

ALTERNATIVNE METODE UPOTREBI GLIFOSATA U SUZBIJANJU KOROVA



Zahvale:

Izvješće je prevedeno i prilagođeno prema izvornom Izvješću organizacije Pesticide Action Network Europe (PAN Europe), od strane članova udruge Zemljane staze (Natalija Svrtan mag. ing. agr., Tara Glaser mag. ing. agr.).

Izvorno izvješće izrađeno je uz finansijsku potporu skupine Greens/EFA u Europskom parlamentu, a napisalo ga je osoblje Pesticide Action Network (PAN) Europe uz pomoć i doprinos prof. Isabel Branco, iz NVO Quercus i Sveučilišta Trás-o-Montes e Alto Douro (UTAD) gdje predaje znanost o tlu, i dr. Charlesa Merfielda, voditelja BHU Future Farming Centre. Prilagođeno izvješće "Alternativne metode upotrebi glifosata u suzbijanju korova" na hrvatskom jeziku izrađeno je uz finansijsku potporu organizacije [Global Greengrants Fund](#).

Earth Trek prepoznaje njihov vrijedan doprinos pripremi ovog izvješća.

Acknowledgements:

The report was translated and adapted from the original Pesticide Action Network Europe (PAN Europe) [report](#), by members of the Earth Trek Association (Natalija Svrtan mag. ing. agr., Tara Glaser mag. ing. agr.).

The original report was commissioned using the financial support of The Greens/EFA group in the European Parliament and was written by Pesticide Action Network (PAN) Europe staff with the assistance and contribution of Prof. Isabel Branco, who works at the NGO Quercus and teaches soil sciences at the University of Trás-o-Montes e Alto Douro (UTAD) and Dr. Charles Merfield, head of the BHU Future Farming Centre.

The adapted report "Alternative methods to the use of glyphosate in the weed management" on Croatian transaltion is prepared with the financial support of the [Global Greengrants Fund](#).

Earth Trek recognises their valuable contribution in the preparation of this report.

Ožujak, 2023.

Kontakt:

Zemljane staze
Tijardovićeva 44
10000 Zagreb

e-mail: info@zemljanestaze.org
Tel.: +385 91 519 2593

<https://zemljanestaze.org/>

SADRŽAJ

UVOD.....	1
GLIFOSAT.....	3
Način korištenja.....	5
UTJECAJ NA ZDRAVLJE I OKOLIŠ.....	7
Utjecaj na zdravlje.....	7
Utjecaj na funkcije ekosustava i tlo.....	9
Sažetak toksičnosti Glifosata	11
Postupak registracije aktivnih tvari i sredstva za zaštitu bilja.....	15
Zeleni plan EU-a i strategija „Od polja do stola“.....	19
Uspješna Europska građanska inicijativa: „Spasimo pčele i poljoprivrednike“.....	19
Europska građanska inicijativa za zabranu glifosata i zaštitu ljudi i okoliša od toksičnih pesticida....	20
Zemlje Europske unije koje rade na zabrani glifosata na nacionalnoj razini.....	21
ALTERNATIVE UPOTREBI GLIFOSATA.....	23
Suzbijanje korova bez pesticida.....	23
“Živo korijenje tijekom cijele godine” – utjecaj upravljanja korovom na tlo.....	28
Preventivne mjere i kultivacija.....	30
Uređaji za plijevljenje u usjevu.....	32
Izravno smanjenje banke sjemena korova.....	46
Kontrola sjemena korova pri žetvi.....	46
Biološko suzbijanje korova.....	47
Suzbijanje korova od strane stoke.....	48
Certificirani ekološki herbicidi.....	49
Ekonomika prestanka uporabe glifosata.....	50
ZAKLJUČAK.....	53
Literatura.....	55

UVOD

Iako je uporaba sintetičkih pesticida u poljoprivredi pomogla u povećanju proizvodnje hrane, to se dogodilo uz velike troškove za okoliš, prirodne resurse i ljudsko zdravlje. Izvješće posebnog izvjestitelja o pravu na hranu Ujedinjenih naroda (UN) iz 2017. naglašava negativan utjecaj upotrebe pesticida na ljudska prava, zdravlje ljudi (radnika, njihovih obitelji, prolaznika, stanovnika i potrošača) i okoliš. Izvješće također otkriva da intenzivna poljoprivreda temeljena na upotrebi pesticida nije pridonijela smanjenju gladi u svijetu.¹

Herbicidi se koriste u poljoprivredi i hortikulti za suzbijanje korova koji se natječu s uzgajanim kultiviranim biljem za hranjive tvari, vodu i sunčevu svjetlost što rezultira smanjenjem prinosa i kvalitetom usjeva, što zauzvrat smanjuje profitabilnost. Sljedeća najraširenija upotreba je za sustave bez oranja i reduciranih obrađivanja tla gdje se herbicidi, uglavnom glifosat, koriste za uništavanje sve vegetacije. Koriste se prije uspostavljanja usjeva, prije žetve za brže sazrijevanje i sušenje žitarica ali i nakon žetve. Nepoljoprivredna upotreba uključuje upravljanje invazivnim biljnim vrstama, pomoći pri upravljanju javnim površinama ili kontrolu neželjenog bilja u privatnim vrtovima.

Poljoprivrednici i uzgajivači postali su ovisni o pesticidima i herbicidima dok su mnoge nekemijske metode izgubljene iz kolektivnog sjećanja. Rašireno je mišljenje da su herbicidi sigurni za ljudsko zdravlje i da imaju mali utjecaj na okoliš. Herbicidi mogu imati širok raspon neciljanih učinaka uključujući negativne učinke na neciljne organizme kao što su mikroorganizmi u tlu, beskraltešnjake i kralješnjake kao i ekosustav u cijelini. Ne samo da upotreba herbicida i pesticida ima mnogo negativnih učinaka, već oni postaju neučinkoviti zbog razvijene rezistentnosti, tj. korovi razvijaju mehanizme koji ih čine otpornima na herbicide koji se redovito koriste. U prosincu 2022. postojalo je 515 jedinstvenih slučajeva rezistencije tj. populacije korovnih vrsta otpornih na jedan herbicid što je veliki porast u odnosu na manje od 10 slučajeva 1970. godine.²

Hrvatska je jedna od rijetkih zemalja koja nema nikakva ograničenja u pogledu korištenja glifosata tako da su odobrene upotrebe prije sadnje, poslije sadnje, međuređno te kao isušivanje prije žetve, za tretiranje strništa, u vinogradima, voćnjacima, maslinicima i u šumarstvu, za tretiranje prometnica, željezničkih pruga i u vodenim ekosustavima. Udio površina pod višegodišnjim usjevima tretiranih glifosatom u 2017. godini procijenjen je na 80% za vinograde i maslinike te 70% za voćnjake, a prosječna doza je 2,5 kg aktivne tvari po hektaru.³

Nekoliko novih politika Europske unije zahtijeva hitno smanjenje upotrebe pesticida u Europi. Glifosat je daleko najkorišteniji aktivni sastojak herbicida u Europi. U Europskom zelenom planu objavljenom u lipnju 2022. „Europska komisija usvojila je prijedlog za obnovu oštećenih ekosustava i obnovu europske prirode od poljoprivrednog zemljišta i mora do šuma i urbanih sredina, do 2050. Kao dio toga, Komisija predlaže smanjenje korištenja i rizika od sintetskih pesticida, kao i smanjenje korištenja opasnijih pesticida, za 50% do 2030. godine.“⁴ Međutim, uz trenutnu stopu upotrebe

¹ United Nations, 2017. Report of the Special Rapporteur on the right to food. http://ap.ohchr.org/documents/dpage_e.aspx?si=A/HRC/34/48

² Heap, I. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. <http://www.weedscience.org/>

³ Antier, C., Andersson, R., Auskalnienė, O., Barić, K., Baret, P., Besenhofer, G., Calha, I., Carrola Dos Santos, S., De Cauwer, B., Chachalis, D., Dorner, Z., Follak, S., Forristal, D., Gaskov, S., Gonzalez Andujar, J. L., Hull, R., Jalli, H., Kierzek, R., & al. (2020). A survey on the uses of glyphosate in European countries. INRAE. <https://doi.org/10.15454/A30K-D531>

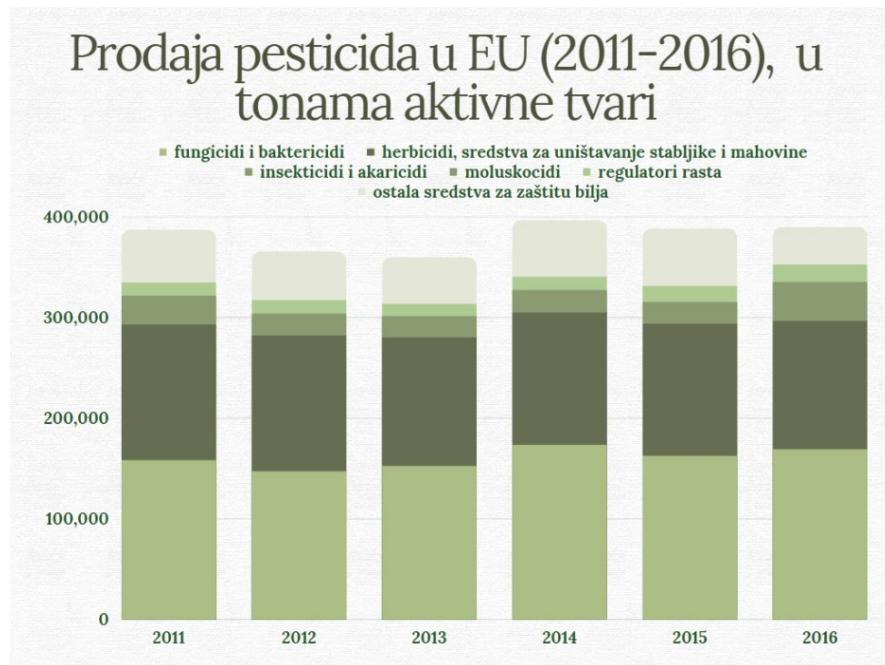
⁴ <https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/news/green-deal-halving-pesticide-use-2030>

herbicida, ciljevi EU-a za smanjenje pesticida ne mogu se ispuniti. Zato su nam potrebne alternative sadašnjoj upotrebi herbicida, a posebno najkorištenijem, glifosatu.

Ovo izvješće opisuje nekemijske alternative herbicidima koje su već dostupne i koriste ih poljoprivrednici koji se bave ekološkim uzgojem i oni koji prakticiraju Integriranu zaštitu bilja. Koristeći herbicide na bazi glifosata kao referencu, trenutna analiza predstavlja široku paletu pristupa suzbijanju korova koji postižu vrlo učinkovitu kontrolu korova bez upotrebe herbicida. Integriranjem fizikalnih, mehaničkih, bioloških i ekoloških poljoprivrednih praksi sa širokim znanjem stečenim o biološkim i ekološkim karakteristikama usjeva i korova, poljoprivrednici mogu uspješno upravljati korovima bez herbicida, istovremeno održavajući prinose, izbjegavajući stvaranje rezistentnosti korova,štiteći zdravlje tla i bioraznolikost te smanjujući eroziju. Ovo izvješće također pokriva teme kao što su upotreba glifosata u EU i globalno, opća prodaja pesticida u EU i utjecaj glifosata na tlo i okoliš, kao i na ljudsko zdravlje.

GLIFOSAT

Glifosat (N-fosfonometil glicin) je aktivni sastojak koja se nalazi u sredstvima za zaštitu bilja odnosno herbicidima. To je najčešće korišten herbicid, kako u Sjevernoj Americi tako i na razini

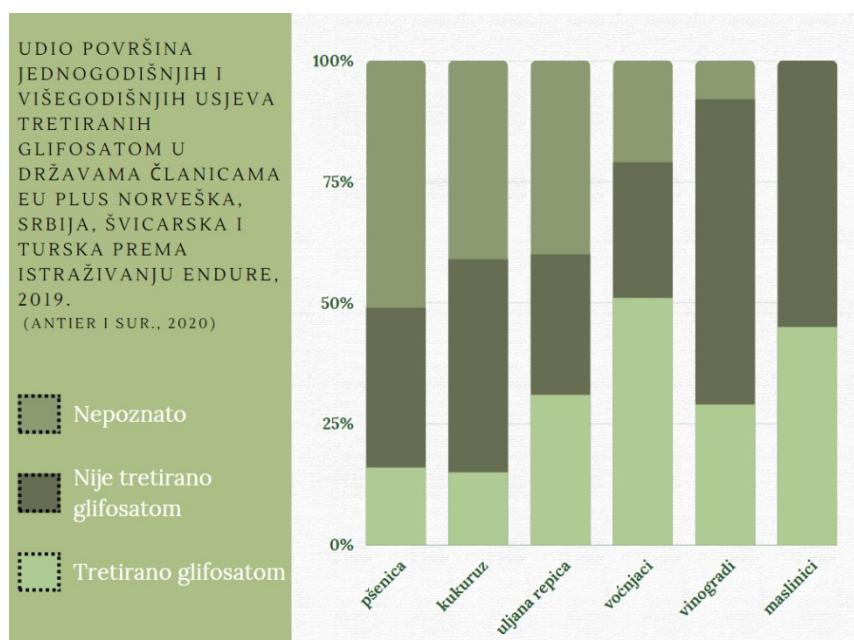


Europske unije. Koristi se za suzbijanje jednogodišnjih i višegodišnjih uskolisnih i širokolisnih korova, višegodišnjih zeljastih te drvenastih korova s dubokim korijenom u vinogradima, voćnjacima, šumskim nasadima, na strništima i nepoljoprivrednim površinama.

Prvi je puta registriran 1974. od strane velike američke tvrtke pod nazivom Monsanto, a originalna formulacija prodavala se pod nazivom Roundup™. Vrlo brzo je postao popularan među

poljoprivrednicima jer je širokog spektra i djeluje sistemski.⁵ Monsantov je patent istekao 1991. godine izvan SAD-a i 2000. godine u SAD-u te ga trenutno proizvode razne kemijske industrije i nalazi se u prodaji u mnoštvu oblika i pripravaka. Trenutno se nalazi u preko 300 različitih herbicida koji se prodaju u Europskoj uniji i proizvodi ga više od 40 tvrtki.⁶ Herbicid glifosat u Hrvatskoj je prvi put registriran 1978., četiri godine nakon što je kao komercijalni proizvod Round-up uveden u SAD-u. Danas je u Hrvatskoj na osnovi glifosata za primjenu u različitim kulturama i za različite namjene registriran 21 pripravak. Osim u poljoprivredi, primjenjuje se i za druge namjene. Prema analizi podataka Fitosanitarnog informacijskog sustava, glifosat je najprodavaniji pesticid u Hrvatskoj. U razdoblju 2012.-2017. u Hrvatskoj je prodano između 217-300 t glifosata, što čini 12-15 % svih pesticida ili 27 - 37 % svih herbicida.⁷ I u svijetu je glifosat najprodavaniji pesticid.

Prema globalnoj organizaciji *Transparency Market Research* Europa zauzima oko 16,6% globalnog tržišta glifosata u 2012.⁸ Prema podacima statističkog ureda Europske unije (Eurostat) o prodaji



pesticida iskazanoj u količini aktivne tvari, herbicidi su druga najprodavanija kategorija pesticida i 2014. su zauzimali 33,1% od ukupne prodaje pesticida.

Djelovanje glifosata je jedinstveno po tome što je to jedina molekula koja je izrazito efektivna u inhibiciji enzima 5-enolpiruvil-šikimat-3-fosfat sintaze (EPSPS) šikiminskog puta, koji je neophodan za sintezu aminokiselina i ostalih esencijalnih nutrijenata za razvoj biljke. Šikiminski put može se pronaći osim u biljkama i kod mikroorganizama, uključujući bakterije i gljive. Glifosat je patentiran 2010. od strane Monsanta kao antimikrobni pripravak⁹ protiv određenih patogenih mikroorganizama. Upotreba glifosata se raširila razvojem Monsantove genetski modificirane soje, kukuruza i pamuka koji su otporni na njegovu primjenu.

⁵ Denžić Lugomer, M., Pavliček, D. and Bilandžić, N., 2019. Glifosat-od primjene do životinja i ljudi. Veterinarska stanica, 50(3), pp.211-221.

⁶ Pesticide Action Network Europe, 2018. Alternativne metode u borbi protiv korova - Slučaj glifosata

⁷ Ostojić, Z., Brzoja, D. and Barić, K., 2018. Status, namjena i potrošnja glifosata u Hrvatskoj i svijetu. Glasilo biljne zaštite, 18(6), pp.531-541.

⁸ <https://www.transparencymarketresearch.com/glyphosate-market.html>

⁹ Patent number US 7771736 B2. glyphosate formulations and their use for the inhibition of 5-enolpyruylshikimate-3-phosphate synthase

Način korištenja

Glifosat je neselektivan, sistemični herbicid širokog spektra, sredstvo za sušenje usjeva i u manjoj mjeri regulator rasta biljaka. Budući da nisu selektivni, herbicidi na bazi glifosata (formulacije koje sadrže glifosat kao aktivni sastojak zajedno s drugim kemikalijama), učinkovito ubijaju ili potiskuju sve vrste biljaka kod primjene na lišće.

Zabilježeno je da je glifosat učinkovit protiv više od 100 jednogodišnjih širokolisnih korova i vrsta trava te više od 60 višegodišnjih vrsta korova.¹⁰ U konvencionalnoj poljoprivredi pesticidi na bazi glifosata primjenjuju se prije sjetve usjeva ili poslije sjetve prije nicanja kako bi se uništio postojeći korov i olakšalo uspostavljanje usjeva.

Tabela 1 . Uporabe glifosata registrirane u EU (EFSA glyphosate peer-review, 2015)

Usjev/biljna vrsta	Faza rasta	Vrsta korova	Količina sredstva 1/ha (min-max)	Doza aktivne tvari kg/ha (min-max)
Svi*	Prije sadnje usjeva	Iznikli jednogodišnji, višegodišnji i dvogodišnji korovi	1-6	0.36-2.16
Svi*	Nakon sadnje, prije nicanja	Iznikli jednogodišnji, višegodišnji i dvogodišnji korovi	1-3	0.36-1.08
Žitarice (prije žetve) pšenica, raž, tritikale, ječam, zob (1)	Zrelost usjeva < 30 % vlažnosti zrna	Iznikli jednogodišnji, višegodišnji i dvogodišnji korovi	2-6	0.72-2.16
Uljarice (prije žetve) uljana repica, gorušica, sjeme lana (2)	Zrelost usjeva < 30 % vlažnosti zrna	Iznikli jednogodišnji, višegodišnji i dvogodišnji korovi	2-6	0.72-2.16
Voćnjaci, vinogradi, maslinici uključujući citruste i orašaste plodove	Nakon nicanja korova	Iznikli jednogodišnji, višegodišnji i dvogodišnji korovi	2-8	0.72-2.88

* Usjevi uključujući, ali ne ograničavajući se na: korljensko i gomoljasto povrće, lukovičasto povrće, stabljikasto povrće, (povrće s plodovima, kupusnjače, lisnato povrće i syleže začinsko bilje, mahunarke), sjemenke uljarica, krumpir, žitarice i šećerna i stočna repa; prije sadnje voćaka, ukrasnog bilja, drveća, rasadnika itd

1 Minimalni interval prije žetve (usjevi se ne mogu ubrati prije) = 7 dana

2 Minimalni interval prije žetve (usjevi se ne mogu ubrati prije) = 14 dana

Također se koriste i u poljoprivredi bez oranja odnosno kultivacije tla (tzv. No-till) kao alternativa obradi tla. U usjevima otpornim na glifosat (od kojih je većina stvorena genetskim inženjeringom/genetskom modifikacijom) herbicid se koristi nakon nicanja usjeva kako bi se uništio korov, a usjev ostaje netaknut. Herbicidi na bazi glifosata također se koriste za uništavanje korova u višegodišnjim nasadima poput voćnjaka i vinograda te na javnim površinama i površinama uz prometnice. Još jedna upotreba herbicida na bazi glifosata je kao sredstvo za sušenje žitarica. Primjenjuje se neposredno prije žetve kako bi se ubrzao proces sazrijevanja i smanjila količina

¹⁰ Dill, G.M., Sammons, R.D., Feng, P.C., Kohn, F., Kretzmer, K., Mehrsheikh, A., Bleeker, M., Honegger, J.L., Farmer, D., Wright, D. and Haupfear, E.A., 2010. Glyphosate: discovery, development, applications, and properties. *Glyphosate resistance in crops and weeds: history, development, and management*, pp.1-33.

vlage u sjemenu. Nakon žetve, glifosat se koristi za uništavanje ostataka usjeva i svih prisutnih korova. Upotreba glifosata kao sredstva za sušenje postala je uobičajena praksa, osobito u regijama gdje je razina vlage veća. Budući da ovaj način upotrebe ostavlja najveće rezidue pesticida, neke države članice uvele su stroga pravila o ovoj uporabi.

