



M. Kovačić*

Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije
Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za polimerno inženjerstvo i organsku
kemijsku tehnologiju procesa, Savska cesta 16
10 000 Zagreb

Lomljenje koplja u vezi s glifosatom – poželjan ili nepoželjan?

Glifosat je predmetom kontroverzija posljednjih nekoliko godina, otkako je Svjetska zdravstvena organizacija upozorila na potencijalnu kancerogenost i genotoksične učinke na ljude.¹ Glifosat je aktivna tvar brojnih komercijalnih herbicida, među kojima je u svijetu najpoznatiji komercijalni pripravak imena *Roundup*, dok je u Hrvatskoj poznatiji kao *Cidokor*. Primjena glifosata iznimno je raširena u poljoprivredi i vrtlarstvu, a osobito u sprezi s genetski modificiranim usjevima. Mehanizam djelovanja zasniva se na inhibiciji enzima šikimat-kinaze u metabolizmu korova, nužnom za sintezu aromatskih aminokiselina, odnosno fenilalanina, tirozina i triptofana.²



Slika 1 – Primjena glifosata u polju genetski modificirane soje (izvor: <https://www.actagro.com/landing/actagropostharvest/tractor-spraying-pesticides-on-vegetable-field-with-sprayer-at-spring/>)

Donedavno, glifosat se u regulatornim krugovima smatrao herbicidom male toksičnosti prema sisavcima. Promjena statusa glifosata otvorila je svojevrstu Pandorinu kutiju, pri čemu su u SAD-u inicirane brojne tužbe protiv Monsanto, tvrtke koja je prvobitno glifosat razvila kao herbicid. Tijekom ove godine presuđene su astronomske prvostupajnske odštete oštećenima, a među njima je i odšteta od vrtoglavih 2,055 milijardi USD.³ Tužbe su temeljene na navodnim nepotpunim i neistinitim tvrdnjama Monsanto o toksičnosti glifosata, nepristranom uplitanju u studije toksičnosti glifosata te stvaranju pritiska na znanstvenu zajednicu. Navedene optužbe nisu jedini primjeri navodne nepoštene poslovne prakse Monsanto, naime tvrtka je optužavana za vehementnu politiku čuvanja patentnih prava svojih genetski modificiranih usjeva te borbe za zabranu isticanja mlijeka dobivenog bez uporabe rekombinantnog goveđeg somatotropina na etiketi ambalaže.⁴ Po-

zadina tog i sličnih problema je višeslojna, uključuje korporativne pritiske, politizaciju znanosti, napredak znanosti s vremenom i percepciju znanosti u javnosti. Principi znanstvenog integriteta, poput osiguranja pouzdanih i kvalitetnih rezultata istraživanja, iskrenosti, transparentnosti i kritičkog pristupa obradi, diseminaciji i prezentaciji podataka mogu pokleknuti pred političkim i korporativnim pritiscima. Milton Friedman, američki ekonomist i dobitnik Nobelove nagrade, ustvrdio je kako je jedina društvena odgovornost tvrtki povećanje profita. Doduše, Friedman smatra kako povećanje profita treba ostvariti u skladu sa zakonima i etičkim načelima: *“In a free-enterprise, private-property system, a corporate executive is an employee of the owners of the business. He has direct responsibility to his employers. That responsibility is to conduct the business in accordance with their desires, which generally will be to make as much money as possible while conforming to their basic rules of society, both those embodied in law and those embodied in ethical custom.”*⁵ Međutim, svjedoci smo kako se zakonski i etički okviri, nevezano uz slučaj Monsanto, često podređuju cilju povećanja profita. Znanost je od velike važnosti u korporativnom okruženju, ne samo za razvoj novih proizvoda već i za utvrđivanje sigurnosti istih proizvoda i procesa te njihovih utjecaja na radnike i javnost. Ishodi studija o sigurnosti utječu na odluke zakonodavaca i javno mnijenje. Medicinska istraživanja, pa tako i istraživanja u domeni toksičnosti, osobito su podložna sumnjivom integritetu. U velikom broju zastupljena su istraživanja s nereprezentativnim brojem uzoraka, preuveličanim minoritim učincima, netočnim analizama i čestim sukobima interesa.⁶ Zanimljiv je podatak kako klinička ispitivanja lijekova koja financira industrija u 85,4 % slučajeva rezultiraju pozitivnim ishodom, dok je to slučaj u svega 50,0 % studija koje financira država, prema istraživanju *Bourgeois i sur.*⁷ Premda takav podatak izaziva sumnjičavost, jedno od mogućih objašnjenja je da industrija na temelju preliminarnih, internih istraživanja procjenjuje perspektivnost pojedinih proizvoda prije no što se upusti u skupa klinička ispitivanja. Međutim, *Fabbi i sur.*⁸ upozoravaju na nepristranost korporativno financiranih istraživanja, što se može manifestirati odmicanjem fokusa s realnog problema te pokušaja iznalaženja sekundarnih rješenja. Navode slučaj tzv. *Sugar Research Foundation* iz 1950., organizacije koju financiraju proizvođači šećera SAD-a, kojoj je prioritet bio istraživanje učinkovitih načina za suzbijanje karijesa, izuzev restrikcije unosa ugljikohidrata. *Muggli i sur.*⁹ ukazivali su na praksu podmićivanja znanstvenika u iznosu od gotovo 10 000 USD, od strane duhanske industrije, kako bi uvjerali urednike relevantnih časopisa o benignosti pasivnog pušenja te ih potaknuli na odbacivanje studija koje ukazuju na njegovu opasnost. Nadalje, često je problematično zanemarivanje “loših” rezultata u praksi, pri čemu bi, racionalno gledajući, svaka nova spoznaja bez obzira na početne hipoteze trebala biti jednako vrijedna. Pozitivni ishodi su uvelike favorizirani, pri čemu su studije s negativnim ishodima podzastupljene u literaturi.¹⁰ U slučaju studija koje se dotiču toksičnosti glifosata, problem predstavljaju i zastarjeli podatci. *Vandenberg i sur.*¹¹ ističu kako u odobrenju Američke agencije za zaštitu okoliša za primjenu

