfestő kelme feltehetően 1783-ból származik és Körmöcbányán készítették. A 18. században többek között Sopronban Kistler Jakab, Pápán Kluge Károly, Óbudán Goldberger Ferenc, Spitzer Gerson működtetett sikeresen kékfestő műhelyt. A 19. század közepén a Goldberger- és a szegedi Felmyer Antal-féle vállalkozás már üzemként gyártotta a kékfestő mintázású kelméket. Jelenleg is több kékfestőmester tevékenykedik hazánkban. A pápai Kékfestő Múzeumban pedig megelevenedik a több mint 230 éves Klu-