Sve registrirane upotrebe glifosata u Europskoj uniji mogu se naći u Izvješću o procjeni rizika od glifosata Europske agencije za sigurnost hrane.¹¹ U Europskoj uniji maksimalna količina glifosata koja se može primijeniti je 4,32 kg/ha u periodu od 12 mjeseci, što odgovara približno 12 litara herbicidnog proizvoda. Na globalnoj razini oko 50% glifosatnih proizvoda koji se koriste u poljoprivredi upotrebljavaju se na genetski modificiranim usjevima uključujući: kukuruz, soju, pamuk, uljarice i šećernu repu. Cijela poanta ovih usjeva je korištenje herbicida na bazi glifosata za kontrolu korova. Europska unija međutim ima stroge propise koji se odnose na uzgoj genetski modificiranih usjeva i 19 zemalja Europske unije isključilo je ili je u procesu isključivanja njihove primjene na svojoj površini.¹² Države članice koje uzgajaju genetski modificirane usjeve su Češka, Španjolska, Slovačka, Rumunjska i Portugal. Treba naglasiti da je ukupna površina posvećena tim usjevima u Europi približno 130 000 hektara, što je nešto malo manje od 0,1% ukupnog poljoprivrednog zemljišta.¹³



Praksa u korištenju glifosata vrlo se razlikuje među državama članicama Europske unije. Prema Glavnoj upravi za zdravlje i sigurnost hrane neke države članice imaju pravila o tome kada se glifosat može koristiti, a neke imaju pravila o tome kolike se može koristiti za različite svrhe. Izvješće danske Agencije za zaštitu okoliša o upotrebi glifosata objašnjava: Države članice EU razlikuju se u određenoj mjeri u pogledu odobrenja specifičnih primjena glifosata. U Danskoj se proizvodi s glifosatom mogu koristiti za suzbijanje korova prije žetve i sušenje do 10 dana prije žetve. U Austriji je upotreba glifosata za sušenje žitarica zabranjena još 2013., kao i u Švedskoj, dok je upotreba protiv korova još uvijek dozvoljena. U Njemačkoj nema ograničenja ali se upotreba glifosata prije žetve ne navodi kao dobra poljoprivredna praksa.

PESTICIDE ACTION NETWORK EUROPE, 2018. ALTERNATIVNE METODE U BORBI PROTIV KOROVA - SLUČAJ GLIFOSATA

¹¹ European Food Safety Authority (EFSA), 2015. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance glyphosate. *EFSA Journal*, 13(11), p.4302.

¹²https://food.ec.europa.eu/plants/genetically-modified-organisms/gmo-authorisation/gmo-authorisations-cultivation/restrictions-geographical-scope-gmo-applicationsauthorisations-eu-countries-demands-and-outcomes_en

¹³ Pesticide Action Network Europe, 2018. Alternativne metode u borbi protiv korova - Slučaj glifosata

UTJECAJ NA ZDRAVLJE I OKOLIŠ

Utjecaj na zdravlje

Znanstvena literatura sadrži mnogo istraživanja koja pokazuju kako je izlaganje glifosatu i pesticidima na bazi glifosata povezano sa širokim rasponom štetnih učinaka na zdravlje ljudi, laboratorijskih životinja, domaćih i divljih životinja. Što se tiče poljoprivrednika, važno je napomenuti da su kliničke studije pokazale da su radnici koji su prethodno koristili glifosat češće obolijevali od Non-Hodgkinovog limfoma, rijetkog oblika raka.^{14,15,16} Međunarodna agencija za istraživanje raka Svjetske zdravstvene organizacije kategorizirala je glifosat kao potencijalno kancerogen kod ljudi (IARC klasifikacija 2A; IARC, 2016).¹⁷

Druga istraživanja navela su niz štetnih učinaka na laboratorijskim životnjama nakon izlaganja samom glifosatu i proizvodima na bazi glifosata kao što su: kancerogenost, genotoksičnost, negativan utjecaj na reproduktivni razvoj i endokrine poremećaje. Monografija o glifosatu (*The Glyphosate monograph*)¹⁸ predstavlja velik broj istraživanja koji su prijavili štetne učinke na ljude, laboratorijske životinje, ekosustave i okoliš. Unatoč ovim dokazima, Europska agencija za sigurnost hrane (EFSA) i Europska agencija za kemikalije (ECHA) zaključile su, na temelju metodologije koju koriste za procjenu sigurnosti, da glifosat ne predstavlja nikakav rizik za ljudsko zdravlje. Ovdje treba napomenuti da na razini Europske unije EU agencije provode procjenu

toksičnosti pesticida na razini pojedinačne aktivne tvari, a ne cijelog proizvoda. Pesticide kao konačne proizvode koji sadrže aktivnu tvar i mnoge druge kemikalije ocjenjuju države članice korištenjem manje rigoroznih procjena. Ova razlika između zaključaka Europskih vlasti i IARC izazvala je reakcije znanstvene zajednice diljem svijeta, a skupina znanstvenika objavila je Izjavu o zabrinutosti¹⁹.

Nadalje, otkrivanje glifosata u hrani²⁰, kao i u urinu²¹ ljudi izazvalo je zabrinutost opće populacije o tome koliko su izloženi glifosatu te o potencijalnim učincima na zdravlje.

¹⁴ Roos, JD, Zahm SH, Cantor KP, Weisenburger DD, Holmes FF, Burmeister LF, and Blair A. 2003. "Integrative Assessment of Multiple Pesticides as Risk Factors for Non-Hodgkin's Lymphoma among Men." *Occupational and Environmental Medicine* 60 (9): E11.

¹⁵ Eriksson M, Hardell L, Carlberg M, and Åkerman M, 2008. "Pesticide Exposure as Risk Factor for Non-Hodgkin Lymphoma Including Histopathological Subgroup Analysis." *International Journal of Cancer* 123 (7): 1657–63

¹⁶ McDuffie HH, Pahwa P, McLaughlin JR, Spinelli JJ, and Fincham S. 2001. "Non-Hodgkin's Lymphoma and Specific Pesticides Exposures in Men: Cross-Canada Study of Pesticides and Health." *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prevention* 10 (November): 1155.

¹⁷ <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications>

¹⁸ Pesticide Action Network UK, 2016. *The Glyphosate Monograph*

¹⁹ Myers, J.P., Antoniou, M.N., Blumberg, B., Carroll, L., Colborn, T., Everett, L.G., Hansen, M., Landrigan, P.J., Lanphear, B.P., Mesnage, R. and Vandenberg, L.N., 2016. Concerns over use of glyphosate-based herbicides and risks associated with exposures: a consensus statement. *Environmental Health*, 15(1), pp.1-13.

²⁰ Rämö, S., Ruuttunen, P. and Uusi-Kämpä, J., 2016. Glyphosate residues in pre-harvest glyphosate treated cereal grains. In *11th European Pesticide Residue Workshop, Limassol, Cyprus, 24th-27th May, 2016: Programme & book of abstracts*. European Pesticide Residue Workshop.

²¹ Conrad, A., Schröter-Kermani, C., Hoppe, H.W., Rüther, M., Pieper, S. and Kolossa-Gehring, M., 2017. Glyphosate in German adults—Time trend (2001 to 2015) of human exposure to a widely used herbicide. *International journal of hygiene and environmental health*, 220(1), pp.8-16.

Zabrinutost zbog uporabe herbicida na bazi glifosata i rizika povezanih s izloženošću: konsenzusna izjava objavljena u časopisu Environmental Health 2016.:

- 1.** „Pesticidi na bazi glifosata su najčešće korišteni herbicidi diljem svijeta i njihova upotreba kontinuirano raste;
- 2.** Diljem svijeta pesticidi na bazi glifosata kontaminiraju vodu za piće, padaline i zrak, posebno u poljoprivrednim regijama;
- 3.** Vrijeme raspada glifosata u vodi i tlu mnogo je duže nego što je prethodno utvrđeno;
- 4.** Glifosat i njegovi metaboliti su naširoko prisutni u globalnom opskrbnom lancu soje;
- 5.** Izloženost ljudi pesticidima na bazi glifosata raste;
- 6.** Glifosat je sada i službeno klasificiran kao potencijalno kancerogen za ljude;
- 7.** Procjene tolerantnih dnevnih količina unosa glifosata u SAD-u i Europskoj uniji su bazirani na zastarjelim istraživanjima.
Nudimo niz preporuka povezanih s potrebom za novim ulaganjima u epidemiološke studije, biomonitoring i toksikološka istraživanja koji se oslanjaju na načelima endokrinologije kako bi se utvrdilo imaju li pesticida na bazi glifosata negativna učinke na endokrini sustav.“

(Pesticide Action Network Europe, 2018.
Alternativne metode u borbi protiv korova - Slučaj glifosata)

Utjecaj na funkcije ekosustava i tlo

Herbicidi se primjenjuju na poljima, na otvorenom i stoga neizbjegno kontaminiraju okoliš (atmosferu, tlo, površinske i podzemne vode) potencijalno izlažući organizme koji tamo žive što dovodi cijele ekosustave u opasnost.²² Glifosat djeluje na sve biljne vrste; niti jedan drugi herbicid nema toliko široki spektar. Dakle, glifosat i herbicidi na bazi glifosata imaju izravne i neizravne učinke na ekosustav i okoliš. Izravni učinci uključuju štetan utjecaj na širok raspon vrsta uključujući ptice, ribe, žabe, puževe, insekte i mikroorganizme u tlu.²³ Neizravni učinci uključuju eliminaciju svih korovnih vrsta, divljih vrsta i cvijeća koji imaju posredne pozitivne učinke na agroekosustave. Bioraznolikosti poljoprivrednog zemljišta i funkcije ekosustava, kao što su kontrola štetnika od strane njihovih prirodnih grabežljivaca, oprašivanje pomoću insekata i funkcionalna struktura mikroorganizama u tlu sve su više ugrožene zbog potpunog uklanjanja, ne samo korova, nego i svih divljih vrsta s poljoprivrednih površina i okolnog zemljišta. Ovaj utjecaj na ekosustav ima izravne ekonomske troškove. Glifosat blokira prirodne obrambene mehanizme biljaka da reagiraju na infekcije.²⁴ Pokazalo se da glifosat mijenja mikrobne zajednice u tlu, npr. smanjenje arbuskularnih mikoriznih gljiva koje olakšavaju unos hranjivih tvari i vode u korijen biljaka.²⁵ Također je toksičan za korisne bakterije u tlu poput onih iz roda *Bacillus* koje imaju ključnu ulogu u suzbijanju patogenih gljivica, kao i dostupnosti minerala.²⁶



KONTAMINACIJA TLA GLIFOSATOM

Istraživanja pokazuju da se glifosat i produkti koji nastaju njegovom degradacijom (aminometilfosfonska kiselina- AMPA) brzo metaboliziraju do 50% pomoću mikroorganizama u tlu. Potrebno im je između 9 i 32 dana). Unatoč tome te spojeve moguće je pronaći u tragovima čak do 21 mjesec nakon aplikacije.

Istraživanje iz 2017. pokazalo je da se glifosat i aminometilfosfonska kiselina mogu pronaći u 45% tala u Evropi (300 uzoraka iz 10 europskih zemalja).

U tlima s puno fosfata glifosat se može lagano transportirati vodom. Fosfati iz gnojiva smanjuju sposobnost apsorpcije glifosata za čestice tla, povećavaju količinu slobodnih molekula glifosata koji zatim mogu biti apsorbirani od strane biljaka, metabolizirani mikroorganizmima ili kontaminirati podzemne vode.

SIMONSEN L, FOMSGAARD IS, SVENSMARK B, AND SPLIID NH. 2008. "FATE AND AVAILABILITY OF GLYPHOSATE AND AMPA IN AGRICULTURAL SOIL." JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE AND HEALTH - PART B PESTICIDES, FOOD CONTAMINANTS, AND AGRICULTURAL WASTES 43 (5): 365-75

SILVA, V., MONTANARELLA, L., JONES, A., FERNÁNDEZ-UGALDE, O., MOL, H.G., RITSEMA, C.J. AND GEISSEN, V., 2018. DISTRIBUTION OF GLYPHOSATE AND AMINOMETHYLPHOSPHONIC ACID (AMPA) IN AGRICULTURAL TOPSOILS OF THE EUROPEAN UNION. SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT, 621, PP.1352-1359.

MUNIRA S, FARENHORST A, FLATEN D, AND GRANT C. 2016. "PHOSPHATE FERTILIZER IMPACTS ON GLYPHOSATE SORPTION BY SOIL." CHEMOSPHERE 153 (JUNE): 471-77.

²² Carvalho, F.P., 2017. Pesticides, environment, and food safety. Food and energy security, 6(2), pp.48-60.

²³ Watts, M, Clauising P, Lyssimachou A, Schutte G, Guadagnini R, and Marques E. 2016. "Glyphosate Monograph; PAN International." Pesticide Action Network International.

²⁴ Johal, G.S. and Huber, D.M., 2009. Glyphosate effects on diseases of plants. *European Journal of agronomy*, 31(3), pp.144-152.

²⁵ Zaller JG, Heigl F, Ruess L, and Grabmaier A. 2017."Glyphosate Herbicide Affects Belowground Interactions between Earthworms and Symbiotic Mycorrhizal Fungi in a Model Ecosystem." *Scientific Reports* 4: 5634

²⁶ Yu XM, Yu T, Yin GH, Dong QL, An M, Wang HR, and Ai CX. 2015. "Glyphosate Biodegradation and Potential Soil Bioremediation by *Bacillus subtilis* Strain Bs-15." *Genetics and Molecular Research* 14 (4): 14717-30.

Funkcije ekosustava i glifosat



Gliste- nazivaju se i inženjerima ekosustava, one razgrađuju i redistribuiraju organski materijal u tlu, pozitivno utječu na vodozračne režime u tlu i posljedično unapređuju plodnost tla. Pesticidi na bazi glifosata utječu na razmnožavanje glisti i uzrokuju drastičan pad njihove brojnosti (Gaupp-Berghausen i sur, 2015.)

Mikrobne zajednice u tlu- one čine temelj ekosustava, zaslužne su za razgradnju biljnih ostataka i lišća, mineralizaciju organske tvari, stvaranje gornjeg sloja tla a posebno humusa, ciklus ugljika i hranjivih tvari.(Delgado-Baquerizo, i sur. ,2016). Određene gljive i bakterija olakšavaju unos hranjivih tvari u korijen biljke.



Oprašivači- medonosne pčele, divlje solitarne pčele, leptiri i drugi kukci igraju ključnu ulogu u oprašivanju biljaka, uključujući poljoprivredne kulture. Kao herbicid širokog spektra, glifosat smanjuje broj cvjetnica koje su izvor hrane za oprašivače ali također može utjecati na medonosne pčele nakon dugotrajne izloženosti.

Otpornost biljaka- biljke imaju vlastiti obrambeni sustav te kao odgovor na infekcije sintetiziraju i ispuštaju specifične tvari (npr. Antimikrobnii fitoaleksini). Glifosat djeluje na način na koji se proizvode mnogi od tih obrambenih sredstava biljaka čineći usjeve osjetljivima na patogene i bolesti (Johal i Huber , 2009).



Slika 1 Prevedeno i prilagođeno prema PAN Europe, 2023. Alternativne metode u borbi protiv korova - Slučaj glifosata

Sažetak toksičnosti Glifosata²⁷

Kancerogen- IARC (Međunarodna agencija za istraživanje raka Svjetske zdravstvene organizacije klasificirala je glifosat kao „vjerojatno kancerogen za ljude“ sljedeći temeljne analize provedene od strane 17 nezavisnih i vodećih svjetskih eksperata iz 11 zemalja koristeći samo javno dostupna istraživanja.²⁸ Taj zaključak je baziran na limitiranim dokazima o kancerogenosti kod ljudi i dovoljno dokaza iz istraživanja na životinjama. IARC je uzeo u obzir dokaze iz istraživanja raka kod ljudi iz 3 različite zemlje gdje je ukupno 2592 ljudi (radnika) razvilo non-Hodgkinov limfom nakon što su bili izloženi herbicidima na bazi glifosata. Zaključak o istraživanjima na životinjama izведен je iz dva eksperimenta gdje su miševi razvili maligne tumore nakon izlaganja glifosatu, od toga je jedan otkrio rijedak oblik raka (na bubrezima). Nadalje, stručnjaci su uzeli u obzir jake dokaze o genotoksičnosti (oštećenje DNK) i oksidativnom stresu (oštećenje tkiva i stanica) kod ljudi i životinja nakon izlaganja pesticidima na bazi glifosata i njegovim metabolitima. Njemačka zdravstvena uprava, koja djeluje kao država članica izvjestiteljica za Europsku komisiju te ima pristup neobjavljenim istraživanjima, otkrila je ne dvije već pet eksperimentalnih studija koje su provedene na miševima. Oni miševi čija hrana je sadržavala glifosat razvili su maligne tumore, ali su odlučiti odbaciti rezultate kao beznačajne. Tada su odbacili podatke o genotoksičnosti i toksičnosti stanica kao nerelevantne jer navodno nije bilo dokaza o kancerogenosti kod životinja. Nadalje, svi rezultati o genotoksičnosti, toksičnosti stanica ili bilo kojoj drugoj toksičnosti zbog izloženosti proizvodima na bazi glifosata smatrani su nerelevantnim jer se prema pravilima Europske unije procjena rizika radi samo na aktivom sastojku, unatoč činjenici da su ljudi izloženi potpunim proizvodima. EFSA je u svojoj recenziji poduprijela rad Njemačke zdravstvene uprave. Analiza potencijala kancerogenosti glifosata koju su provele europske vlasti dobila je mnoge kritike zdravstvene zajednice.^{29,30,31,32}

Endokrini poremećaj - Sam glifosat i proizvodi na bazi glifosata mijenjaju metabolizam hormona kod sisavaca i navodno smanjuju konverziju androgena u estrogen.^{33,34,35,36} U eksperimentalnim

²⁷Pesticide Action Network Europe, 2018. Alternativne metode u borbi protiv korova - Slučaj glifosata

²⁸Guyton KZ, Loomis D, Grosse Y, et al., 2015. Carcinogenicity of tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon, and glyphosate. *The Lancet Oncology*, 16: 490 – 491.

²⁹Portier, C. J., Armstrong, B. K., Baguley, B. C., Baur, X., Belyaev, I., Belle, R., ... Zhou, S. F. (2016). Differences in the carcinogenic evaluation of glyphosate between the International Agency for Research on Cancer (IARC) and the European Food Safety Authority (EFSA). *Journal of Epidemiology and Community Health*. DOI: 10.1136/jech-2015-207005

³⁰ Greiser E, 2016. Expert statement on epidemiological studies which examine the possible correlation between exposure to glyphosate-based herbicides and non-Hodgkin's lymphoma and human fertility disorders in relation to evaluations undertaken by the German Federal Institute for Risk Assessment (BfR) and the European Food Safety Authority (EFSA). University of Bremen https://www.global2000.at/sites/global/files/Human%20evidence_EberhardGreiser.pdf

³¹ Myers JP, Antoniou MN, Blumberg B et al., 2015. Concerns over use of glyphosate-based herbicides and risks associated with exposures: a consensus statement. *Environmental Health* 15:19

³² Clauzing P. Regulatory agencies (BfR, EFSA) used biased arguments to deny the carcinogenicity of glyphosate: Memorandum by Dr Peter Clauzing, PAN Germany, as a witness to the Monsanto Tribunal. The Hague, Netherlands, 15-16 October 2016. http://www.pan-germany.org/download/Memo_Monsanto-Tribunal_Peter_Clausing_10_2016.pdf

³³ Walsh LP, McCormick C, Martin C, Stocco DM. 2000. Roundup inhibits steroidogenesis by disrupting steroidogenic acute regulatory (STAR) protein expression. *Environ Health Perspect* 108:769-76.

³⁴ Thongprakaisang S, Thiantanawat A, Rangkadilok N, Suriyo T, Satayavivad J. 2013. Glyphosate induces human breast cancer cells growth via estrogen receptors. *Food Chem Toxicol* 59:129-36.

³⁵ Richard S, Moslemi S, Sipahutar H, Benachour N, Seralini GE, 2005. Differential effects of glyphosate and Roundup on human placental cells and aromatase. *Environ Health Perspect* 113(6):716-20.

³⁶ Defarge N, Takacs E, Lozano VL, Mesnage R, Spiroux de Vendomois J, Seralini G-E, Szekacs A. 2016. Co-formulants in glyphosate-based herbicides disrupt aromatase activity in human cells below toxic levels. *Int J Environ Res Pub Health* 13(3):264.

studijama proizvodi na bazi glifosata kod miševa mijenjaju metabolizam reproduktivnih hormona i smanjuju plodnost.^{37,38,39}

Toksičnost glifosata na reprodukciju i razvoj - u Izvješću o procjeni rizika već se spominje nekoliko incidenata utjecaja glifosata na razvojni ciklus kod sisavaca. Ova istraživanja odbačena su iz nepoznatih razloga. Međutim, neovisno objavljene znanstvene studije pokazuju da su mladunci izloženi proizvodima na bazi glifosata imali abnormalne reproduktivne organe, utjecao je na normalne razine hormona i ponašanje pri parenju.^{40,41}

Utjecaj glifosata na neurološki sustav - glifosat i proizvodi na bazi glifosata utječu na rast i razvoj živčanih stanica. Prijavljeno je da glifosat remeti funkciju neuroloških signala, mitohondrija neuronskih stanica i uzrokuje smrt istih, što posljedično utječe na nastanak Parkinsonove bolesti.^{42,43,44} Izloženost proizvodima na bazi glifosata povezana je s ADD/ADHD-om, Parkinsonovom bolešću i autizmom.^{45,46,47}

Toksičnost za biljke i utjecaj na bioraznolikost - glifosat je herbicid širokog spektra, ubija sve biljke pa čak i velika stabla. Ni jedan drugi herbicid nije tako neselektivan. Značajna smanjenja biljne biomase, cvijeća i divljih vrsta primijećena su na zelenim površinama u blizini polja tretiranih proizvodima na bazi glifosata.⁴⁸ Ovo smanjenje biljnih vrsta posljedično utječe na smanjenje vrsta koje se njima hrane, uključujući prirodne predatore kukaca, vodozemce, opršivače i ptice, što rezultira značajnim ekološkim utjecajem i gubitkom bioraznolikosti.^{49,50,51}

Ekotoksičnost - Ekotoksičnost glifosata za vodene i kopnene organizma već je priznata u Izvješću o procjeni rizika i reviziji EFSA-e te je potvrđena toksičnost glifosata s dugotrajnim učincima. Korištenje modela za predviđanje i procjenu okolišne izloženosti, uzimajući u obzir da

³⁷ Romano RM, Romano MA, Bernardi MM, Furtado PV, Oliveira CA. 2010. Prepubertal exposure to commercial formulation of the herbicide glyphosate alters testosterone levels and testicular morphology. *Arch Toxicol* 84:309-17.