* Dr. sc. Marin Kovačić
e-pošta: mkovacic@fkit.hr

glifosata u poljoprivredi, koje datira iz 1993. godine, 73 % od 300 citiranih literaturnih referencija datira prije 1985., od čega je svega 11 izvora recenzirano. Primjerice, autori su ustanovili kako je u proteklom desetljeću napravljeno preko 1500 studija o sigurnosti glifosata, koje bi potencijalno mogle promijeniti regulatornu perspektivu. Među njima je studija koja povezuje naizgled neobjašnjiva kronična nefrološka oboljenja poljoprivrednika u Šri Lanki te povećane rizike od ne-Hodgkinova limfoma uslijed primjene glifosata.¹²⁻¹⁴ *Samsel i Seneff*¹⁵ objavili su nekoliko radova o toksičnim učincima glifosata, a osobito je zanimljivo upozorenje o opasnosti ugradnje glifosata u peptide, odnosno peptoida, umjesto glicina. Međutim, *Mesnager i Antoniou*¹⁶ pak upozoravaju na pogrešnu upotrebu silogizma u dedukciji kronične toksičnosti glifosata u radovima *Samsela i Seneff*. Ističu kako su istraživanja deaktivacije citokroma CYP450 provedena pri nerelevantnim, iznimno visokim koncentracijama glifosata, koje nisu reprezentativne kroničnom izlaganju ljudi. Nadalje ističu interpretaciju toksičnosti na nereprezentativnim staničnim linijama, poput primjerice one od mrkve, za dedukciju toksičnosti na crijevnu floru ljudi. Osobito su kritični prema mehanizmu toksičnosti glifosata, koji pretpostavlja zamjenu glicina s glifosatom, ističući kon-

tradikcije u zaključcima. Ističu rezultate drugih studija, u kojima je kultura *E. coli* izložena velikim koncentracijama glifosata, što nije rezultiralo njegovom ugradnjom u peptide. U svakom slučaju, medijski napisi učinili su glifosat nepoželjnom tvari, koja izaziva strah u onima koji su ga donedavno liberalno upotrebljavali i kupcima voća i povrća u trgovinama. Potrebno je istaknuti i mogući problem američkog pravosudnog sustava u slučajevima poput tužbe protiv Monsanto. Naime, upitno je koliko je porota kadra donijeti odluku na temelju znanstvenih činjenica, odnosno pitanje je li predmet takvog slučaja suviše složen za porotu.¹⁷ Bez obzira na ishode tužbi, pripravnici na bazi glifosata od iznimno su velike važnosti u poljoprivredi danas. Tako je primjerice francuski predsjednik ustanovio kako će zabrana glifosata u Francuskoj biti teško provediva, usprkos restrikciji uvedenoj nakon sudske presude suda u Lyonu, u kojoj se navodi kako su regulatorna tijela uglavnom zanemarila negativne aspekte glifosata.^{18,19} Zaista, glifosat je jedan od najzastupljenijih herbicida na svijetu, ako ne i najzastupljeniji, zahvaljujući glifosatu rezistentnim genetski modificiranim usjevima. Tržišna vrijednost glifosata procjenjuje se na čak 8,79 milijardi USD u 2019., a do danas je upotrijebljeno preko 9 milijardi kilograma glifosata.^{20,21}