³⁸ Romano MA, Romano RM, Santos LD, Wisniewski P, Campos DA, de Souza PB, Viau P, Bernardi MM, Nunes MT, de Oliveira CA, 2012. Glyphosate impairs male offspring reproductive development by disrupting gonadotropin expression. *Arch Toxicol* 86(4):663-73.

³⁹ Varayoud J, Durando M, Ramos JG, Milesi MM, Ingaramo PI, Munoz-de-Toro M, Luque EH. 2016. Effects of a glyphosate-based herbicide on the uterus of adult ovariectomized rats. *Environ Toxicol* [Epub Jul 27th].

⁴⁰ Dallegrave E, Mantese FD, Oliveira RT, Andrade AJM, Dalsenter PR, Langeloh A. 2007. Pre- and postnatal toxicity of the commercial glyphosate formulation in Wistar rats. *Arch Toxicol* 81:665-73.

⁴¹ Guerrero Schimpf M, Milesi MM, Ingaramo PI, Luque EH, Varayoud J. 2016. Neonatal exposure to a glyphosate based herbicide alters the development of the rat uterus. *Toxicology* pii: S0300-483X(16)30093-2.

⁴² Hernandez-Plata I, Giordano M, Diaz-Munoz M, Rodriguez VM, 2012. The herbicide glyphosate causes behavioral changes and alterations in dopaminergic markers in male Sprague-Dawley rat. *Neurotoxicology* 46:79-91.

⁴³ Astiz M, de Alaniz, MJ, Marra CA. 2009b. The impact of simultaneous intoxication with agrochemicals on the antioxidant defense system in rat. *Pestic Biochem Physiol* 94:93-99.

⁴⁴ Negga R, Stuart JA, Machen ML, Salva J, Lizek AJ, Ricahrdson SJ, Osborne AS, Mirallas O, McVey KA, Fitsanakis VA. 2012. Exposure to glyphosate- and/or Mn/Zn-ethylene-bis-dithiocarbamatecontaining pesticides leads to degeneration of γ -aminobutyric acid and dopamine neurons in *Caenorhabditis elegans*. *Neurotox Res* 21:281-90.

⁴⁵ Garry VF, Harkins ME, Erickson LL, Long-Simpson LK, Holland SE, Burroughs BL. 2002. Birth defects, season of conception, and sex of children born to pesticide applicators living in the Red River Valley of Minnesota, USA. *Environ Health Perspect* 110(s3):441-9.

⁴⁶ Wan N, Lin G. 2016. Parkinson's disease and pesticides exposure: new findings from a comprehensive study in Nebraska, USA. *J Rural Health*. 32(3):303-13.

⁴⁷ Nevison CD. 2014. A comparison of temporal trends in United States autism prevalence to trends in suspected environmental factors. *Environ Health*. 5;13-73.

⁴⁸ Heard MS, Hawes C, Champion, GT, Clark SJ, Firbank LG, Haughton AJ, Parish AM, Perry JN, Rothery P, Roy DB, Scott RJ, Skellern MP, Squire Gr, Hill MO. 2003b. Weeds in fields with contrasting conventional and genetically modified herbicide-tolerant crops. I Effects on abundance and diversity & II Effects on individual species. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sc* i358(1439):1833-46.

⁴⁹ Haughton AJ, Bell JR, Boatman ND, Wilcox A. 2001. The effect of the herbicide glyphosate on non-target spiders: Part II. Indirect effects on *Leptophantes tenuis* in field margins. *Pest Manag Sci* 57:1037-42.

⁵⁰ Hawes C, Squire GR, Hallett PD, Watson CA, Young M. 2010. Arable plant communities as indicators of farming practice. *Agric Ecosyst Environ* 138(1-2):17-26.

⁵¹ Thies C, Haenke S, Scherber C, Bengtsson J, Bommarco R, Clement LW, Ceryngier P, Dennis C, Emmerson M, Gagic V, Hawro V, Liira J, Weisser WW, Wingvist C, Tscharntke T. 2011. The relationship between agricultural intensification and biological control: experimental tests across Europe. *Ecol Appl* 21(6):2187-96.

poljoprivrednici primjenjuju mjere ublažavanja klimatskih promjena i prilagodbe klimatskim promjenama, europske vlasti su zaključile da je rizik za neciljane organizme nizak. No studije su potvrdile da ti modeli često potičenjuju stvarnu izloženost okoliša, što ukazuje na činjenicu da su neciljani organizmi izloženi mnogo većem riziku.⁵² Unatoč tome glifosat uzrokuje širok raspon štetnih učinaka kod neciljanih organizama. Na temelju znanstvene literature, glifosat, njegove formulacije, kao i formulacijski agensi, mogu izazvati širok raspon ekotoksikoloških učinaka (npr. smrtonosne/subletalne učinke, morfološke i biokemijske promjene) na kopnene i vodene organizme koji su im izloženi.^{53,54,55} Toksični učinci glifosata na medonosne pčele, uključujući učinke na ponašanje i razvoj, kao i, metaboličke procese, reproduktivni sustav i imunološku obranu također su naznačeni u nekoliko studija.^{56,57}

Ekotksičan utjecaj na vodene organizme - Glifosat i herbicidi na bazi glifosata toksični su za mikroorganizme i mijenjaju zajednice planktona i algi⁵⁸. Štetni utjecaji nakon izlaganja prijavljeni su kod insekata⁵⁹, rakova⁶⁰, mukovaca, vodozemaca⁶¹ i riba⁶², a učinci uključuju reproduktivne i razvojne abnormalnosti, oštećenje DNK, imunološke učinke, oksidativni stres, smanjenje sposobnosti nošenja sa stresom, izmijenjenu ishranu i ponašanje pri parenju koje može ugroziti njihov opstanak, Proizvodi s kombinacijom glifosata i drugih sastojaka obično su toksičniji za ribe nego čisti glifosat.⁶³

Antibakterijska svojstva i posljedice - antimikrobna aktivnost glifosata poznata je otkad je prvi put odobren 1970-tih⁶⁴. Također je toksičan za određene bakterije u tlu (Rod Bacillus i Pseudomonas) koje imaju ključnu ulogu u suzbijanju specifičnih patogenih gljivica, kao i pretvaranja minerala u tlu u oblike dostupne biljkama. Tako glifosat mijenja mikrobnu zajednicu tla i ima izravan utjecaj na zdravlje biljaka. Glifosat se veže za minerale u tlu (mangan, željezo, bakar i cink) i blokira njihovu dostupnost biljkama. Zapravo glifosat je okarakteriziran kao „*tvar koja značajno povećava ozbiljnost raznih biljnih bolesti, slab sposobnost biljaka za obranu od patogena i bolesti te immobilizira nutrijente u tlu i ostavlja ih nedostupnima za biljke*“. Zbog ovih učinaka i otpornosti korova poljoprivrednici su obvezni koristiti fungicide i dodatne herbicide na svojim usjevima⁶⁵. Zabilježeno je da zbog svojih antibakterijskih svojstava glifosat utječe na

⁵² Stehle S, Schulz R, 2015. Pesticide authorization in the EU-environment unprotected? Environ Sci Pollut Res 22: 19632.

⁵³ Sesin, V., Davy, C.M., Stevens, K.J., Hamp, R., and Freeland, J.R. (2021) Glyphosate toxicity to native nontarget macrophytes following three different routes of incidental exposure, *Integr. Environ. Assess. Manag.* **17**:597–613.

⁵⁴ Lanzarin, G., Venâncio, C., Félix, L.M., and Monteiro, S. (2021) Inflammatory, oxidative stress, and apoptosis effects in zebrafish larvae after rapid exposure to a commercial glyphosate formulation, *Biomedicines* **9**:1784.

⁵⁵ Zaller, J.G., Weber, M., Maderthaner, M., Gruber, E., Takács, E., Mörtl, M., Klátyik, Sz., Győri, J., Römbke, J., Leisch, F., Spangl, B., and Székács, A. (2021) Effects of glyphosate-based herbicides and their active ingredients on earthworms, water infiltration and glyphosate leaching are influenced by soil properties, *Environ. Sci. Eur.* **33**:51.

⁵⁶ Graffigna, S., Marrero, H.J., and Torretta, J.P. (2021) Glyphosate commercial formulation negatively affects the reproductive success of solitary wild bees in a Pampean agroecosystem, *Apidologie* **52**:272–281.

⁵⁷ Tan, S., Li, G., Liu, Z., Wang, H., Guo, X., and Xu B. (2022) Effects of glyphosate exposure on honeybees, *Environ. Toxicol. Pharmacol.* **90**:103792.

⁵⁸ Perez GL, Torremorell A, Mugni H, Rodriguez P, Solange Vera M, do Nascimento M, Allende L, Bustingorry J, Escaray R, Ferraro M, Izaguirre I, Pizarro H, Bonetto C, Morris DP, Zagarese H. 2007. Effects of the herbicide Roundup on freshwater microbial communities: a mesocosm study. *Ecol Appl* **17**(8):2310–22.

⁵⁹ Cuhra M. 2015. Glyphosate nontoxicity: the genesis of a scientific fact. *J Biol Phy Chem* **15**:89–96.

⁶⁰ Avigliano L, Alvarez N, Loughlin CM, Rodriquez EM. 2014. Effects of glyphosate on egg incubation, larvae hatching, and ovarian rematuration in the estuarine crab, *Neohelice granulata*. *Environ Toxicol Chem* **33**(8):1879–84.

⁶¹ Paganelli A, Gnazzo V, Acosta H, Lo'pez SL, Carrasco AE. 2010. Glyphosate-based herbicides produce teratogenic effects on vertebrates by impairing retinoic acid signalling. *Chem Res Toxicol* **23**(10):1586–95.

⁶² Moreno NC, Sofia SH, Martinez CB. 2014. Genotoxic effects of the herbicide Roundup Transorb and its active ingredient glyphosate on the fish *Prochilodus lineatus*. *Environ Toxicol Pharmacol* **37**(1):448–54.

⁶³ A review of effects of glyphosate and glyphosate-based herbicides on aquatic and terrestrial organisms is given in Glyphosate Monograph 2016, PAN International <http://pan-international.org/wp-content/uploads/Glyphosate-monograph.pdf>

⁶⁴ Franz, J.E. (1974) Nphosphonomethylglycine Phytotoxicant Compositions. US Patent 3,799,758, Mar. 26, 1974, USPTO, Washington, DC.

⁶⁵ Reviewed in Sirinathsinghji E., 2012. USDA Scientist Reveals All: Glyphosate Hazards to Crops, Soils, Animals, and Consumers. Prof Don Huber. ISIS Report http://www.i-sis.org.uk/USDA_scientist_reveals_all.php

crijevnu mikrofloru životinja, ubijajući korisne bakterije i ostavljujući patogene iza sebe⁶⁶. To je povezano sa štetnim utjecajima na domaće životinje koje se hrane žitaricama tretiranim glifosatom. Neke studije sugeriraju da ovo posebno svojstvo glifosata koje utječe na crijevne mikroorganizme može imati ozbiljne implikacije na ljude.⁶⁷

⁶⁶ Kruger M, Shehata AA, Schrodl W, Rodloff A, 2013. Glyphosate suppresses the antagonistic effect of *Enterococcus* spp. on *Clostridium botulinum*. *Anaerobe* 20:74–78.

⁶⁷ Samsel A, Seneff S. Glyphosate, pathways to modern diseases II: Celiac sprue and gluten intolerance. *Interdiscip. Toxicol.* 2013;6(4):159-184. doi:10.2478/intox-2013-0026.

Postupak registracije aktivnih tvari i sredstva za zaštitu bilja

Zakonski okvir Europske unije o stavljanju novih pesticida na tržište i obnovi dozvola temelji se na Uredbi (EZ) br. 1107/2009 o stavljanju na tržište sredstava za zaštitu bilja (SZB). Tom uredbom uspostavljeni su viši zahtjevi i standardi za ocjenu aktivnih tvari koje se koriste u sredstvima za zaštitu bilja i time se osigurava zaštita okoliša te zdravlje ljudi i životinja. Uredbom se aktivne tvari i dalje odobravaju na razini Europske unije, a sredstva za zaštitu bilja (pripravci koji uključuju više sastojaka) na razini država članica.

Sukladno Uredbi, odobrenje postojeće aktivne tvari ili produljenje odobrenja sastoje se od sljedećih postupaka⁶⁸:

1. Tvrтka (vlasnik aktivne tvari) prikuplja dokumentaciju o aktivnoj tvari.
2. Tvrтka podnosi zahtjev za odobrenje aktivne tvari državi članici. Zahtjev sadrži popratne znanstvene informacije i studije. Država članica analizira dostavljenu dokumentaciju i priprema „Nacrt izvješća o procjeni“, on se daje na uvid javnosti i tijekom 60 dana prikuplja primjedbe.
3. EFSA potom provjerava procjenu aktivne tvari države članice. Uz konzultacije s drugim državama članicama, EFSA provodi stručni pregled izvješća o ocjeni i svoje zaključke šalje Europskoj komisiji. To može uključivati opcije za mjere upravljanja rizikom.
4. Na temelju pregleda EFSA-e, Europska komisija i Države članice odlučuju hoće li odobriti aktivnu tvar.
5. Tvrтka podnosi zahtjev za stavljanje pesticida koji sadrži odobrenu aktivnu tvar na tržištu
6. Država članica koja prima zahtjev procjenjuje ga. Ova procjena uključuje prijedlog maksimalne razine rezidua (MRL). Prema zakonu EU-a, države članice odgovorne su za odobravanje pesticida. Prijave procjenjuje i odobrava nacionalno tijelo kojem su podnesene.
7. Ako je predloženi MRL pokriven postojećim zakonodavstvom, zahtjev se zatim šalje Europskoj komisiji a u slučaju da nije;
8. EFSA procjenjuje predloženi MRL i prosljeđuje svoje mišljenje Europskoj komisiji
9. Europska komisija odlučuje hoće li prihvati predloženi MRL. Ako ga prihvati, država članica tada može odobriti pesticid. Što se tiče autorizacije pesticida, EU je podijeljena u tri zone: sjever, jug i centar. Zemlje sa sličnim uvjetima poljoprivrede, zdravlja bilja i okoliša grupirane su zajedno. Kada je pesticid odobren za uporabu u jednoj državi članici, njegova je uporaba također dopuštena u drugim državama članicama iste zone (međusobno priznavanje).
10. Tvrтka donosi pesticid na tržište. Države članice provjeravaju koriste li se pesticidi u skladu s uvjetima koje postavljaju donositelji odluka u EU-u, npr. da se pesticid koristi samo na određenim usjevima i poljoprivrednici ne primjenjuju previše kemikalije

⁶⁸<https://multimedia.efsa.europa.eu/pesticides-authorisation/index.htm#activesubstances>

11. Također sudjeluju u programu praćenja ostataka pesticida u hrani koji se provodi diljem EU-a. Sve države članice EU-a, te Norveška i Island, provode dva godišnja programa praćenja kako bi osigurali da su ostaci pesticida na hrani unutar zakonskih granica EU-a.
12. EFSA izrađuje godišnje izvješće EU o ostacima pesticida u hrani. To može uključivati prijedloge za reviziju MRL-ova.
13. Europska komisija i Države članice razmatraju MRL prijedloge za odobrenje.

Ukupan vremenski period od podnošenja zahtjeva do odobrenja procedura traje oko 3,5 godine. Međutim, u nastavku teksta, odnosno u prikazanoj kronologiji postupaka ponovnog odobrenja glifosata vidljiva su znatna odstupanja od propisane procedure. Stoga iznosimo kronologiju re-registracija glifosata koja je tekla na sljedeći način⁶⁹:

- U svibnju 2012 Komisija je odabrala Njemačku kojoj je predala zahtjev i dokumentaciju za ponovnu ocjenu prodljenja odobrenja.
- U prosincu 2013. Njemačka je dostavila Europskoj agenciji za sigurnost hrane „Nacrt izvješća o procjeni“ i istovremeno svim zemljama članicama za konzultacije i primjedbe.
- U siječnju 2014. EFSA je počela recenziju. U ožujku su završene konzultacije s javnošću a u srpnju s državama članicama.
- U kolovozu 2014. od Njemačke su zatražene dodatne informacije.
- u veljači i ožujku 2015. EFSA organizira konzultacije eksperata o toksikologiji (na sisavce) i ekotoksikologiji glifosata.
- U ožujku 2015. Svjetska organizacija za istraživanje raka (IARC) objavljuje Monografiju o toksikologiji 5 organofosfornih insekticida i o glifosatu, kojom ga se klasificira (skupina A2) kao tvar koja „vjerojatno uzrokuje rak kod ljudi“.
- Od ožujka do rujna Njemačka proučava i priprema ocjenu Monografije i dostavlja je EFSA-i i zemljama članicama na razmatranje.
- U rujnu 2015. EFSA organizira ponovne konzultacije stručnjaka iz područja kancerogenosti i toksičnosti sisavaca i u studenom iste godine zaključuje „da nije vjerojatno da glifosat predstavlja opasnost za ljude zbog karcinogenih učinaka te da dokazi ne podupiru klasifikaciju u pogledu njegove potencijalne karcinogenosti u skladu s Uredbom (EZ) br. 1272/2008. Sukladno tomu, Europska komisija predložila je u studenom prodljenje odobrenja uporabe glifosata do 2031.
- Prethodno je u listopadu 2015. Za vrijeme konzultacije glifosatu privremeno prodljeno dopuštenje za uporabu do lipnja 2016. Do kada zemlje članice trebaju donijeti konačnu odluku.
- U ožujku 2016. Zbog neslaganja predstavnika članica u Stalnom odboru za bilje, životinje, hranu i hranu za životinje (SCoPAFF) Komisija odgađa donošenje odluke. Upućuje zemlje članice na usuglašavanje stavova sve dok se kvalificiranom većinom ne postigne jedinstvena odluka.
- 23. ožujka 2016. „Odbor za okoliš, javno zdravlje i sigurnost hrane“ Europskog parlamenta, poziva se na mišljenje i nalaz IARC Monografije i ulaže prigovor (Rezoluciju) na prijedlog Europske komisije da se glifosatu prodlji rok uporabe na 15 godina, odnosno do 2031.

⁶⁹ Ostojić, Z., Brzoja, D. and Barić, K., 2018. Status, namjena i potrošnja glifosata u Hrvatskoj i svijetu. Glasilo biljne zaštite, 18(6), pp.531-541.

- U travnju 2016. Parlament usvaja Rezoluciju Odbora kojom poziva Komisiju da produlji odobrenje glifosatu na 7 godina uz određenja ograničenja.
- U svibnju 2016. Komisija djelomično uvažava prijedlog Parlamenta, ali novom Provedbenom uredbom predlaže produljenje na 10 godina. Međutim države članice ne uspijevaju postići kvalificiranu većinu.
- Zbog toga Komisija privremeno produljuje odobrenje do 31. 12. 2017. odnosno sve dok Europska agencija za kemikalije (ECHA) ne provede procjenu potencijalne kancerogenosti glifosata.
- U ožujku 2017. ECHA-in Odbor za procjenu rizika konsenzusom zaključuje da nema dokaza koji povezuju glifosat s kancerogenošću ljudi i da on ne ometa reproduktivnost. Isti zaključak donijele su i: EFSA (uz podršku 27 nadležnih tijela država članica EU), relevantne nacionalne institucije izvan EU (Kanada, Japan, Australija, Novi Zeland), zajednička organizacija za hranu i poljoprivredu UN-a, Svjetska zdravstvena organizacija o reziduama pesticida (JMPR)
- Od svibnja do listopada 2017. Komisija obavlja razgovore s članicama o mogućoj obnovi odobrenja glifosata i priprema se za glasovanje. Međutim početkom listopada Komisiji je predan zahtjev Europske građanske inicijative (1 070 865 građana EU) da zabrani glifosat.
- 24.10.2017. Parlament je neobvezujućom rezolucijom pozvao Komisiju da ne produlji odobrenje glifosatu i predložio postupno ukidanje.
- 25.10.2017. SCOPAFF glasovanjem o produljenju na predloženih 10 godina ponovno nije postigao kvalifikacijsku većinu. Isto se ponavlja i 9.11.2017. kad su trebali izglasati produljenje na 5 godina.
- 26.11.2017. Građanska inicijativa (temeljem prikupljenih milijun glasova) svoj zahtjev u pogledu glifosata predstavlja Parlamentu.
- 27.11.2017. Žalbeni odbor (instanca predstavnika članica koja donosi odluku kad SCoPAFF ne uspije donijeti odluku) kvalifikacijskom većinom (18 članova za, 9 protiv i jednim suzdržanim) produljuje odobrenje glifosata na 5 godina. Hrvatski predstavnik glasovao je protiv prijedloga Komisije zajedno sa predstavnicima Belgije, Grčke, Francuske, Italije, Cipra, Luksemburga, Malte i Austrije.
- U veljači 2018. Europski parlament je osnovao odbor koji će preispitivati buduće dozvole za korištenje pesticida i provjeru ispravnosti procedure produljenja odobrenja.

Glifosat je trenutno odobren u Europskoj uniji do 15.12.2023. stoga se može koristiti kao aktivna tvar u sredstvima za zaštitu bilja do tog datuma pod uvjetom da je svako sredstvo za zaštitu bilja odobreno od strane nacionalnih tijela nakon procjene njegove sigurnosti.

Dana 10.5.2019. Komisija je imenovala 4 države članice (Francusku, Mađarsku, Nizozemsku i Švedsku) koje zajedno djeluju kao Grupa za procjenu glifosata.⁷⁰

- 12.12.2019. *Glyphosate Renewal Group* (skupina tvrtki koje traže obnovu odobrenja za glifosat u Europskoj uniji) poslala je zahtjev za obnovu odobrenja nakon 2022. godine Grupi za procjenu glifosata, drugim državama članicama, Europskoj agenciji za sigurnost hrane i Europskoj komisiji. Tom je prijavom službeno pokrenut postupak obnove u EU kako je predviđeno Uredbom (EZ) br. 1107/2009.
- 8.5.2020. *Glyphosate Renewal Group* predala je dodatne dokumente koji uključuju znanstvena istraživanja i literaturne podatke.
- 15.5.2021. Grupa za procjenu glifosata je EFSA-i Europskoj agenciji za kemikalije dostavila svoje procjene i odluku nacrta Izvješća o procjeni obnove i Izvješća koji sadrži prijedlog za usklađeno razvrstavanje odnosno označavanje
- 23.9.2021. pokrenute su javne konzultacije o izvješćima
- Tijekom javnog savjetovanja, brojne su nevladine organizacije poslale otvoreno pismo povjereniku Kyriakidesu ističući svoju zabrinutost u vezi s postupkom procjene obnove, a posebno u vezi s vjerodostojnošću istraživanja koje je podnositelj zahtjeva dostavio u dosjeu za obnovu te u vezi s korištenjem znanstvene recenzirane otvorene literature u procjeni rizika.
- EFSA je zatražila dodatne informacije o od *Glyphosate Renewal Group* u skladu s Uredbom koja uređuje postupak obnove (Uredba (EU) br. 844/2012). S obzirom na količinu novih informacija primljenih putem javnog savjetovanja i potrebom za evaluacijom dodatnih informacija, Grupa za procjenu glifosata naznačila je da je potrebno više vremena za pružanje ažuriranih nacrta izvješća o procjeni obnove koji se očekuje u srpnju 2023.
- Dana 30. svibnja 2022., ECHA-in Odbor za procjenu rizika (RAC) složio se da treba zadržati trenutačno usklađenu klasifikaciju glifosata (kao uzročnika ozbiljnih oštećenja oka i otrovnog za voden svijet). Na temelju opsežnog pregleda dostupnih znanstvenih dokaza, RAC je zaključio, kao i 2017., da klasifikacija glifosata kao kancerogena nije opravdana.
- U lipnju 2022. Savez za zdravlje i okoliš (HEAL) objavio je izvješće u kojem se tvrdi da "studije o raku koje su pružile tvrtke za proizvodnju pesticida za procjenu karcinogenosti glifosata pokazuju jasan potencijal da tvar uzrokuje rak".

⁷⁰https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/approval-active-substances/renewal-approval/glyphosate_en

Zeleni plan EU-a i strategija „Od polja do stola“

Europska unija najavila je svoj Europski zeleni plan 2020. kao odgovor na klimatske promjene, degradaciju okoliša i gubitak bioraznolikosti u Europi i globalno. Kao dio Europskog zelenog plana koji je Europska komisija usvojila 2022. godine, predloženi su ciljevi za obnovu oštećenih ekosustava i obnovu prirode Europe, od poljoprivrednog zemljišta i mora, do šuma i urbanog okoliša.

Ključni dio prijedloga je smanjenje upotrebe i rizik od sintetičkih pesticida, posebno smanjenje upotrebe opasnijih pesticida, za 50% do 2030. Strategije EU-a za bioraznolikost i od polja do stola ranije su odredile dva cilja smanjenja pesticida u 2020.:

- Cilj 1 – 50% smanjenje uporabe i rizika od sintetičkih pesticida – Ovaj cilj će se mjeriti na temelju količina aktivnih tvari sadržanih u pesticidima koji se stavljuju na tržište (prodaju) i stoga se koriste u svakoj državi članici, i štetnih svojstva tih aktivnih tvari;
- Cilj 2 – 50% smanjenje uporabe opasnijih pesticida (kandidata za zamjenu) - mjeri se na temelju podataka o količinama opasnijih aktivnih tvari tzv. „kandidata za zamjenu“ sadržanih u pesticidima koji se stavljuju na tržište (prodaju) u svakoj državi članici.

Ovi ciljevi Europskog zelenog plana djelovali su kao vodeće načelo tijekom cijelog mandata sadašnje Europske komisije: kako se približavamo kraju mandata koji je započeo 2020., napori su sada usmjereni na donošenje zakona koji bi pratili te ciljeve. Njihovo prevođenje u zakon EU, umetanjem ciljeva u predloženu reviziju postojeće Direktive o održivoj uporabi pesticida koja bi postala uredba, naišlo je na protivljenje skupina koje su zainteresirane za održavanje statusa quo.

Uspješna Europska građanska inicijativa: „Spasimo pčele i poljoprivrednike“

Europski građani podržali su još ambicioznije ciljeve postupnog ukidanja pesticida u 2022. Europska građanska inicijativa „Spasimo pčele i poljoprivrednike“, koju je podržalo više od 1.1 milijuna građana, pozvala je Komisiju da odmah poduzme mjere za obnovu bioraznolikosti i zaštitu zdravlja građana brzim smanjenjem uporabe sintetičkih pesticida, do konačne zamjene ne štetnim alternativama.

Formalni zahtjevi Europske građanske inicijative „Spasimo pčele i poljoprivrednike“ bili su:

- Postupno ukidanje uporabe sintetičkih pesticida - do 2030. uporaba sintetičkih pesticida postupno će se smanjiti za 80% u poljoprivredi EU-a, a do 2035. poljoprivreda u cijeloj EU bit će bez sintetičkih pesticida.
- Mjere za obnovu bioraznolikosti - staništa će se obnoviti, a poljoprivredne površine će postati vektor obnove bioraznolikosti.
- Potpora poljoprivrednicima- poljoprivrednike je potrebno podržati u potrebnoj tranziciji prema agroekologiji. Prednost će se dati malim, raznolikim i održivim poljoprivrednim gospodarstvima, proširit će se ekološka poljoprivreda i podržat će se istraživanja poljoprivrede bez upotrebe pesticida i GMO-a.

Europska građanska inicijativa za zabranu glifosata i zaštitu ljudi i okoliša od toksičnih pesticida

Svijest građana o glifosatu ilustrirana je brzinom kojom je #StopGlyphosate europska građanska inicijativa (EGI) ispunila uvjete da se službeno smatra uspješnom: dosegla je prag od milijun potpisa u samo šest mjeseci od pokretanja. EGI za zabranu glifosata, reformu procesa odobravanja pesticida u EU i postavljanje obveznih ciljeva za smanjenje upotrebe pesticida⁷¹ u EU službeno je predan Europskoj komisiji 3. srpnja 2017., s ukupno 1.320.517 potpisa prikupljenih iz cijele EU. Dana 12. prosinca 2017. Europska komisija odgovorila je na EGI; Što se tiče prvog cilja, 'zabrane herbicida na bazi glifosata', Komisija je zaključila da nema niti znanstvene niti zakonske osnove koja bi opravdala zabranu glifosata, te neće izraditi zakonski prijedlog u tom smislu. Što se tiče drugog cilja, kako bi se "osiguralo da se znanstvena procjena pesticida za regulatorno odobrenje EU-a temelji samo na objavljenim studijama, koje naručuju nadležna javna tijela umjesto industrije pesticida", Komisija se obvezala iznijeti zakonski prijedlog svibnja 2018., za jačanje transparentnosti procjene rizika EU-a u prehrambenom lancu. Što se tiče trećeg cilja, „postaviti obvezne ciljeve smanjenja upotrebe pesticida na razini EU-a, s ciljem postizanja budućnosti bez pesticida”, Komisija je zaključila da se namjerava usredotočiti na provedbu Direktive o održivoj uporabi te će ponovno - ocijeniti situaciju, prvo u izvješću Vijeću i Parlamentu o provedbi Direktive koje će biti izrađeno 2019.⁷²

Umjesto konkretnih radnji i prijedloga za zabranu glifosata Komisija je predložila povećanje transparentnosti podataka. Nevladine organizacije izjavile su da je to "pogrešan odgovor na zahtjev EGI -ja da se odobrenja za pesticide u EU-u temelje samo na potpuno objavljenim studijama. Postojeći zakon EU već predviđa objavu studija, što je potvrdio i Europski sud pravde. EFSA je uskratila podatke suprotno ovoj presudi"⁷³. Primjedba EGI -ja da studije financira industrijia, ali da ih naručuju regulatori umjesto industrijie, također je odbijena.

⁷¹https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_17_5191

⁷²https://europa.eu/citizens-initiative/initiatives/details/2017/000002/ban-glyphosate-and-protect-people-and-environment-toxic-pesticides_en

⁷³<https://www.greenpeace.org/eu-unit/issues/nature-food/759/commission-rejects-demands-of-stopglyphosate-citizens-initiative/>

Zemlje Europske unije koje rade na zabrani glifosata na nacionalnoj razini

Austrija je prva država članica koja je odlučila zabraniti glifosat. U lipnju 2019. Godine Austrija je objavila da planira zabraniti glifosat unutar godine dana. Mjera za zabranu glifosata donesena je u srpnju 2019. dok je zabrana glifosata trebala stupiti na snagu 1.1.2020. Međutim, austrijska vlada objavila je 9. prosinca 2019. da se zabrana ne može provesti u zemlji bez izlaganja pravnim sankcijama, budući da nije unaprijed obavijestila Komisiju.⁷⁴ Nakon dva neuspješna pokušaja u posljedne dvije godine da se potpuno zabrani glifosat, austrijski parlament jednoglasno je izglasao djelomičnu zabranu glifosata. Ova izmjena austrijskog zakona o pesticidima zabranjuje upotrebu glifosata na takozvanim "osjetljivim" područjima i za privatnu upotrebu. Profesionalna uporaba glifosata, uključujući većinu primjena u poljoprivredi, ostaje dopuštena.⁷⁵

Glavni grad Belgije zabranio je upotrebu glifosata na svojem geografskom području u sklopu njihove politika nulte upotrebe pesticida.⁷⁶

Češki ministar poljoprivrede Miroslav Toman rekao je da će zemlja ograničiti upotrebu glifosata počevši od 2019. Točnije, Češka je zabranila glifosat kao sredstvo za sušenje usjeva za ljudsku prehranu.

Danska uprava za radnu okolinu proglašila je glifosat kancerogenim i preporučila promjenu na manje toksične kemikalije. Aalborg, jedan od najvećih gradova u Danskoj, izdao je zabranu za privatnu upotrebu glifosata u rujnu 2017. U srpnju 2018. Danska je vlada implementirala nova pravila zabrane upotrebe glifosata na svim usjevima prije berbe/žetve kako bi se izbjegle rezidue pesticida u hrani.⁷⁷

U Francuskoj je više desetaka općina odlučilo zabraniti upotrebu glifosata na svojim površinama. Također predsjednik Macron je u prosincu 2020. Najavio da će da će vlada ponuditi finansijsku pomoć poljoprivrednicima koji pristanu prestati koristiti glifosat. Francuski predsjednik rekao je u intervjuu medijima da, iako još uvijek podržava zabranu glifosata, shvaća da neće moći inicirati zabranu do 2021. U prosincu 2019. francuska agencija ANCES odlučila je da će se 36 proizvoda na bazi glifosata povući s tržišta i više neće biti dopušteni za upotrebu do kraja 2020. godine⁷⁸.

Njemačka vlada donijela je zakon u veljači 2021. za zabranu glifosata do 2024. Njemački poljoprivrednici morat će smanjiti upotrebu glifosata dok zabrana ne stupa na snagu 2024. Određene maloprodajne trgovine u Njemačkoj već su povukle herbicide na bazi glifosata poput Roundup-a s polica.⁷⁹

⁷⁴ https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/E-9-2019-004356_EN.html

⁷⁵ <https://www.fas.usda.gov/data/austria-austrian-parliament-adopts-partial-ban-glyphosate>

⁷⁶ <https://curia.europa.eu/jcms/upload/docs/application/pdf/2020-12/cp200150en.pdf>

⁷⁷ https://food.ec.europa.eu/system/files/2019-03/pesticides_sup_nap_dan-rev_en.pdf

⁷⁸ <https://www.reuters.com/article/us-france-glyphosate-idUSKBN26U0ZI>

⁷⁹ <https://www.reuters.com/article/us-germany-farming-lawmaking-idUSKBN2AA1GF>

Talijanska vlada je 2016. godine zabranila upotrebu glifosata kao tretmana prije berbe/žetve i postavila ograničenja na upotrebu glifosata na javnim površinama.⁸⁰

Luxembourg je postao prva država koje je zabranila sve proizvode koji sadrže glifosat. Zabранa je bila predviđena u 3 faze: u veljači 2020. povućeno je odobrenje za stavljanje na tržište, zalihe su se koristile do kraja lipnja iste godine a 31.12.2020 stupila bi na snagu potpuna zabrana. 22. travnja iste godine korporacija Bayer tužila je Vladu Luksemburga tvrdeći da se zabrana glifosata protivi zakonima Europske unije. Dana 15. srpnja 2022. Upravni sud poništava vladinu odluku o povlačenju odobrenja za stavljanje na tržište proizvoda koji sadrže glifosat i izjavljuje da "Luksemburg nije zakonit jednostrano uspostaviti opću zabranu". Ministar poljoprivrede najavio je da se namjerava žaliti na ovu presudu. Do okončanja ovog postupka Vlada ostavlja zabranu na snazi.⁸¹

Malta je u srpnju 2019. zabranila upotrebu glifosata na javnim površinama. Prskanje nije dopušteno između ostalog na cestama ili u blizini škola.⁸²

Nizozemska je 2015. godine zabranila svaku nekomercijalnu upotrebu glifosata.⁸³

⁸⁰ <https://www.pan-europe.info/press-releases/2016/08/italy-places-important-restrictions-use-glyphosate>

⁸¹ https://justicepesticides.org/en/juridic_case/bayer-contre-gouvernement-du-luxembourg/

⁸² <https://timesofmalta.com/articles/view/weed-killer-glyphosate-to-be-banned-in-public-areas.720157>

⁸³ <https://inhabitat.com/the-netherlands-says-no-to-monsanto-bans-roundup-herbicide/>

ALTERNATIVE UPOTREBI GLIFOSATA

Suzbijanje korova bez pesticida

Direktiva Europske unije (Direktiva 2009/128/EZ)⁸⁴ obvezuje države članice da potiču razvoj i uvođenje integrirane zaštite bilja. Također države su obvezne odlučiti koje će od ovih instrumenata i alata od poljoprivrednika tražiti da primjenjuju kao obavezna (tzv. Opća načela integrirane zaštite bilja), a koja će od poljoprivrednika tražiti da primjenjuju na dobrovoljnoj

DIREKTIVA EUROPSKE UNIJE (DIREKTIVA 2009/128/EZ) JASNO NAVODI
ODRŽIVU UPOTREBU PESTICIDA:

”

Države članice će poduzeti sve potrebne mјere za promicanje suzbijanja štetnika s malim unosom pesticida, dajući gdje god je to moguće prednost nekemijskim metodama, tako da profesionalni korisnici pesticida prijeđu na metode i proizvode s najmanjim rizikom za ljudsko zdravlje i okoliš među onima koji su dostupni.

osnovi (načela specifična za usjeve).

Srž održivog upravljanja korovom je integracija širokog spektra različitih metoda za upravljanje korovom, od kojih je svaka prilagođena vrsti korova i vrsti usjeva i obično se primjenjuje u kombinaciji, u određeno vrijeme tijekom životnog ciklusa usjeva. Ovaj pristup je osnova integrirane zaštite bilja, gdje se tehnike kao što su rotacije, mehaničko uklanjanje korova, biološka kontrola i aktivno praćenje koriste za postizanje optimalnog upravljanja korovom i zdravih, kvalitetnih usjeva s dobrim prinosima. Sustav svih dostupnih tehnika može se promatrati kao piramida, gdje svaki sloj daje popis metoda koje se mogu primijeniti za suzbijanje korova, a gdje se kemijska kontrola koristi samo kao posljednje sredstvo samo ako su sve druge metode bile neuspješne. Ovo se često naziva i pristupom "mnogo malih čekića"⁸⁵. To pomaže u stvaranju sustava veće bioraznolikosti u kojem je omogućeno funkcioniranje korisnih procesa ekosustava. Iako su sintetski herbicidi dio Integrirane zaštite bilja (pristupa/piramide) i upravljanja korovom, njihova uporaba nije obuhvaćena ovim izvješćem jer je fokus na neherbicidnom upravljanju korovom.

⁸⁴ IBMA, IOBC, PAN Europe 2019., Integrated pest management- Working with nature

⁸⁵ Liebman, M., and Gallandt, E.R. (1997) Many little hammers: ecological management of crop-weed interactions. In: Jackson, L.E. (Ed.): Ecology in agriculture, Academic Press, San Diego, USA, 291–343.

Prakse upravljanja korovom mogu se podijeliti u četiri dijela:

- preventivne agronomске prakse
 - monitoring – promatranje i identifikacija korova, procjena potencijalne vrijednosti ili štetnosti;
 - fizička kontrola;
 - biološka kontrola.



Slika 2 Piramida integriranog upravljanja korovom: izgradnja od dna prema vrhu ,PAN Europe

Od vitalne je važnosti integrirati što više metoda u nekemijsko suzbijanje korova jer je jedna metoda rijetko dovoljna za suzbijanje svih korova u svakom trenutku u svim usjevima. Doista, čak i kod borbe protiv korova temeljene na herbicidima, potreban je niz različitih vrsta herbicidnih pripravaka kako bi se postiglo zadovoljavajuće upravljanje korovom na površini.

Temelj piramide upravljanja korovom su preventivne mjere, tipično na razini sustava ili tehnike cijele farme kao što su rotacije, posebno one koje uključuju i uzgoj usjeva i stoke. Dobre higijenske prakse, na primjer, osiguravaju da oprema za žetu ne širi sjeme korova s jednog polja ili farme na drugo. Slijedi praćenje - obilazak polja kako bi se utvrdilo koji je korov prisutan. Znanje i iskustvo potrebno za donošenje odluka jesu li potrebne i koje radnje za suzbijanje korova. Ove odluke mogu biti potkrijepljene alatima, kao što su modeliranje i predviđanje te dobrim vođenjem evidencije. Na temelju pouzdanih informacija, proizvođač može odlučiti koje su fizičke i biološke intervencije za suzbijanje korova potrebne, a tek kada su te mogućnosti iscrpljene, treba razmotriti kemijsku kontrolu, posebno sa sintetičkim herbicidima.

Projekt IWMPRAISE (*Integrated Weed Management: Practical Implementation and Solutions for Europe*) sastoji se od 37 partnera iz osam različitih europskih zemalja i uključuje 11 vodećih sveučilišta i istraživačkih instituta u području upravljanja korovom, 14 tvrtki i industrijskih partnera, 12 savjetodavnih službi i udruženja krajnjih korisnika⁸⁶.

⁸⁶ Riemens, M., Sønderskov, M., Moonen, A.-C., Storkey, J., and Kudsk, P. (2022) An integrated weed management framework: A pan-European perspective. Eur. J. Agron. 133:126443.

Razvili su sustav pod nazivom "Integrirana zaštita bilja" - IPM (*Integrated Weed Management* IWM) okvir koji se sastoji od pet stupova:

- raznoliki sustavi uzgoja usjeva;
- izbor i uspostavljanje kultivara;



- upravljanje poljima i tlom;
- izravna kontrola;
- praćenje i procjena

Suzbijanje korova jedan je od dominantnih izazova u poljoprivredi, posebice u sustavima ratarstva i uzgoja povrća. Neuspjeh u suzbijanju korova može rezultirati potpunim gubitkom usjeva, osobito ako se nekoliko godina ne provodi nikakvo ili nedovoljno uklanjanje korova, dopuštajući stvaranje „banke sjemena korova“ (sjeme korova u tlu), s proporcionalnim povećanjem broja korova u narednim godinama.

Napori poljoprivrednika u borbi protiv korova ogledaju se u prodaji herbicida u EU, koja čini 35% ukupne prodaje pesticida⁸⁷. Ipak, kako bi se smanjio utjecaj herbicida na okoliš i ljude, postoji jasna potreba za smanjenjem i konačnom eliminacijom herbicida i drugih pesticida. Rješenje je ulaganje u održive poljoprivredne sustave koji mogu preokrenuti štetu uzrokovana herbicidima i pesticidima i stvoriti ekološki i ekonomski održiv model poljoprivredne proizvodnje.

Ovo poglavlje pokazuje da je moguće smanjiti ili čak eliminirati upotrebu herbicida u poljoprivredi. Uzgajivačima koji se bave ekološkim uzgojem zabranjeno je korištenje sintetičkih pesticida, uključujući herbicide, a već više od sedamdeset godina uspješno uzgajaju bez njih. Ali nisu samo ekološki poljoprivrednici ti koji su uzgajali bez herbicida: sve veći broj konvencionalnih poljoprivrednika smanjuje ili prestaje koristiti herbicide.

Već postoje mnoge nekemijske metode za suzbijanje korova koje svaki poljoprivrednik može usvojiti, što im omogućuje smanjenje, a zatim i uklanjanje upotrebe herbicida. Čak i izazovna pitanja, poput upotrebe glifosata u „konzervacijskoj obradi tla“ koja minimalizira obradu tla, a posebno izbjegava oranje, mogu se riješiti bez upotrebe herbicida. Elektrotermički uređaji za uklanjanje korova počinju pokazivati svoj potencijal izravne zamjene za glifosat i druge herbicide.