Literatura

1. URL: https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/11/QA_Glyphosate.pdf (30. 6. 2019.).
2. J. L. Rubin, C. G. Gaines, R. A. Jensen, Glyphosate inhibition of 5-enolpyruvylshikimate 3-phosphate synthase from suspension-cultured cells of *Nicotiana glauca*, *Plant Physiol.* **75** (1984) 839-845.
3. URL: <https://www.telegraph.co.uk/news/2019/05/14/california-jury-orders-monsanto-pay-2-billion-damages-couple/> (30. 6. 2019.).
4. URL: <https://www.vanityfair.com/news/2008/05/monsanto200805> (30. 6. 2019.).
5. M. Friedman, The Social Responsibility of Business Is to Increase Its Profits, u: W.C. Zimmerli, M. Holzinger, K. Richter (ur.), *Corporate Ethics and Corporate Governance*. Springer, Berlin, 2007., str. 173-174.
6. R. Horton, Offline: What is medicine's 5 sigma?, *The Lancet* **385** (2015) 1380, doi: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60696-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60696-1).
7. F. T. Bourgeois, S. Murthy, K. D. Mandl, Outcome reporting among drug trials registered in ClinicalTrials.gov, *Ann. Intern. Med.* **153** (2010) 158-166, doi: <https://doi.org/10.7326/0003-4819-153-3-201008030-00006>.
8. A. Fabbri, A. Lai, Q. Grundy, L. A. Bero, The influence of industry sponsorship on the research agenda: A scoping review, *Am. J. Public Health* **108** (2018) e9-e16, doi: <https://doi.org/10.2105/AJPH.2018.304677>.
9. M. E. Muggli, R. D. Hurt, D. D. Blanke, Science for hire: A tobacco industry strategy to influence public opinion on secondhand smoke, *Nicotine Tob. Res.* **5** (2003) 303-314, doi: <https://doi.org/10.1080/1462220031000094169>.
10. E. H. Turner, A. M. Matthews, E. Linardatos, R. A. Tell, R. Rosenthal, Selective publication of antidepressant trials and its influence on apparent efficacy, *N. Engl. J. Med.* **358** (2008) 252-260, doi: <https://doi.org/10.1056/NEJMsa065779>.
11. L. N. Vandenberg, B. Blumberg, M. N. Antoniou, C. M. Benbrook, L. Carroll, T. Colborn, L. G. Everett, M. Hansen, P. J. Landrigan, B. P. Lanphear, R. Mesnager, F. S. vom Saal, W. V. Welshons, J. P. Myers, Is it time to reassess current safety standards for glyphosate-based herbicides?, *J. Epidemiol. Community Health* **71** (2017) 613-618, doi: <https://doi.org/10.1136/jech-2016-208463>.
12. C. Jayasumana, S. Gunatilake, P. Senanayake, Glyphosate, hard water and nephrotoxic metals: are they the culprits behind the epidemic of chronic kidney disease of unknown etiology in Sri Lanka?, *Int. J. Environ. Res. Public Health* **11** (2014) 2125-2147, doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph110202125>.
13. M. Eriksson, L. Hardell, M. Carlberg, M. Akerman, Pesticide exposure as risk factor for non-Hodgkin lymphoma including histopathological subgroup analysis, *Int. J. Cancer* **123** (2008) 1657-1663, doi: <https://doi.org/10.1002/ijc.23589>.
14. A. J. De Roos, S. H. Zahn, K. Cantor, D. Weisenburger, F. Holmes, L. Burmeister, A. Blair, Integrative assessment of multiple pesticides as risk factors for non-Hodgkin's lymphoma among men, *Occup. Environ. Med.* **60** (2003) e11, doi: <https://doi.org/10.1136/oem.60.9.e11>.
15. A. Samsel, S. Seneff, Glyphosate pathways to modern disease V: Amino acid analogue of glycine in diverse proteins, *J. Biol. Phys. Chem.* **16** (2016) 9-46, doi: <https://doi.org/10.4024/03SA16A.jpbc.16.01>.
16. R. Mesnager, M. Antoniou, Facts and fallacies in the debate on glyphosate toxicity, *Front. Public Health* **5** (2017) 316, doi: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00316>.
17. URL: <https://www.latimes.com/business/hiltzik/la-fi-hiltzik-monsanto-glyphosate-verdict-20190517-story.html> (30. 6. 2019.).
18. URL: <https://www.nature.com/articles/d41586-019-00259-x> (30. 6. 2019.).
19. URL: <http://en.rfi.fr/environment/20190125-macron-backs-down-pledge-ban-glyphosate-france> (30. 6. 2019.).
20. C. M. Benbrook, Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the U.S. - the first sixteen years, *Environ. Sci. Eur.* **24** (2012) 24, doi: <https://doi.org/10.1186/2190-4715-24-24>.
21. M. E. Richmond, Glyphosate: A review of its global use, environmental impact and potential health effects on humans and other species, *J. Environ. Stud. Sci.* **8** (2018) 416-434d, doi: <https://doi.org/10.1007/s13412-018-0517-2>.