„Bez oranja“ je tehnika uzgoja usjeva i životinja bez obrade tla odnosno bez okretanja tla oranjem. To je postignuto korištenjem posebnih sijačicama koje su specifično dizajnirane za sadnju u nepreoranu tlo. Cilj ovakve obrade je smanjiti negativne utjecaje obrade tla na agregaciju tla, organizme u tlu i zdravlje tla općenito. Međutim takav sustav ovisan je o herbicidima odnosno glifosatu za upravljanje korovima i ostalom vegetacijom (npr. determinacija usjeva nakon žetve). Herbicidi na bazi glifosata još se nazivaju i „kemijsko oranje/ chemical ploughing“, zato što su direktna zamjena za oranje i ostale vrste obrade tla. Idealno bi bilo iskoristiti prednosti obrade bez oranja, bez upotrebe herbicida na bazi glifosata.

Jedna opcija je reducirana obrada tla koja se još naziva i konzervacijska obrada ili minimalna obrada tla. To je način obrade tla kojim se izbjegava oranje na punu dubinu te se radije koristi plitka obrada tla koja samo utječe na gornjih 5 do 15 centimetara, uglavnom tehnikama bez inverzije tla. Istraživanja su pokazala da se reduciranim obradom tla može učinkovito upravljati korovima uz istovremeno smanjenje negativnog utjecaja na tlo i biologiju tla u usporedbi sa dubokom obradom tla.⁸⁸ Stoga u kombinaciji s drugim poljoprivrednim praksama, poput uzgoja pokrovnih usjeva i zelene gnojidbe može se učinkovito upravljati korovom i ostacima nakon žetve te tako prevladati potrebu za upotrebom herbicida.

⁸⁷ EUROSTAT

⁸⁸ TILMAN-ORG. (2016) TILMAN-ORG - Reduced TILLage and Green MANures for sustainable ORGanic Cropping Systems: CORE organic II - TILMAN-ORG, http://www.tilman-org.net/fileadmin/documents_organicresearch/tilman-org/TilmanOrg2014_CK_flyer_small.pdf.

“Živo korijenje tijekom cijele godine” – utjecaj upravljanja korovom na tlo

Upravljanje korovom kao cjelina je mnogo više od povezanosti herbicida i zdravlja tla.⁸⁹ Osiguranje dobrog zdravlja tla ključno je za rezultate u poljoprivredi. Međutim, u posljednjem desetljeću znanost o tlu doživjela je promjenu paradigme u razumijevanju načina na koji nastaje organska tvar tla, a time i pokretača zdravlja tla.⁹⁰ Stara je paradigma bila da biljne i životinjske ostatke (kao što je lišće, gnojivo, kompost) taložene na površinu tla ili unesene u tlo razgrađuju organizmi poput glista i crva, a zatim mikrobi poput bakterija čime čvrsti materijali kao lignin završavaju kao humus koji može trajati stoljećima. Nova paradigma je da izlučevine iz korijena živilih biljaka pokreću stvaranje organske tvari. Između 10% i 40% produkata fotosinteze izlaze iz korijena u obliku jednostavnih ugljikohidrata, lipida i proteina kako bi nahranili mikrobe koji žive u međusobnoj simbiozi oko korijena biljke- područje koje se naziva „rizosfera“. Mikrobi uzvraćaju uslugu osiguravajući, vodu, hranjive tvari i zaštitu od bolesti. Biljke također mijenjaju vrste eksudata kako bi pogodovale određenim mikrobima kada im je potrebna njihova posebna pomoć. A različite biljne vrste imaju različite izlučevine koje pogoduju različitim mikrobima. Stoga je od vitalnog značaja imati raznolikost biljaka kako bi se povećala raznolikost mikroba, kako bi se optimiziralo zdravlje tla. Mikrobi se također transformiraju i stavljuju dio eksudata u mineralne čestice tla gdje je visoko zaštićen. Ova organska tvar naziva se organska tvar povezana s mineralima i može trajati stoljećima do tisućljeća.

Dakle, stara paradigma je obuhvaćena kao dio nove paradigme, u smislu da površinske ostatke još uvijek razgrađuju crvi i bakterije, ali traju samo godinama do nekoliko desetljeća, a ne stoljećima do tisućljeća kako se ranije mislilo. To se sada naziva česticama organske tvari. Dakle, upravo je raznolikost korijena živilih biljaka primarni pokretač biologije tla, formiranja organske tvari tla, a time i zdravlja tla, a ne ostaci žetve, kompost, stajnjak itd. Otuda mantra „Živo korijenje tijekom cijele godine“. Implikacija za upravljanje korovom je da glavni cilj upravljanja korovom – smanjenje raznolikosti i biomase biljaka – djeluje izravno protiv potrebe da se poveća raznolikost i biomasa živilih biljaka kako bi se povećalo zdravlje tla. Stoga svi oblici borbe protiv korova, sintetski i nesintetski, moraju samo smanjiti raznolikost biljaka i biomasu na absolutnu minimalnu razinu potrebnu za uspješnu proizvodnju usjeva. Nedavno je objavljena nova definicija korova koja se bavi upravo ovim problemom.

Redefiniranje korova za post-herbicidnu eru

Rad pod nazivom “Redefiniranje korova za post-herbicidnu eru”⁹¹ objavljen je u “Weed Research”, vodećem svjetskom znanstvenom časopisu o korovima. U radu se prvo napominje da korovi nisu znanstveni pojam: ne postoji, primjerice, botanička kategorija "korova". Korovi su u potpunosti vrijednosni sudovi odnosno percepcija "dobre" ili "loše" biljke (biljke, ne biljne vrste).

Zatim definira korov kao:

Biljka ili populacija biljaka, u određeno vrijeme i na određenom mjestu, koja uzrokuje značajnu štetu, bilo trenutačno ili dugoročno, na temelju holističke analize njihovih pozitivnih i negativnih svojstava.

⁸⁹ James, T.K. and Merfield, C.N. (2021) Weed and soil management: a balancing act. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, Elsevier, Burlington, USA, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822974-3.00007-0>.

⁹⁰ Cotrufo, M.F., Lalonde, J.M., and Sparks, D.L. (2022) Soil organic matter formation, persistence, and functioning: a synthesis of current understanding to inform its conservation and regeneration, *Adv. Agron.* **172**:1–66.

⁹¹ Merfield, C.N. (2022) Redefining weeds for the post-herbicide era, *Weed Res.* **62**(4):263–267.

Uobičajena definicija korova je „biljka koja raste tamo gdje nije poželjna“; vrijednosni sud je „ne želi“. Rad tvrdi da je to daleko preniska letvica sada kada razumijemo višestruke štete uzrokovane suzbijanjem korova (ne samo upotrebom herbicida) i stoga predlaže mnogo višu letvicu „značajna šteta“. Također zahtijeva da se biljke definiraju kao korovi samo na određenom mjestu i u određeno vrijeme kako bi se suprotstavilo uobičajenom uvjerenju da su određene biljne vrste npr.bijela loboda (*Chenopodium album*) uvijek korov. Pretpostavka da se šteta uzrokovana korovom može pojaviti i implicira da biljke možda trenutačno ne uzrokuju štetu; ali ako se ne drže pod kontrolom, stvarat će štetu u budućnosti (npr. postat će invazivne, stvarati puno sjemena, zauzimati puno mjesta). Stoga je učinkovitije njima upravljati sada kada je lako nego u budućnosti kada bude teško. Posljednji redak napominje da sve biljke imaju i pozitivne i negativne koristi (pružaju usluge ekosustava umjesto da se natječu s usjevima) i da je potrebno odvagati i pozitivne i negativne strane prije nego što se odluči je li biljka korov.

Definicija eliminira ideju da su sve biljke koje nisu usjevi korovi. To znači da sada postoje tri vrste biljaka na polju: usjev, pravi korov i sve ostalo - "ostale biljke" ili kako ih novine nazivaju "*aliae plantae*". Ostale biljke su one koje ne uzrokuju značajnu štetu i stoga se mogu ostaviti na miru. Ova se definicija može vidjeti na djelu gdje poljoprivrednik koristi herbicide za uništavanje biljnih vrsta u svojim usjevima, a isti poljoprivrednik je subvencioniran za sjetvu iste biljne vrste kao divlje cvijeće, jer se te vrste smatraju korisnima i ispunjavaju korisne agroekološke funkcije, npr. podupiranje oprasivača i predatora štetnika. Stoga postoji potreba za efikasnijim upravljanjem bilnjom florom koja nije usjev, kako unutar usjeva tako i na područjima bez usjeva. Na primjer, pokazalo se da namjerno ostavljanje *aliae plantae* među usjevima pruža višestruke usluge ekosustava uz održavanje prinosa⁹². *Aliae plantae* pridonose održavanju prinosa usjeva kroz svoju ulogu u podržavanju korisne bioraznolikosti i plodnosti tla^{93,94}. *Aliae plantae* nude stanište za mikorizne gljive, one prekrivaju golo tlo nakon žetve, održavajući na životu korisne zajednice mikroorganizama u tlu putem svojih korijenskih izlučivanja šećera i proteina. Osim toga, oni osiguravaju staništa za korisne kukce, koji su vitalni za suzbijanje štetočina, a pelud i nektar koji proizvode pomažu u održavanju populacije oprasivača. Stoga cilj ne bi trebao biti potpuno iskorjenjivanje svih neusjevih biljaka, budući da one igraju važnu ekološku ulogu koja je korisna za poljoprivrednike i šиру okolinu. Umjesto pristupa nulte tolerancije i niske bioraznolikosti, stoga je potrebno uspostaviti ravnotežu između usjeva i neusjeva, između ograničavanja štetnih korova radi održavanja prinosa i dopuštanja *aliae plantae* da podržavaju vitalne usluge ekosustava. Budući da ekomska šteta nastaje samo kada populacija korova dosegne određeni prag, uspješan pristup upravljanju korovom trebao bi uzeti u obzir biološke i ekološke značajke korova i ostale flore te koristiti različite poljoprivredne prakse kako bi se postigla ravnoteža. Ključni okvir za postizanje ove ravnoteže je Integrirana zaštita bilja.

⁹² Adeux, G., Vieren, E., Carles, S., Bärberi, P., Munier-Jolain, N., and Cordeau, S. (2019) Mitigating crop yield losses through weed diversity. *Nat. Sustain.* 2(11):1018–1026.

⁹³ Jordan, N. and Vatovec, C. (2004) Agroecological benefits from weeds. In: Inderjit (Ed.): *Weed biology and management*, Springer, Dordrecht, Netherlands, 137–158.

⁹⁴ Ziska, L.H. and Dukes, J.S. (2010) Benefits from weeds. In: Ziska, L.H. and Dukes, J.S. (Eds.): *Weed biology and climate change*, Blackwell Publishing Ltd., Ames, Iowa, USA, 181–197.

Preventivne mjere i kultivacija

Izraz kultivacija odnosi se na bilo koju metodu koja se koristi za održavanje uvjeta na polju tako da je manja vjerojatnost da će se korovi „udomaćiti“ ili da će se njihova populacija povećati i ojačati. Kultivacija kao suzbijanje korova uključuje širok raspon postupaka kao što su plodored, pomoći usjevi, upravljanje kvalitetom tla, obrada tla (površinski u odnosu na oranje), primjena gnojiva, vrste usjeva i kultivari, tehnike uspostavljanja usjeva (razmak redova i dubina sjetve), sve do žetve i tehnike nakon žetve. Sve ove tehnike uzgoja su preventivne- one se ne odnose na suzbijanje korova koji su se već udomaćili, već sprječavaju da se korov uopće ustali. Kao i u mnogim drugim aspektima poljoprivrede, spriječiti je puno bolje nego liječiti. Često je mnogo učinkovitije i isplativije od intervencijskih tehnika za uništavanje već ustaljenih korova.

Plodored

Jedan od najstarijih i najučinkovitijih načina kontrole korova. Neposredno prije početka ere herbicida, Clyde E. Leighty je u Godišnjaku poljoprivrede iz 1938. napisao: „Plodored... najučinkovitije je sredstvo koje je dosad osmišljeno za očuvanje zemlje čistom od korova. Niti jedna druga metoda kontrole korova, mehanička, kemijska ili biološka, nije tako ekonomična niti tako laka za prakticiranje kao dobro organiziran slijed obrade tla i usjeva.“ Međutim, prednosti rotacije mnogo su šire od upravljanja korovom.⁹⁵ Još su vrijednije za upravljanje štetnicima i bolestima, posebice štetnicima i bolestima koje se prenose tlom. One su također vitalne za održavanje kvalitete tla. Štoviše, tamo gdje se mahunarka užgajaju u plodoredu kao usjevi ili kao zelena gnojiva, one povećavaju rezerve dušika u tlu, zahvaljujući bakterijama koje fiksiraju dušik i koje tvore međusobnu simbiozu s mahunarkama. Doista, poljoprivreda bez plodoreda gotovo je nemoguća bez pribjegavanja mineralnim dušičnim gnojivima, pesticidima i herbicidima koji bi zamijenili mnoštvo prednosti koje ona donosi. Za bilo koji usjev postoje vrste korova (te štetočine i bolesti) koje rastu i razmnožavaju se osobito dobro ili barem nisu toliko potisnute. Ako se isti usjev užgaja iz godine u godinu na istom polju, tada će se populacije tih korova povećavati iz godine u godinu sve dok s njima ne postane nemoguće upravljati. Izmjenom usjeva, korovi koji uspijevaju u jednom usjevu bit će potisnuti drugim usjevima, tako da jedna vrsta korova nikad ne dominira i postaje problematična. Konkretno, rotiranje između jednogodišnjih usjeva, kao što su žitarice i povrće, i pašnjaka sa stokom vrlo je učinkovito jer iznimno malo vrsta korova može uspijevati i u sustavima usjeva i pašnjaka. Rotacija između proljetnih i jesenskih usjeva u obradivim sustavima također je vrlo učinkovita

Pomoći usjevi (pokrovni usjevi)

Pomoći usjevi, koji se također nazivaju nenovčanim usjevima i pokrovnim usjevima, užgajaju se za druge koristi osim izravne novčane dobiti. Pomoći usjevi koji uključuju vrste koje vežu dušik nazivaju se zelena gnojidba. Mnogo je razloga za uzgoj pomoći usjeva. Jedan od glavnih razloga je povećanje zdravlja tla i organske tvari, što povećava zadržavanje i dostupnost hranjivih tvari za sljedeće usjeve. Suzbijanje korova još je jedan ključni razlog za uzgoj pomoći usjeva. Na primjer, pomoći usjevi mogu se koristiti kako bi se omogućilo klijanje sjemena korova koje je zatim u konkurenциji s usjevom i koji se otklanja prije nego što korovi zametnu sjeme, čime se iscrpljuje banka sjemena korova. Za posebno problematične korove kao što je kalifornijski čičak (*Cirsium arvense*), visoko konkurentni pomoći usjevi koji se nazivaju "usjevi za gušenje" kao što su mješavine raži (*Secale cereale*) i grahorice (*Vicia species*) tako će se snažno natjecati s čičkom, i za svjetlo i za tlo resurse hranjivih tvari, da mogu istisnuti i iskorijeniti čičak unutar jedne ili dvije sezone rasta.

⁹⁵ Snapp, S.S., Swinton, S.M., Labarta, R., Mutch, D., Black, J.R., Leep, R., Nyiraneza, J., and O'Neil, K. (2005) Evaluating cover crops for benefits, costs and performance within cropping system niches, *Agron. J.* 97(1):322–332.



Slika 4. Taktike suzbijanja korova različitim fazama životnog ciklusa (Riemens i sur., 2022)

Međuusjevi i podusjevi

Uzgoj između usjeva, također poznat kao polikultura, mješoviti usjevi ili kokultivacija, metoda je koja uključuje uzgoj dviju ili više biljaka istovremeno na istom polju tako da svojstva svake biljke olakšavaju rast one druge. Prednosti međuusjeva uključuju opskrbu mahunarki dušikom neleguminoza u smjesi, suzbijanje klijanja i rasta korova, suzbijanje insekata i biljnih bolesti te sveukupno povećanje produktivnosti. Suzbijanje klijanja korova obično je posljedica zasjenjivanja tla lišćem usjeva, ali može biti i kroz alelopatiju, gdje usjev ispušta alelokemikalije koje izravno inhibiraju klijanje sjemena. Potiskivanje rasta korova može biti posljedica nadzemne konkurenkcije za svjetlo i podzemne konkurenkcije za vodu i hranjive tvari, kao i alelopatije i složenijih interakcija, poput onih koje uključuju mikorizne gljive.⁹⁶

Podusjevi uključuju sjetvu jednog ili više pomoćnih usjeva ispod glavnog usjeva, obično s odgodom sjetve pomoćnog usjeva na nekoliko tjedana, kako bi se omogućilo da se glavni usjev dovoljno ustali da mu pomoći usjev ne konkurira i smanji prinos. Kada se glavni usjev makne s polja, pomoći usjev se oslobađa supresivne konkurenkcije i brzo raste, pokrivajući tlo i sprječavajući klijanje i rast korova. Ovo je posebno vrijedna tehnika, jer eliminira potrebu za obradom tla nakon žetve glavnog usjeva jer je sljedeći usjev već razvijen. Često se koristi za

⁹⁶ Hirst, K.K. (2017) Mixed cropping. Updated: 16th November 2019, <https://www.thoughtco.com/mixed-cropping-history-171201>.

uspostavljanje pašnjaka. Ova tehnika također postiže kontinuitet živih korijena u tlu, eliminira oštećenje tla i sprečava otkrivanje golog tla. Postoje mnoge vrlo uspješne kombinacije glavnih usjeva i podusjeva koje su istražene i koje su u širokoj upotrebi, kao što su kombinacije ječma, pšenice, kukuruza i soje uz korištenje bijele djeteline, podzemne djeteline i piskavice kao podsjetva biljke⁹⁷.

Konkurentnost usjeva i suzbijanje korova

I za pašnjake i za ratarske usjeve, konkureniju koje usjev protiv korova može biti glavni doprinos uspješnom upravljanju korovom. Neki povrtni usjevi također mogu biti vrlo konkurentni protiv korova, krumpir je klasičan primjer. Međutim, neki su loši konkurenti tijekom cijelog života, npr. luk. Za alelopatske usjeve, gdje usjevi proizvode biokemikalije koje utječu na rast, preživljavanje, razvoj i reprodukciju drugih organizama, kultivari mogu značajno varirati u broju alelokemikalija koje proizvode, a snažnije alelopatski kultivari mogu imati značajnu konkurentsku prednost. Velik učinak može imati gustoća sjetve koja se u ratarskim kulturama može povećati dva ili čak tri puta.

“False and stale seedbeds” tehnike

Praksa upravljanja korovom u kojoj se sjemenkama korova neposredno ispod površine tla dopušta da proklijaju, a zatim se uništavaju prije sadnje usjeva za prodaju, uz minimalne intervencije u tlu.

“False and stale seedbeds” tehnike dvije su povezane tehnike temeljene na tri principa⁹⁸. Prvo, oko 90% banke sjemena korova miruje u bilo kojem trenutku ali 10% sjemenki koje nisu u mirovanju na vrhu profila tla brzo će proklijati pod pravim uvjetima. Drugo, obrada tla/kultivacija je najučinkovitiji način za poticanje klijanja sjemena korova kroz širok raspon čimbenika uključujući povećanje količine kisika i nitrata, povećanje temperature i dnevne temperaturne varijacije, kao i eliminiranje lišća koje zasjenjuje tlo. Treće, i najvažnije, većina sjemenki korova usjeva može izniknuti samo iz gornjih pet centimetara tla, obično gornja dva centimetra. Ako je sjeme dublje, njegove rezerve energije i hranjivih tvari potroše se prije nego što dospiju na površinu tla.

Uređaji za plijevljenje u usjevu

Slijedeći načela integrirane zaštite bilja i koncept piramide i mnogo malih čekića (slika 2) većina, npr. 90% nesintetskog upravljanja korovom treba se postići prije sadnje usjeva, npr. upotrebom plodoreda, upravljanjem hranjivima, “false and stale seedbeds” tehnikom. Stoga bi se upravljanje korovom unutar usjeva trebalo promatrati kao šlag na torti nesintetskog upravljanja korovom, a ne kao sam kolač. Malo je vjerojatno da će svaki poljoprivrednik koji vjeruje da nesintetsko upravljanje korovom počinje pri uspostavljanju usjeva biti uspješan.

Zahvaljujući ekološkoj poljoprivredi koja je 1960-ih zabranila upotrebu sintetičkih herbicida (i drugih pesticida), sada postoji širok raspon strojeva i alata za uklanjanje korova. Dostupni su svim poljoprivrednicima i uzbudljivačima za upravljanje korovom. Kao što herbicidi imaju različite

⁹⁷ Ramseier, H. and Crismaru, V. (2014) Resource-conserving agriculture: Undersowing and mixed crops as stepping stones towards a solution. In: Dent, D. (Ed.): *Soil as world heritage*, Springer, Dordrecht, Netherlands, 353–363.

⁹⁸ Merfield, C.N. (2015) False and stale seedbeds: The most effective non-chemical weed management tools for cropping and pasture establishment. The BHU Future Farming Centre - The FFC Bulletin, 2015-V4, Lincoln, New Zealand, <http://www.bhu.org.nz/future-farming-centre/information/bulletin/2015-v4/false-and-stale-seedbeds-the-most-effective-non-chemical-weed-management-tools-for-cropping-and-pasture-establishment>.

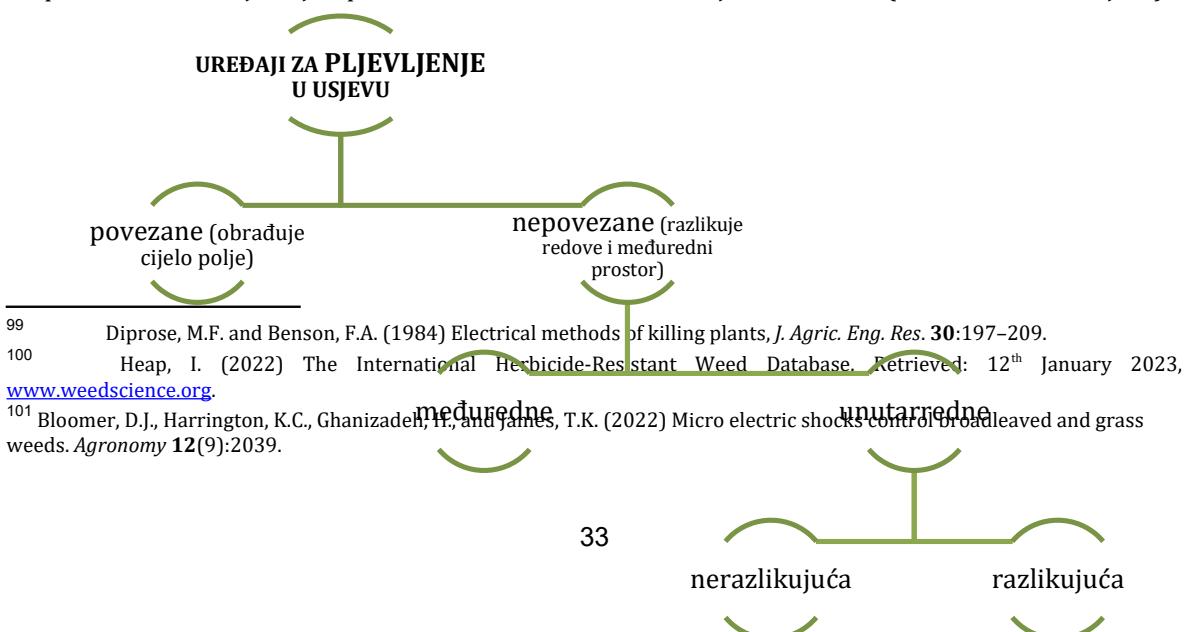
"mehanizme djelovanja", tako je i sa strojevima za plijevljenje. Razumijevanje različitih načina djelovanja različitih vrsta i što oni mogu, a što ne mogu, omogućuje poljoprivrednicima i uzgajivačima da identificiraju one strojeve koji najbolje odgovaraju njihovim potrebama. Osim toga, poput herbicida, jedan stroj ne može učiniti sve, stoga je ključan integrirani pristup u obliku niza različitih mjer.

Elektrotermički uređaji za plijevljenje – izravna zamjena za glifosat

Elektrotermički uređaji za uklanjanje korova tehnologija su "povratka u budućnost" koja je izumljena kasnih 1800-ih⁹⁹. Međutim, tek u posljednjem desetljeću razvijeni su komercijalni strojevi, dijelom zbog sve većih problema s herbicidima. Elektrotermički uređaji za uklanjanje korova rade primjenom visokonaponske struje na lišće biljaka, koja zatim odmah putuje niz stabljiku, u korijenje i van u tlo. Struja zagrijava vodu unutar biljke do točke vrenja pretvarajući je u paru, što uzrokuje pucanje stanic, trenutno ubijajući biljku. To znači da elektrotermalno uklanjanje korova ima sistemski način djelovanja, poput glifosata, koji se također nanosi na lišće i prenosi niz stabljiku u korijenje. Elektrotermalno uklanjanje korova također ima širi spektar od glifosata, jer će elektrotermalno uklanjanje korova ubiti sve biljke, dok glifosat ubija samo vaskularne biljke. Mnoge biljne vrste također su prirodno otporne na glifosat (tj. glifosat ih nikada nije učinkovito ubio) i sada postoji gotovo 60 biljnih vrsta s razvijenom otpornošću na glifosat.¹⁰⁰ Elektrotermalno uklanjanje korova uništiti će sve te biljke koje su tolerantne i otporne na glifosat. Ograničenje elektrotermalnog uklanjanja korova je to što električna energija ne dopire do svih korijenskih sustava, tako da, ako biljke mogu ponovno izrasti iz neoštećenog korijenja ili drugih podzemnih dijelova, biljke bi mogle preživjeti. Tada će biti potrebno ponoviti tretmane. Općenito, samo nekoliko višegodišnjih biljaka može ponovno izrasti iz podzemnih organa; vrlo malo jednogodišnjih biljaka može preživjeti bilo usjev ili korov. To znači da u mnogim poljoprivrednim sustavima elektrotermički uređaji za uklanjanje korova mogu biti izravna zamjena za glifosat, ali i mnoge druge herbicide. Uz sve veći raspon primjena i sve veću količinu iskustva iz stvarnog svijeta, elektrotermalno uklanjanje korova pokazalo se revolucionarnom tehnologijom i izravnom zamjenom za glifosat i mnoge druge herbicide. Ovaj potencijal potiče sve veći raspon istraživanja elektrotermalnog uklanjanja korova, uključujući dramatična smanjenja energije potrebne za uništavanje korova. Nedavna istraživanja pokazala su da je moguće uništiti biljke sa samo nekoliko džula energije, što znači da bi **elektrotermalno uklanjanje korova koristilo daleko manje energije od herbicida** ako se može koristiti na većim površinama.¹⁰¹

Klasifikacija strojeva za plijevljenje

Međuredne pljevilice klasificirani su u dvije vrste: povezane i nepovezane. Povezane obrađuju cijelu površinu polja, a nazivaju se i širokoredne pljevilice. Nepovezane pljevilice imaju praznine kroz koje usjev prolazi, tako da različito tretiraju "međured" (između redova usjeva) i



"unutarnji red" (red usjeva). Međuredna pljevilica je klasičan primjer ove vrste stroja, gdje se međuredni prostor snažno okopava dok je red usjeva netaknut. Međutim, moderni strojevi često imaju i alate za plijevljenje unutar reda, tako da je naziv "međuredna motika" sve više pogrešan naziv. Alati i strojevi za plijevljenje u redovima dijele se na dvije vrste: nerazlikujuće pljevilice koje primjenjuju djelovanje plijevljenja na usjeve i korov podjednako, stoga su usporedive sa povezanim pljevilicama, dok razlikujuće pljevilice imaju senzor za razlikovanje usjeva od korova i zatim primjenjuju tehniku plijevljenja samo na korov.

Povezane pljevilice

Budući da povezane pljevilice plijeve cijelu površinu tla, usjev i korov, usjev mora biti u stanju preživjeti djelovanje pljevilice, dok korovi moraju biti osjetljivi na njega. Sredstva za uništavanje korova donekle su analogna selektivnim herbicidima koji se primjenjuju i na korov i na usjeve, koji ubijaju korov dok usjev preživljava. Nepovezane pljevilice najviše se koriste u pašnjacima i ratarskim kulturama, posebno onima koje se siju s razmacima redova manjim od 15 cm, iako se neke mogu koristiti i kod otpornijih povrtnih kultura.

Opružna pljevilica

Uređaj za plijevljenje s opružnim zupcima je izvorna povezana pljevilica i najsvestranija. Radni postupak pljevilice s opružnim zupcima je vrlo jednostavan, sastoji se od velikog broja lagano opruženih, tankih čeličnih šipki koji se provlače kroz površinu tla (dubine jedan do četiri centimetara). Time se počupaju, lome i zatrpuju mali korovi, posebno širokolisni. Usjev preživljava jer obično ima veće sjemenke pa se sadi dublje u tlo (npr. dublje od 4 cm), a mlada biljka usjeva je veća i čvršća od korova. Žitarice, budući da su jednosupnice, posebno su pogodne za ovu akciju plijevljenja jer se uspravni tanki listovi lako savijaju s puta zupcima.

Stroj je vrlo fleksibilan s nekoliko međusobno povezanih prilagodbi što znači da se može postaviti tako da jedva dodiruje tlo što mu omogućava upotrebu u relativno osjetljivim usjevima, pa sve do vrlo agresivnih postavki koje u omogućuju upotrebu za završnu obradu tla. Stroj također dolazi u velikom rasponu širina, od širine traktora do nekih 25m širine, usporedive veličine s mnogo agrokemijskih prskalica. Sposobnost rada pri brzini (npr. do 15 km/h) znači da imaju znatnu radnu brzinu. Mogu se opremiti i pneumatskih sijačicama koje omogućuju razbacivanje sjemene, što ih čini idealnim alatom za uspostavljanje pašnjaka, pomoćnih usjeva i podusjeva.



Slika 6 Opružna pljevilica Izvor: PAN Europe,2023

Žličasta pljevilica /rotirajuća motika

Žličasta pljevilica (koja se u sjevernoj Americi naziva "rotirajuća motika") još je jedan dobro uhodan alat. Žličasta pljevilica sastoje se od dva reda žličastih kotača s krajevima koji su blago savijeni unatrag i spljošteni u obliku žlice. Oni rade tako da skupljaju male aggregate zemlje, koje bacaju u zrak, a zatim zakopavaju i lome korove kad padnu na tlo. Količina tla na koju alat izravno utječe manja je od pljevilice s opružnim zupcima koja može pokriti cijelu površinu polja, tako da je uništavanje korova žličastom pljevilicom općenito manje učestalo. Njene ključne prednosti su da može raditi na žetvenim ostacima i tvrdim tlima, što je prednost pred opružnom pljevilicom. S druge strane, lošija je na kamenitim tlima jer ona otupljuju i troše žlice.



Slika 7 Žličasta pljevilica /rotirajuća motika Izvor: PAN Europe,2023

Aerostar Rotation

'Aerostar Rotation' je novi stroj koji proizvodi samo *Einböck*. To je varijacija djelovanja pljevilice s opružnim zupcima, utoliko što ima okomite zupce, ali oni se provlače kroz površinu tla jer su montirani na kotače pod kutom. To znači da imaju znatno učinkovitije djelovanje od pljevilice s opružnim zupcima. Ovaj stroj ne treba smatrati alternativom pljevilici s opružnim zupcima već komplementarnim alatom. „Aerostar rotation“ će raditi na tvrdim tlima i protiv većih korova, ali može uzrokovati previše štete na mekšim usjevima.



Slika 8 Aerostar Rotation Izvor: *Einböck GmbH &CoKG*

Combcut®

Combcut® je potpuno novi pristup uklanjanju korova. Temelji se na nizu noževa usmjerenih prema naprijed, poput bodeža, između kojih usjev prolazi neoštećen dok reže korove. Isključivo je za upotrebu u usjevima jednosupnica i pašnjacima. Razlikuje se od ostalih povezanih pljevilica i gotovo svih nepovezanih pljevilica po tome što ne dodiruje tlo, tako da nije ograničen pri upotrebi na mokrim ili kamenitim tlima. Također je dizajniran za korištenje u kasnijim fazama razvoja usjeva za razliku od drugih povezanih pljevilica koje se moraju koristiti dok su usjevi još vrlo mali, generalno u prvom mjesecu rasta usjeva. Combcut® je najbolje koristiti u usjevima nakon prvog mjeseca i do faze kada usjevi žitarica izbacu cvjetnu stabljiku, a kada korovi imaju deblje stabljike. U kasnijim fazama postoji rizik od rezanja cvjetne stabljike usjeva pa tada treba upotrebljavati pljevilicu za rezanje korova iznad vrha usjeva.



Slika 9 Combcut® Izvor: Just Common Sense AB.

Povezana elektrotermalna pljevilica

Povezana elektrotermalna pljevilica je uređaj za uklanjanje korova koji se koristi kasnije u životnom vijeku usjeva, slično kao Combcut®. Koristi se za uništavanje korova koji su viši od usjeva, kao što je divlja zob (*Avena fatua*) u žitaricama, Jakobov staračac (*Jacobaea vulgaris*) na pašnjacima i bijela loboda (*Chenopodium album*) u povrću. Ali za razliku od Combcut® koji samo usporava rast korova elektrotermalne pljevilice mogu potpuno uništiti korov.

Nepovezane pljevilice

Za razliku od povezanih pljevilica gdje postoji 5 vrsta strojeva, raspon nepovezanih pljevilica je mnogo veći. Dominantna nepovezana pljevilica je paralelogramska.

Motike u paralelogramskom sustavu

Dizajn motika u paralelogramskom sustavu postigao je optimalnu konfiguraciju. Temelji se na alatnoj traci ugrađenoj na traktor, na koju je pripojeno više paralelogramskih jedinica. Svaki paralelogram ima okvir alata na koji su stegnuti alati za plijevljenje. Takav dizajn omogućuje vrlo široke strojeve (do 25 m na jednoj alatnoj traci) i omogućuje držanje alata za plijevljenje na vrlo preciznoj dubini čak i na neravnim poljima. Također je vrlo prilagodljiv i postoji veliki izbor alata kako za međuredno tako i za međuredno plijevljenje. Paralelogramska motika stoga nije toliko sama pljevilica, više je platforma na koju se montiraju različiti alati za plijevljenje. Ova svestranost ogleda se u pedeset ili više različitih proizvođača koji proizvode paralelogramske motike.



Slika 11 Dizajn noževa međuredne motike, slijeva nadesno: pačja ili guščja šapa, A oštrica, L oštrica i T motika. Izvor: PAN Europe, 2023.

Slika 10 Paralelogramski sustav motika Izvor: PAN Europe, 2023.

Za međurednu obradu postoji širok izbor oblika noževa motike, od kojih se većina temelji na čeličnom nožu koji vodoravno reže tlo. Postoje četiri glavne vrste oblika (slika 11) : pače ili guščje stopalo, A oštrica, L oštrica i T motika.



Za suzbijanje korova međuredno postoji širok raspon neselektivnih pljevilica za paralelogramske motike. Najučinkovitiji od njih je „mini-ridger“ koji stvara mali greben zemlje u međuredno zatravljajući korove dok usjev ostaje. Istraživanja su pokazala da će biljka (korov), bez obzira koliko je visoka, stradati ako ima jedan centimetar zemlje preko vrha, a ako dva centimetra biljke (usjeva) ostane viriti iz grebena tla preživjet će^{102, 103}. To znači da ako je usjev minimalno tri centimetra viši od korova, onda je moguće suzbijanje mini-ridgerom. To je često slučaj, kako za brzo rastuće ratarske usjeve s velikim sjemenjem, tako i za presađeno povrće.

Visina grebena može se precizno kontrolirati korištenjem grebena različitih visina jer višak



zemlje teče preko vrha šipke, tako da se može prilagoditi širokom rasponu visina usjeva i korova.

Vrlo komplementaran alat za mini grebene je prstasta pljevilica (Slika 23). Ovi rotujući alati koji se pokreću tlom imaju niz "prstiju" koji pomicu tlo unutar reda usjeva, lome, zakopavaju i čupaju mlade korove. Postoji širok raspon dizajna koji odgovaraju gotovo svim usjevima, čak i drveću, pri čemu su prsti izrađeni od tvrdih materijala poput metala i plastike, do mekših materijala poput gume. Prstasta pljevilica je idealan pratilac mini-ridgeru.

Ostali alati uključuju torzionate pljevilice koje koriste opružne čelične šipke za lomljenje tla unutar



reda, čime se lomi i čupa korov. Postoji nekoliko alata koji se temelje na tankim okomitim žicama koje prolaze između redova, a koje su posebno vrijedni za uspravne jednosupnici kao što su kukuruz, poriluk i luk. Ove okomite žičane pljevilice mogu se pokretati prema tlu pomoću kotača

¹⁰² Merfield, C.N. (2014) The final frontier: Non-chemical, intrarow, weed control for annual crops with a focus on mini-ridgers, The FFC Bulletin, 2014-V4, The BHU Future Farming, Lincoln, New Zealand, <http://www.bhu.org.nz/future-farming-centre/information/bulletin/2014-v4/the-final-frontier-non-chemical-intrarow-weed-control-for-annual-crops-with-a-focus-on-mini-ridgers>

¹⁰³ Merfield, C.N. (2018) Mini-ridgers: Lethal burial depth for controlling intrarow weeds. The BHU Future Farming Centre - The FFC Bulletin, 2018-V2, Lincoln, New Zealand, <http://www.bhu.org.nz/future-farming-centre/information/bulletin/2018-v2/minি-ridgers-lethal-burial-depth-for-controlling-intrarow-weeds>.

sa žicama pod kutom, poput minijaturnog kotača "Aerostar Rotation", kao i pogonskih strojeva s mnogo žica.

Četkasta motika s vodoravnom osi

Osim glavnog oslonca paralelogramske motike, postoji nekoliko drugih oblika međurednih motika. Četkasta motika s vodoravnom osi temelji se na velikoj cilindričnoj četki sličnoj onima koje se koriste na strojevima za čišćenje cesta, s prazninama u četki za redove usjeva. Motika ima vrlo agresivno djelovanje na uklanjanje korova, budući da četka usitnjava gornja dva do pet centimetara tla, uništavajući korov u procesu. Postiže visoku stopu uništavanja korova čak i na mokrim tlima, kamenitim tlima i protiv većih korova koji bi predstavljali izazov, pa čak i zaustavili rad drugih međurednih motika. Stoga je odličan za ozime usjeve poput češnjaka. Loša strana je što kada je tlo suho može stvoriti puno prašine, posebno u glinenim i muljevitim tlima.

Košarasta pljevilica za korov ima cilindar žičanih kaveza umjesto četki motike, s prazninama za redove usjeva.



Slika 14 Četkasta motika s vodoravnom osi Izvor: PAN Europe, 2023

Za razliku od četkaste motike s jednom četkom, koji pokreće traktor, pljevilica s košarastom pljevilicom ima dva reda košara s diferencijalnim lančanim pogonom između njih koji ih tjera da se okreću različitim brzinama kako bi rezali i strugali kroz tlo, režući i lomeći korovi. Košarasta pljevilica je stoga mehanički puno jednostavnija i stoga jeftinija od četkaste motike, što je čini idealnom za manje proizvođače. Međutim, loše se ponaša u tvrdom tlu jer nije tako učinkovita u probijanju tla kao što je to četkasta motika; osim toga, kamenje savija šipke, dok se četkasta motika, može nositi s najkamenitijim tlima.



Slika 15 Košarasta pljevilica Izvor: PAN Europe, 2023.

Konačna uobičajena konstrukcija međuredne motike je zupčasta pljevilica s okomitom osovinom. Ima male rotore s metalnim zupcima koji se okreću u zemlji, te je učinkovitija protiv korova. Glavni nedostatak je mehanička složenost koja otežava podešavanje razmaka redova i viša cijena. Može podnijeti šljunčano tlo, ali krupnije kamenje se često zaglavi između zubaca i štitova i može oštetiti stroj i usjev.



Slika 16 Zupčasta pljevilica s okomitom osovinom Izvor: PAN Europe. 2023.

Nepovezane pljevilice

Ključni zahtjev za nepovezane pljevilice za uklanjanje korova je da redovi usjeva moraju proći kroz praznine u uređajima za uklanjanje korova ako žele preživjeti, što znači da se uređajima za uklanjanje korova mora točno upravljati. Prije digitalizacije, to je postignuto tako što je osoba sjedila na pljevilici i upravljala njome neovisno o traktoru ili se koristio specijaliziran traktor s 'nosačem alata' gdje je pljevilica postavljena između prednjih i stražnjih kotača tako da vozač može vidjeti pljevilicu i usjev. S vještim operaterom ovi pristupi mogu postići vrlo precizno navođenje, ali posao zahtijeva visoku razinu kontinuirane koncentracije što je teško za operatera.

Također postoji ograničenje brzine i snage ljudske reakcije koje ograničava brzinu kretanja i veličinu stroja. Digitalizacija je napravila revoluciju u navođenju pljevilica i riješila problem navođenja. Postoje dva glavna pristupa, sustavi računalnog vida i vrlo precizni sustavi globalnog pozicioniranja (GPS).

Sustavi računalnog vida temelje se na digitalnim kamerama koje su usmjereni ispred pljevilice prema redovima usjeva. Sofisticirani računalni programi zatim određuju gdje se nalazi red usjeva i pomicu pljevilicu. GPS sustavi koriste tehnologiju kinematike u stvarnom vremenu (RTK) koja povećava metarsku točnost standardnog GPS-a na centimetarsku točnost. Ovo se koristi za automatsko upravljanje traktorom, a u nekim slučajevima se i traktorom i priključkom upravlja neovisno, što daje iznimnu točnost. Pri korištenju GPS-a usjev se mora sijati ili saditi pomoću GPS-a jer inače ne prepoznaje lokaciju usjeva. Za usporednu vizualni sustavi prate stvarni red usjeva tako da mora biti vidljivo dovoljno biljaka. Oba sustava stoga imaju prednosti i mane, a veće poljoprivredne operacije mogu dobro pokretati i GPS i sustave računalnog vida. Sustavi računalnog vida također su stvorili daljnju revoluciju dopuštajući selektivno plijevljenje unutar reda.

Selektivno međuredno plijevljenje

Nakon što su sustavi računalnog vida mogli identificirati redove usjeva, logično je bilo identificirati pojedinačne biljke usjeva, a zatim okopavati korov oko svake biljke. Ovi sustavi se najviše koriste kod rasađenog povrća, jer imaju veće međuredne razmake između pojedinih biljaka. Vrhunski strojevi, kao što je "Robovator" mogu raditi pri brzinama do 8 km/h i radnim širinama do 12 metara.



Slika 17 K.U.L.T. Robokultivator Izvor: K.U.L.T.

Kombinacijom računalno vođenih međurednih pljevilica i selektivnih međurednih pljevilica temeljenih na računalnom vidu, može se postići dobro, čak i bolje upravljanje korovom od onog primjenom herbicida na velikim površinama usjeva.

Robotske pljevilice

Koncept robotskih pljevilica postoji gotovo jednako dugo kao i roboti. Međutim, za razliku od tvornica u kojima je okruženje napravljeno po mjeri robota, poljoprivredna polja su iznimno složena, nepredvidiva i negostoljubiva okruženja za robote. Međutim, u posljednjih nekoliko godina, robotske pljevilice prešle su s vrlo skupih istraživačkih projekata na robe koji su ekonomski i praktično održivi na farmi. Međutim, postoje različite vrste robotskih pljevilica. Prva vrsta, nazvana Razina 1, autonomno slijede redove. Oni koriste RTK GPS, računalni vid i druge sustave za praćenje redova usjeva, u jednogodišnjim i višegodišnjim usjevima, ili slijede unaprijed planiranu putanju. Stoga ne identificiraju pojedinačne biljke, već samo red usjeva. Tipično, na njima su montirani alati za plijevljenje ili raspršivači, a oni manji također se koriste za transport, npr. odnošenje proizvoda s polja u skladište za pakiranje.



Slika 18 Robotske pljevilice Izvor: PAN Europe ,2023.

Robotske pljevilice korova razine 2 mogu prepoznati pojedinačne usjeve i raditi oko i između njih. To je još jedan način kategorizacije selektivnih međurednih pljevilica kao što je K.U.L.T Robovator. Stoga su neki roboti razine 2 postavljeni na traktor, a neki su autonomni. Roboti razine 3 identificiraju svaku pojedinačnu biljku, usjev i korov, a zatim pojedinačno uništavaju biljke korova. Ovo je najviša razina robotske pljevilice stvorena do danas i bila je najizazovnija razina za postizanje. Komercijalne pljevilice razine 3 dostupne su tek u posljednjih godinu ili dvije.

Robotske pljevilice razine 3 također otvaraju potencijal za duboku revoluciju u upravljanju korovom. Kao što je objašnjeno u ranije, mnoge nekulturne biljke nisu pravi korovi, već radije aliae plantae koje ne treba uništavati. Međutim, većina postojećih tehnologija za uklanjanje korova, kako herbicidnih tako i mehaničkih, ne može napraviti razliku između pravih korova i aliae plantae, tako da se aliae plantae ubijaju zajedno s korovom.

Robotski uređaji za plijevljenje korova razine 4 mogli bi odrediti je li biljka pravi korov ili aliae plantae, na temelju njihove vrste i populacije, zatim uništiti korovske biljke i ostaviti aliae plantae na miru. Robotski uređaji za plijevljenje razine 4 tako bi mogli obavljati sve plijevljenje

jednogodišnjih i višegodišnjih usjeva, tijekom cijelog životnog vijeka usjeva. Robotski uređaji za plijevljenje razine 4 mogli bi u teoriji u potpunosti zamijeniti sve postojeće tehnologije za plijevljenje unutar usjeva, kako herbicide tako i mehaničke, dok bi se postiglo potpuno ekološko upravljanje korovom. Međutim, to je trenutno samo teoretski budući da nijedna robotska pljevljica još nije postigla razinu 4. Međutim, mogućnosti koje se time otvaraju doista su zapanjujuće.

Termičko uklanjanje korova

Termičko uklanjanje korova odnosi se na tehnologije upravljanja korovima koje koriste toplinu ili hladnoću za suzbijanje korova. Isprobani su gotovo svi zamislivi načini termalnog uklanjanja korova, uključujući mikrovalove, tekući dušik, pahulje ugljičnog dioksida, fokusiranu sunčevu svjetlost, itd., ali jedini koji su se pokazali praktičnim, sigurnim i ekonomičnim su plamen, para i elektrotermalni. Uobičajena zabluda kod plijevljenja plamenom je da se biljke moraju spaliti. Pravi cilj je da voda unutar biljnih stanica pređe u paru koja uzrokuje potpuno uništenje biljnih tkiva.

Jedan od ključnih problema u vezi s korištenjem plamena i pare je velika količina fosilnih goriva koja se koriste, uglavnom ukapljeni naftni plin i propan, što je u doba klimatskih promjena nedopustivo.¹⁰⁴ Prvo, zbog visoke cijene i nižeg radnog učinka, uporaba plamena i pare ograničena je na usjeve visoke vrijednosti, kao što su povrće i trajnice, tako da se ne koristi široko, dapače, to je visoko specijalizirana tehnika, koja se općenito koristi samo kada nema drugih opcija. A zamjenom ukapljenog naftnog plina bioplintonom (metanom) iz anaerobnih digestora koji rade na ostacima usjeva proizvedenim na farmi i životinjskom gnojivu u potpunosti bi se izbjeglo korištenje fosilnih goriva. Uobičajeni problem kod plijevljenja plamenom i parom je štetno djelovanje na biologiju tla. Zbog ogromne toplinske mase tla, strojevi mogu samo povisiti temperaturu gornjih nekoliko milimetara tla za nekoliko desetaka stupnjeva na minutu ili dvije. Sunčev zračenje za vrućeg dana zagrijava tlo na mnogo višu temperaturu, na mnogo veću dubinu i mnogo dulje, pa je mnogo štetnije za biologiju tla. Ostale poljoprivredne aktivnosti, kao što je kultivacija/obrada tla, uzrokuju mnogo veću štetu biologiji tla nego što bi plamen i parno plijevljenje ikada mogli.



Slika 19 Elektrotermički uređaj za plijevljenje Izvor: PAN Europe,2023

¹⁰⁴ Bond, W., Turner, R.J., and Grundy, A.C. (2003) A review of non-chemical weed management. Coventry: Henry Doubleday Research Association and Research International, https://www.agricology.co.uk/sites/default/files/updated_review.pdf.

Pokrivanje ili malčiranje tla

Pokrivanje ili malčiranje tla biološkim ili sintetičkim materijalima specijalizirana je tehnika ograničena na nekoliko povrtnih kultura te u parkovima i vrtovima. Biološki materijali za malčiranje uključuju iverje drveta/kore, kompost, otpad od lišća i druge materijale s visokim udjelom ugljika. Većina komercijalnih pokrivača izrađena je od plastike, uglavnom polietilena, ali postoji sve veći broj dostupnih papira i drugih biorazgradivih proizvoda. Malč djeluje tako da stvaraj fizičku prepreku za korov i obično sprečavaju prodor svjetlosti pa ubija korov sprječavajući njihovu fotosintezu. Plastični prekrivači moraju se zbrinuti nakon što se prestanu koristiti, ali budući da su onečišćeni tlom i biljnim materijalom, mnogi ih objekti za recikliranje plastike neće prihvati¹⁰⁵. Osim toga, zbog sve većeg broja dokaza o šteti koju uzrokuje mikroplastika, potrebno je ponovno razmotriti upotrebu plastike za pokrivače¹⁰⁶¹⁰⁷¹⁰⁸. Ključni problem s biološkim malčem jest da se razgrađuje pa ga je potrebno stalno nadopunjavati, a zbog velikih potrebnih količina mogu prekomjerno povisiti razine hranjivih tvari u tlu, uzrokujući daljnje probleme kao što je onečišćenje vodotoka hranjivim tvarima.¹⁰⁹

¹⁰⁵ Ngouajio, M., Auras, R., Fernandez, R.T., Rubino, M., Counts, J.W., and Kijchavengkul, T. (2008) Field performance of aliphatic-aromatic copolyester biodegradable mulch films in a fresh market tomato production system, *HortTechnology* 18(4):605–610.

¹⁰⁶ Zhu, F., Zhu, C., Wang, C., and Gu, C. (2019) Occurrence and ecological impacts of microplastics in soil systems: A review, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 102(6):741–749.

¹⁰⁷ Qi, R., Jones, D.L., Li, Z., Liu, Q., and Yan, C. (2020) Behavior of microplastics and plastic film residues in the soil environment: A critical review, *Sci. Total Environ.* 703:134722.

¹⁰⁸ Xu, B., Liu, F., Cryder, Z., Huang, D., Lu, Z., He, Y., Wang, H., Lu, Z., Brookes, P.C., Tang, C., Gan, J., and Xu, J. (2020) Microplastics in the soil environment: Occurrence, risks, interactions and fate – A review, *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 50(21):2175–2222.

¹⁰⁹ Miles, C., Klingler, E., Nelson, L., Smith, T., and Cross, C. (2013) Alternatives to plastic mulch in vegetable production systems, *HortScience*: a publication of the American Society for Horticultural Science 42:899–900.

Izravno smanjenje banke sjemena korova

Postoje i izravne metode smanjenja nakupina sjemena korova u tlu, uključujući solarizaciju tla¹¹⁰ biofumigaciju¹¹¹ i anaerobnu dezinsekciju tla¹¹². Iako su ove tehnike prvenstveno usmjerene na kontrolu štetočina i patogena koji se prenose u tlu, one također mogu smanjiti nakupine sjemena korova. Međutim, oni su često skupi u smislu vremena potrebnog za njihovu provedbu, posebno jer je to tijekom sezone usjeva, kao i izravnih troškova, poput postavljanja plastike i navodnjavanja kap po kap. Oni mogu biti štetni za zdravlje tla, posebno za biologiju zbog intenzivne obrade tla i dugotrajnih vrućih i anaerobnih uvjeta tla. Također se smatraju simptomom neuspjeha poljoprivrednog sustava u cijelini u borbi protiv štetnika, patogena i korova. Potreba za njihovom upotrebom trebala bi potaknuti ponovnu procjenu plodoreda i raznolikosti usjeva kako bi se utvrdilo gdje su potrebna poboljšanja.

Kontrola sjemena korova pri žetvi

Kontrola sjemena korova pri žetvi (HWSC) je tehnika kojom se sjeme korova kontrolira kao dio operacija žetve ili ubrzo nakon žetve. Tehnika je najprimjenjivija u ratarskim usjevima i prva je uvedena u Australiji¹¹³, a postoji nekoliko pristupa. Većina uključuje odvajanje pljeve od slame unutar kombajna, budući da je dio pljeve taj koji sadrži većinu sjemenki korova. Jedan pristup zatim koristi kavezni mlin za usitnjavanje i uništavanje sjemena u pljevi prije nego što se ponovno rasprostre po polju. Drugi pristup su "kolica za pljevu" gdje se pljeva i sjeme skupljaju u namjenski dizajniranim kolicima iza kombajna, koja se zatim odlazu u velike hrpe. Kasnije ih tijekom sezone jede stoka. Daljnje tehnike uključuju vađenje i prodaju pljeve s farme ili pravljenje uskih linija pljeve i spaljivanje. Ova metoda pokazala se nevjerojatno učinkovitom u Australiji i bila je ključna kao alat za borbu protiv nekih od najgorih svjetskih korova otpornih na herbicide. Mogla bi se pokazati jednakom moćnom u Europi.

¹¹⁰ Cohen, O. and Rubin, B. (2007). Soil solarization and weed management. In: Upadhyaya, M.K. and Blackshaw, R.E. (Eds.): *Non-chemical weed management: Principles, concepts and technology*, CABI, Wallingford, UK, 177–200.

¹¹¹ De Cauwer, B., Vanbesien, J., De Ryck, S., and Reheul, D. (2019). Impact of *Brassica juncea* biofumigation on viability of propagules of pernicious weed species. *Weed Res.* **59**(3):209–221.

¹¹² Lopes, E.A., Canedo, E.J., Gomes, V.A., Vieira, B.S., Parreira, D.F., and Neves, W.S. (2022). Anaerobic soil disinfection for the management of soilborne pathogens: A review. *Appl. Soil Ecol.* **174**:104408.

¹¹³ Weed Smart (2022) Harvest weed seed control. Retrieved: 12th January 2023, <https://www.weedsmart.org.au/big-6/harvest-weed-seed-control/>.

Biološko suzbijanje korova

Biološka kontrola uključuje korištenje živih organizama, poput insekata, nematoda, bakterija ili gljivica za smanjenje populacije korova. Postoje tri ključna pristupa biološkoj kontroli:

- uvozna (klasična) biokontrola, gdje se uvozi egzotično sredstvo za biokontrolu (BCA) za suzbijanje egzotičnog korova ili štetnika;
- augmentativni, koji se dalje dijeli na:
 - poplavni gdje se vrlo velike količine BCA primjenjuju na korov ili štetočinu;
 - inokulativni, gdje se BCA inokulira i unosi u okoliš korova ili štetočina i umnožava se do razina koje kontroliraju korov ili štetnike;
 - očuvanje, gdje se okolišem manipulira kako bi se pogodovalo prirodnim BCA korovima ili štetočinama tako da BCA zatim može kontrolirati korov ili štetočinu.

Globalno klasična biološka kontrola postigla je neke izvanredne uspjehe u potpunom rješavanju naizgled nerješivih problema s korovom, kao što je eliminacija kaktusa opuncije (*Opuntia stricta* spp.) u Australiji gusjenicom moljca *Cactoblastis cactorum*. Međutim, budući da je Europa dio kontinentalne kopnene mase Euroazije, a također je blizu Afrike, postoji veliki prirodni promet i korova i njihovih štetnika, tako da je broj unesenih egzotičnih biljaka bez njihovih štetnika nizak, u usporedbi s izoliranim ekosustava, poput onih na Havajima, Australiji i Novom Zelandu, gdje je klasična biokontrola korova i štetočina vrlo vrijedan alat¹¹⁴. Klasična biokontrola također ima značajne rizike povezane s njom, jer postoji mnogo primjera iz povijesti gdje se uneseni BCA sam pretvorio u štetočinu¹¹⁵. Međutim, testiranje specifičnosti domaćina sada je dobro razvijena znanost i malo je modernih sredstava u biokontroli imalo nepredviđene učinke. Potrebno je mnogo više sredstava i vremena za istraživanja u ovom području.

Poplavna biološka kontrola obično uključuje nanošenje mikroorganizama na štetnika u velikim količinama često prskanjem, iako se također ponekad koriste i insekti. Poplavna kontrola štetnih insekata i biljnih bolesti (biopesticidi) sve je vrijedniji alat, štoviše, počinje zamjenjivati poljoprivredne kemikalije kako štetnici i bolesti razvijaju otpornost, a društvene i zakonodavne promjene ograničavaju njihovu upotrebu. Glavna prednost za kontrolu insekata i bolesti je to što je većina mikrobnih BCA vrlo specifičnih i ubit će samo pojedinačnu vrstu štetnika ili uzak raspon vrsta, tako da su korisne vrste neozlijedene. Međutim, za korove ova specifičnost predstavlja problem, a ne korist, budući da će bilo koji usjev ili pašnjak biti pun desecima do stotinama vrsta korova, pa bi za svaku vrstu korova bio potreban poseban BCA (bioherbicid). Kad bi postojali agensi za biokontrolu korova širokog spektra, oni bi vjerojatno ubili usjeve i divlje vrste. Konačno, tamo gdje su identificirani agensi za tzv. poplavnu biokontrolu korova, pokazalo se da ih je vrlo teško pretvoriti u pouzdano učinkovit i komercijalno održiv proizvod. Isto tako, za inokulativnu biokontrolu korova, pronalazak BCA korova koji je prikladan za takav pristup bio je značajan izazov¹¹⁶.

Također nije bilo konzervacijske biokontrole korova, na isti način kao i za insekte, gdje su, na primjer, osigurani cvjetni resursi u obliku peludi i nektara koji povećavaju dugovječnost i

¹¹⁴ Bond, W., Turner, R.J., and Grundy, A.C. (2003) A review of non-chemical weed management. Coventry: Henry Doubleday Research Association and Horticulture Research International, https://www.agricology.co.uk/sites/default/files/updated_review.pdf.

¹¹⁵ Zimdahl, R.L. (2018) Fundamentals of weed science. (5th ed.), Academic Press, London, UK.

¹¹⁶ Lundkvist, A. and Verwijst, T. (2011) Weed biology and weed management in organic farming. In: Nokkoul, R. (Ed.): *Research in organic farming*, IntechOpen, London, UK, 157–186.

plodnost postojećeg BCA tako da je tada sposoban smanjiti populaciju štetnika ispod ekonomskih pragova. Međutim, tehnike kultiviranja kao što su plodored, odabir konkurentnih kultivara, podusjev, itd., mogu se iz nekih perspektiva smatrati očuvanjem biokontrole; međutim to je izvan tipičnog značenja.

Suzbijanje korova od strane stoke

Ispaša je tradicionalna i vrlo vrijedna metoda za biološko suzbijanje korova. Dok se korištenje životinja za suzbijanje korova još uvijek široko prakticira u manje intenzivnim i tradicionalnim poljoprivrednim sustavima, njegova se vrijednost izgubila u intenzivnim i specijaliziranim poljoprivrednim sustavima većih razmjera. Međutim, sa smanjenjem herbicida, korištenje stoke u ovim sustavima ponovno dobiva na važnosti. Regenerativna poljoprivreda smatra se izvrsnim održivim modelom uzgoja hrane i sirovina. Štoviše, sustavi mješovitog ratarsko-stočarskog uzgoja (naspram regionalne specijalizacije) imaju i druge prednosti osim kontrole korova, kao što su diverzifikacija prihoda i ruralnih gospodarstava, gnojidba iz životinjskog izmeta, zatvaranje ciklusa hranjivih tvari. Može se koristiti bilo koja domaća stoka, npr. goveda, koze, ovce, konji, perad, itd.¹¹⁷ Najvažnija upotreba stoke za suzbijanje korova je dio mješovite rotacije pašnjaka i usjeva.

Certificirani ekološki herbicidi



Slika 20 Ovce na ispaši u vinogradima sa zaštitnom mrežom Izvor: PAN Europe, 2023.

Certificirani ekološki herbicidi izrađeni su od sastojaka ekstrahiranih izravno iz biljaka, životinja ili mikrobnom sintezom, npr. octa, za razliku od sintetske proizvodnje. Isprobani je niz materijala za ekološke herbicide uključujući biljna ulja kao što su bor, čempres, cedar, manuka, eukaliptus, crvena djetelina, klinčić, limunska trava, cimet, metvica, ružmarin i kadulja. Alelopatska brašna od

¹¹⁷ Popay, I. and Field, R. (1996) Grazing animals as weed control agents, *Weed Technol.* 10(1):217–231.

sjemenki kukuruza i gorušice (mljevene žitarice/sjemenke), masne kiseline dobivene iz biljnih ulja uključujući ulja bora, kokosa i uljane repice, kao i koncentrirane organske kiseline uključujući octenu kiselinu, amonijev nonanoat (pelargonsku kiselinu) i limunsku kiselinu također se koriste. Budući da su dobiveni iz bioloških izvora, biorazgradivi su i ne ostavljaju ostatke. Međutim, oni su opći biocidi pa ne ubijaju samo korov, a mogu utjecati i na neciljane vrste, uključujući biologiju tla. Stoga bi se ekološki herbicidi trebali koristiti kao posljednje, a ne prvo sredstvo. Unatoč tome, postoji potreba za dodatnim istraživanjem kako bi se ubrzao razvoj i implementacija učinkovitih ekoloških herbicida koji su sigurni za okoliš i koji pomažu proizvođačima zadovoljiti sve veću potražnju potrošača za ekološkim proizvodima.

Ekonomika prestanka uporabe glifosata

Industrija pesticida i mnoge poljoprivredne organizacije diljem EU-a tvrde da će odustajanje od glifosata i drugih herbicida imati katastrofalne posljedice za poljoprivredni sektor EU jer nemaju alternative. Prethodna poglavila pokazuju da postoje mnoge vrlo učinkovite alternative herbicidima uključujući glifosat. U ovom odjeljku razmatramo ekonomske troškove poljoprivrednog modela koji se temelji na upotrebi glifosatnih herbicida zamijenjenih nekemijskim sredstvima. Osim dokaza koje je iznijela industrija pesticida, čija je kvaliteta i nepristranost dovedena u pitanje¹¹⁸, dvije nedavne studije pružaju uvid u troškove napuštanja glifosata:

- studija koju su proveli Böcker et al., (2017.)¹¹⁹ o „Modeliranju učinka zabrane glifosata na upravljanje korovom u proizvodnji kukuruza“ razvija bioekonomski model koji se bavi zamjenom glifosata koji se koristi u primjenama prije sjetve mehaničkim sredstvima, dok zamjenu upotrebe glifosata nakon sjetve drugim herbicidima. Izvješće zaključuje: “Smatramo da zabrana glifosata ima samo male učinke na prihod. Naši rezultati pokazuju da se selektivni herbicidi ne koriste na višim razinama, već je glifosat zamijenjen mehaničkim postupcima koji dovode do veće potražnje za radnom snagom. Lagano smanjenje prinosa zbog manje intenzivnih predsjetvenih strategija pokazalo se isplativijim od održavanja trenutne razine prinosa”;
- studija Antichi et al., (2022.)¹²⁰ zaključuje: "Ova studija, po prvi put, pokazuje da ciljani vremenski raspored dlakave grahorice u suncokretu bez obrade može rezultirati jednakim agronomskim i ekonomskim rezultatima kao dodatak glifosata". Niti jedna od studija ne opisuje bilo kakav katastrofalan učinak na poljoprivredu EU-a, ali naglašavaju da će to uključivati prijelaz na agronomске i fizičke metode što može povećati opterećenje radne snage na poljima. Studija Instituta Julius Kühn¹²¹ zanimljiva je jer procjenjuje da su dodatni proizvodni troškovi po hektaru za njemačke poljoprivrednike zbog prestanka primjene glifosata (i drugih herbicida):
 - jedno mehaničko tretiranje korova košta: 45,70 €/ha; i jedna mjera obrade tla: 24,11 €/ha,
 - strništa i predsjetveni tretmani: 0 do 37 €/ha, dok
 - skupo sušenje žetve kako bi se zamijenila praksa sušenja herbicidom glifosatom (u kombinaciji sa zamjenskim tretmanom strništa i/ili predsjetvenim tretmanom) u prosjeku će dovesti do dodatnih troškova od oko 50 do 100 €/ha.

¹¹⁸ PAN Europe je upoznat s izvješćem Europske udruge za zaštitu bilja „Pesticidi: sa ili bez“ kao i izvješćem Oxford Economicsa [https://croplifeeurope.eu/wp-content/uploads/2021/09/Oxford-Economics-Project -Presentation-final-results.pdf], ali napominje da se nalazi u tim izvješćima temelje na dva kontroverzna izvješća koja su objavili industrijski lobiji prije deset godina: Andersonovo izvješće (2015., https://www.nfuonline.com/archive?treeid= 37178) i Humboldtovo izvješće (2013). PAN Europe je već pokazao da je Humboldtovo izvješće napravljeno na netočnim pretpostavkama: http://www.pan-europe.info/sites/pan-europe.info/files/public/resources/briefings/pan-europe-opinion-on-humboldt -izvješće-2013.pdf

¹¹⁹ Böcker, T., Britz, W., and Finger, R. (2017) Modelling the effects of a glyphosate ban on weed management in maize production, http://ageconsearch.umn.edu/record/261982/files/Boecker_109.pdf

¹²⁰ Antichi, D., Carlesi, S., Mazzoncini, M., and Bärberi, P. (2022) Targeted timing of hairy vetch cover crop termination with roller crimper can eliminate glyphosate requirements in no-till sunflower, Agron. Sustain. Dev. 42:87.

¹²¹ Kehlenbeck, H., Saltzmann, J., Schwarz, J., Zwerger, P. and Nordmeyer, H., 2016. Economic assessment of alternatives for glyphosate application in arable farming. Julius-Kühn-Archiv, (452), p.279.

Dr. Lorenzo Furlan (Veneto Agricoltura, Italija) navodi da se većina herbicida može zamijeniti nekemijskim metodama i da su dostupni različiti strojevi za zamjenu većine herbicida. Ovo nije "pusta želja": mnoga desetljeća ekološkog uzgoja koji ne koristi herbicide pokazuju da je potpuno moguće uzbajati bez glifosata i drugih herbicida¹²². Prema Jesperu Lundu Larsenu¹²³, službeniku za zdravlje i okoliš u danskom radničkom sindikatu 3F, neke dobre alternativne metode i tehnike znače da su troškovi rada potrebni za prijelaz na dva sustava navedena u gornjim modelima relativno mali. U ekonomskim izračunima koje rade proizvođači, postoje troškovi zakonskih zahtjeva za radnike koji koriste pesticide, kao što su pristup tuševima i korištenje zaštitne opreme (čišćenje, zamjena, obuka itd.), koji moraju biti uključeni u ukupne troškove. Međutim, u takvim izračunima troškova, eksterni troškovi herbicida, kao što su zdravstveni učinci pesticida na radnike i prolaznike, kao i onečišćenje vodnih resursa koje rezultira štetama za okoliš, često su izostavljeni iz analiza troškova i koristi.

Dostupna rješenja:

- Sve veći interes za poljoprivredu s malim utjecajem, posebice ekološku, rezultirao je dostupnošću širokog raspona opreme za plijevljenje. Na primjer, mnogi proizvođači voćnjaka i grožđa koriste male alate za uklanjanje korova ispod loze/drveta, koji se često proizvode lokalno.
- Zadruge kao vlasnici strojeva što omogućuje većem broju poljoprivrednika da koristi iste kao dobar način raspodjele troškova. Također, korištenje izvođača za specifične zadatke gdje se strojevi ne koriste tako često. Fleksibilno upravljanje je ključ, a ti poljoprivrednici ne moraju snositi sve troškove kupnje novih strojeva.

javne subvencije za opremu za nekemijsko plijevljenje stavljene na raspolaganje i trebale bi ih iskoristiti nacionalne i regionalne uprave kao i promovirati poljoprivrednicima od strane savjetodavne službe.

CAP (Zajednička poljoprivredna politika) EU-a već ima odredbe u drugom stupu koje prate poljoprivrednike pri prijelazu na sustave niskih inputa. Osim toga, prelazak na nekemijsko upravljanje korovom zahtijevat će od poljoprivrednika ponovno učenje nekih vještina svojih prethodnika iz ere prije herbicida. To uključuje upravljanje farmom kao cjelovitim sustavom, korištenjem mnogih malih čekića i piramidalnih pristupa suzbijanju korova. Svaka ekomska procjena također mora uzeti u obzir druge prednosti prijelaza: budući da je sustav niskog unosa temeljen na alternativama sintetskim pesticidima s vremenom gradi funkcionalnu bioraznolikost, povećava otpornost farme ne samo na druge štetočine, već i na klimatske fluktuacije i omogućuje smanjenje izdataka za skupe herbicide i druge inpute.¹²⁴

Troškovi nedjelovanja su golemi, tako da oni "uvelike nadmašuju troškove povezane s tranzicijom" kako je nedavno spomenula Europska komisija u svom radnom dokumentu o pokretačima sigurnosti hrane¹²⁵. Oni ilustriraju da pridržavanje modela koji nastavlja degradirati tlo (koji EU košta 50 milijardi eura godišnje), nastavlja urušavati usluge ekosustava (vrijedne stotine milijardi eura, a usluge ekosustava čine 21% ukupne vrijednosti prinosa), koje poljoprivrednike čini ranjivima na sve ekstremnije i promjenjive klimatske varijacije moraju se uzeti u obzir. Zbog prirode alternativnih praksi za suzbijanje korova i štetočina koje se temelje na agroekologiji ili su kompatibilne s njom, njihovo usvajanje također će pomoći u značajnom smanjenju ozbiljnosti klimatskih utjecaja na poljoprivredni sustav, dakle i troškova klimatskih poremećaja uključujući gubitak prinosa, tako da postoji ukupna ekomska korist na razini farme u tranziciji.

¹²²<https://www.venetoagricoltura.org/wp-content/uploads/2019/06/Conservation-Agriculture-150-ppi.pdf>

¹²³Interna komunikacija s PAN Europe 2017.

¹²⁴<http://www.pan-europe.info/sites/pan-europe.info/files/public/resources/briefings/innovation-and-resource-efficiency-1.pdf>

¹²⁵ European Commission: Drivers of food security, 04.01.2023 SWD(2023) 4 final, pgs 10-11, 31, 38-40, 68

Drugo važno razmatranje je opršivanje, koje se smanjuje u mnogim sustavima s negativnim utjecajem na prinose; opršivači pridonose više od 14 milijardi eura godišnje tržišnoj vrijednosti usjeva u EU-u. Usvajanje alternativnih praksi koje ne utječu negativno na opršivače, a posebno omogućavaju izvore hrane za njih, optimiziralo bi opršivanje usjeva kukcima, pomoglo u osiguravanju prinosa i tako pridonijelo kompenzaciji troškova prijelaza. **Na kraju, kada se uzmu u obzir stvarni troškovi pesticida za društvo koji su nedavno procijenjeni u nekoliko izvješća¹²⁶, usvajanje alternativnih praksi može se smatrati dobitkom za sve.**

¹²⁶ https://www.foodwatch.org/fileadmin/-INT/pesticides/2022-06-30_Pesticides_Report_foodwatch.pdf
<https://lebasic.com/en/pesticides-a-model-thats-costing-us-dearly/>

ZAKLJUČAK

Ovo izvješće pokazuje da, kombiniranjem i integracijom širokog spektra nekemijskih metoda upravljanja korovom (npr. preventivnih i mehaničkih) s poznavanjem bioloških i ekoloških karakteristika korova i usjeva, današnji poljoprivrednici i uzgajivači mogu uspješno upravljati korovom bez uporabe herbicida, uz održavanje dobrih prinosa, sprječavanje razvoja otpornosti na herbicide, zaštitu bioraznolikosti tla, smanjenje erozije i smanjenje emisija stakleničkih plinova.

Nekemijsko upravljanje korovom ima svoje izazove pri prijelazu na agroekologiju, ali ekološki poljoprivrednici i uzgajivači jasno su pokazali da se oni mogu prevladati. U usporedbi s herbicidima kod kojih od 1980-ih nisu otkriveni novi načini djelovanja, nekemijski alati i tehnike za suzbijanje korova nastavljaju se širiti, nudeći proizvođačima sve više i više mogućnosti.

Nadalje, rezultati znanstvenih istraživanja moraju se učinkovito prezentirati poljoprivrednicima putem partnerstava, savjetodavnih usluga na farmama i međusobnog učenja. Na mnogo načina, farmeri i uzgajivači predvode promjenu i prelaze na održivije, nekemijske sustave upravljanja korovom, unatoč nedostatku potpore ili čak suočeni s ismijavanjem nekih vlada i znanstvenika, pri čemu je organska poljoprivreda najjasniji primjer istoga. Stoga je krajnje vrijeme da donositelji odluka i čelnici na razini EU-a i država članica osiguraju finansijsku potporu potrebnu poljoprivrednicima i uzgajivačima za prijelaz na sustave održive poljoprivrede, uključujući prelazak na nekemijsko upravljanje korovom i prestanak uporabe herbicida i pesticida. Sredstva ZPP-a posebno bi trebala biti usmjerena na potporu poljoprivrednicima u ovoj tranziciji, kako u smislu podrške znanju tako i pokrivanjem njihovih finansijskih rizika kada se poduzimaju mјere za smanjenje pesticida.

Za uspješan prijelaz na održive načine zaštite bilja, potreban je koordinirani pristup na više razina, gdje su poljoprivrednici, distributeri, kreatori politike, građani i potrošači jednako informirani o negativnom učinku uporabe herbicida i dostupnih alternativa, te je usvajanjem dugoročne vizije potrebno raditi u sinergiji sa svim dionicima ovog procesa, na postupnom ukidanju korištenje ovih štetnih kemikalija u poljoprivredi.

Ne krećemo od nule: već postoje znanje i alati za zamjenu herbicida. Određeni broj poljoprivrednika već ih primjenjuje, dok ZPP već predviđa potporu za eko-programe, agrookolišne mјere, bespovratna sredstva i osiguranje za pokrivanje dodatnih troškova alternativnih pristupa i investicijske potpore za potrebne mehaničke alate. Istraživanje za razvoj kombiniranih pristupa integriranoj zaštiti bilja, za razvoj specifičnijih strojeva za suzbijanje korova i za prikupljanje dokaza o uspjehu, kontinuirano se događa unutar programa istraživanja i inovacija EU-a. Učinkovito nekemijsko upravljanje korovom nemoguće je jedino u slučaju ako ne razumijete korove/biljke i njihovu interakciju s okolinom.

Zaključno, moguć je prijelaz na sustave manjeg utjecaja i manje oslanjanje na herbicide na bazi glifosata: ne samo zamjenom glifosata mehaničkim sredstvima ili drugim manje štetnim herbicidima, već i ponovnim otkrivanjem ciklusa i tehnika ekološkog uzgoja te radom s prirodom. Ključ je slijediti vodeća načela pristupa „Piramide integrirane zaštite bilja“ (ilustrirano na slici 2) i na taj način primijeniti sve aspekte integrirane zaštite bilja kako je spomenuto u poglavljju. Međutim, ako želimo vidjeti da obećanje Europskog zelenog plana o smanjenju upotrebe pesticida od 50% postaje stvarnost, kako bi se spriječili najgori učinci na bioraznolikost i kolaps ekosustava,

novi ZPP treba koristiti pametno. Financiranje i napor moraju se preusmjeriti u skladu s prijedlogom Uredbe o održivoj uporabi pesticida, kako bi se omogućilo puno veće prihvaćanje integrirane zaštite bilja i potaknulo korištenje nekemijskih alternativa.

Literatura

- Adeux, G., Vieren, E., Carlesi, S., Bärberi, P., Munier-Jolain, N., and Cordeau, S. (2019) Mitigating crop yield losses through weed diversity. *Nat. Sustain.* 2(11):1018–1026.
- Antichi, D., Carlesi, S., Mazzoncini, M., and Bärberi, P. (2022) Targeted timing of hairy vetch cover crop termination with roller crimper can eliminate glyphosate requirements in no-till sunflower, *Agron. Sustain. Dev.* 42:87.
- Antier, C., Andersson, R., Auskalniené, O., Barić, K., Baret, P., Besenhofer, G., Calha, I., Carrola Dos Santos, S., De Cauwer, B., Chachalis, D., Dorner, Z., Follak, S., Forristal, D., Gaskov, S., Gonzalez Andujar, J. L., Hull, R., Jalli, H., Kierzak, R., & al. (2020) A survey on the uses of glyphosate in European countries. INRAE. <https://doi.org/10.15454/A30K-D531>
- Astiz M, de Alaniz, MJ, Marra CA. 2009b. The impact of simultaneous intoxication with agrochemicals on the antioxidant defense system in rat. *Pestic Biochem Physiol* 94:93-99.
- Avigliano L, Alvarez N, Loughlin CM, Rodriguez EM. 2014. Effects of glyphosate on egg incubation, larvae hatching, and ovarian rematuration in the estuarine crab, *Neohelice granulata*. *Environ Toxicol Chem* 33(8):1879-84.
- Bloomer, D.J., Harrington, K.C., Ghanizadeh, H., and James, T.K. (2022) Micro electric shocks control broadleaved and grass weeds. *Agronomy* 12(9):2039.
- Böcker, T., Britz, W., and Finger, R. (2017) Modelling the effects of a glyphosate ban on weed management in maize production, http://ageconsearch.umn.edu/record/261982/files/Boecker_109.pdf
- Bond, W., Turner, R.J., and Grundy, A.C. (2003) A review of non-chemical weed management. Coventry: Henry Doubleday Research Association and Horticulture Research International, https://www.agricology.co.uk/sites/default/files/updated_review.pdf.
- Bond, W., Turner, R.J., and Grundy, A.C. (2003) A review of non-chemical weed management. Coventry: Henry Doubleday Research Association and Horticulture Research International, https://www.agricology.co.uk/sites/default/files/updated_review.pdf.
- Carvalho, F.P., 2017. Pesticides, environment, and food safety. *Food and energy security*, 6(2), pp.48-60.
- Clausing P. Regulatory agencies (BfR, EFSA) used biased arguments to deny the carcinogenicity of glyphosate: Memorandum by Dr Peter Clausing, PAN Germany, as a witness to the Monsanto Tribunal. The Hague, Netherlands, 15-16 October 2016.http://www.pan-germany.org/download/Memo_Monsanto-Tribunal_Peter_Clausing_10_2016.pdf
- Cohen, O. and Rubin, B. (2007). Soil solarization and weed management. In: Upadhyaya, M.K. and Blackshaw, R.E. (Eds.): Non-chemical weed management: Principles, concepts and technology, CABI, Wallingford, UK, 177–200.
- Conrad, A., Schröter-Kermani, C., Hoppe, H.W., Rüther, M., Pieper, S. and Kolossa-Gehring, M., 2017. Glyphosate in German adults—Time trend (2001 to 2015) of human exposure to a widely used herbicide. *International journal of hygiene and environmental health*, 220(1), pp.8-16.
- Cotrufo, M.F., Lavallee, J.M., and Sparks, D.L. (2022) Soil organic matter formation, persistence, and functioning: a synthesis of current understanding to inform its conservation and regeneration, *Adv. Agron.* 172:1-66.
- Court of Justice of the European Union (2020) Press release- The Brussels Capital Region's action for annulment of the Commission's Implementing Regulation renewing the approval of the active substance 'glyphosate' is inadmissible-<https://curia.europa.eu/jcms/upload/docs/application/pdf/2020-12/cp200150en.pdf>
- Cuhra M. 2015. Glyphosate nontoxicity: the genesis of a scientific fact. *J Biol Phy Chem* 15:89-96.
- Dallegrave E, Mantese FD, Oliveira RT, Andrade AJM, Dalsenter PR, Langeloh A. 2007. Pre- and postnatal toxicity of the commercial glyphosate formulation in Wistar rats. *Arch Toxicol* 81:665-73.
- De Cauwer, B., Vanbesien, J., De Ryck, S., and Reheul, D. (2019). Impact of *Brassica juncea* biofumigation on viability of propagules of pernicious weed species. *Weed Res.* 59(3):209–221.
- Defarge N, Takacs E, Lozano VL, Mesnage R, Spiroux de Vendomois J, Seralini G-E, Szekacs A. 2016. Co-formulants in glyphosate-based herbicides disrupt aromatase activity in human cells below toxic levels. *Int J Environ Res Pub Health* 13(3):264.
- Delgado-Baquerizo, M., Maestre FT, Reich PB, Jeffries TC, Gaitan JJ, Encinar D, Berdugo M, Campbell CD, and Singh, BK. 2016. "Microbial Diversity Drives Multifunctionality in Terrestrial Ecosystems." *Nature Communications* 7 (January). Nature Publishing Group: 10541.
- Denžić Lugomer, M., Pavliček, D. and Bilandžić, N., 2019. Glifosat-od primjene do životinja i ljudi. Veterinarska stanica, 50(3), pp.211-221.
- Dill, G.M., Sammons, R.D., Feng, P.C., Kohn, F., Kretzmer, K., Mehrsheikh, A., Bleeke, M., Honeyger, J.L., Farmer, D., Wright, D. and Haupfear, E.A., 2010. Glyphosate: discovery, development, applications, and properties. *Glyphosate resistance in crops and weeds: history, development, and management*, pp.1-33.
- Diprose, M.F. and Benson, F.A. (1984) Electrical methods of killing plants, *J. Agric. Eng. Res.* 30:197–209.
- EFSA How Europe ensures pesticides are safe <https://multimedia.efsa.europa.eu/pesticides-authorisation/index.htm#activesubstances>
- Eriksson M, Hardell L, Carlberg M, and Åkerman M, 2008. "Pesticide Exposure as Risk Factor for Non-Hodgkin Lymphoma Including Histopathological Subgroup Analysis." *International Journal of Cancer* 123 (7): 1657–63

- European Citizens' Initiative-Ban glyphosate and protect people and the environment from toxic pesticides https://europa.eu/citizens-initiative/initiatives/details/2017/000002/ban-glyphosate-and-protect-people-and-environment-toxic-pesticides_en
- European commission (2017) Press release -Glyphosate: Commission responds to European Citizens' Initiative and announces more transparency in scientific assessments https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_17_5191
- European Commission (2022) Green Deal: Halving pesticide use by 2030 <https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/news/green-deal-halving-pesticide-use-2030>
- European Commission -Renewal of approval Glyphosate- https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/approval-active-substances/renewal-approval/glyphosate_en
- European Commission, Restrictions of geographical scope of GMO applications/authorisations: EU countries demands and outcomes - https://food.ec.europa.eu/plants/genetically-modified-organisms/gmo-authorisation/gmo-authorisations-cultivation/restrictions-geographical-scope-gmo-applicationsauthorisations-eu-countries-demands-and-outcomes_en
- European Commission: Drivers of food security, 04.01.2023 SWD(2023) 4 final, pgs 10-11, 31, 38-40, 68
- European Food Safety Authority (EFSA), 2015. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance glyphosate. EFSA Journal 13(11), p.4302.
- European Parliament (2019) Postponement of the glyphosate ban in Austria https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/E-9-2019-004356_EN.html
- Foodwatch (2022) Locked-in pesticides https://www.foodwatch.org/fileadmin/-INT/pesticides/2022-06-30_Pesticides_Report_foodwatch.pdf <https://lebasic.com/en/pesticides-a-model-thats-costing-us-dearly/>
- Franz, J.E. (1974) Nphosphonomethylglycine Phytotoxicant Compositions. US Patent 3,799,758, Mar. 26, 1974, USPTO, Washington, DC.
- Fungi in a Model Ecosystem." Scientific Reports 4: 5634
- Garry VF, Harkins ME, Erickson LL, Long-Simpson LK, Holland SE, Burroughs BL. 2002. Birth defects, season of conception, and sex of children born to pesticide applicators living in the Red River Valley of Minnesota, USA. Environ Health Perspect 110(s3):441-9.
- Gaupp-Berghausen M, Hofer M, Rewald B, and Zaller JG. 2015. "Glyphosate-Based Herbicides Reduce the
- Graffigna, S., Marrero, H.J., and Torretta, J.P. (2021) Glyphosate commercial formulation negatively affects the reproductive success of solitary wild bees in a Pampean agroecosystem, Apidologie 52:272–281.
- Greenpeace European Unit (2017) Commission rejects demands of #StopGlyphosate citizens' initiative <https://www.greenpeace.org/eu-unit/issues/nature-food/759/commission-rejects-demands-of-stopglyphosate-citizens-initiative/>
- Greiser E, 2016. Expert statement on epidemiological studies which examine the possible correlation between exposure to glyphosate-based herbicides and non-Hodgkin's lymphoma and human fertility disorders in relation to evaluations undertaken by the German Federal Institute for Risk Assessment (BfR) and the European Food Safety Authority (EFSA). University of Bremen https://www.global2000.at/sites/global/files/Human%20evidence_EberhardGreiser.pdf
- Guerrero Schimpf M, Milesi MM, Ingaramo PI, Luque EH, Varayoud J. 2016. Neonatal exposure to a glyphosate based herbicide alters the development of the rat uterus. Toxicology pii: S0300-483X(16)30093-2.
- Guyton KZ, Loomis D, Grosse Y, et al., 2015. Carcinogenicity of tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon, and glyphosate. The Lancet Oncology , 16: 490 – 491.
- Haughton AJ, Bell JR, Boatman ND, Wilcox A. 2001. The effect of the herbicide glyphosate on non-target spiders: Part II. Indirect effects on Leptophantes tenuis in field margins. Pest Manag Sci 57:1037-42.
- Hawes C, Squire GR, Hallett PD, Watson CA, Young M. 2010. Arable plant communities as indicators of farming practice. Agric Ecosys Environ 138(1-2):17-26.
- Heap, I. (2022) The International Herbicide-Resistant Weed Database., <http://www.weedscience.org/>
- Heard MS, Hawes C, Champion, GT, Clark SJ, Firbank LG, Haughton AJ, Parish AM, Perry JN, Rothery P, Roy DB, Scott RJ, Skellern MP, Squire Gr,
- Hernandez-Plata I, Giordano M, Diaz-Munoz M, Rodriguez VM, 2012. The herbicide glyphosate causes behavioral changes and alterations in dopaminergic markers in male Sprague-Dawley rat. Neurotoxicology 46:79-91.
- Hill MO. 2003b. Weeds in fields with contrasting conventional and genetically modified herbicide-tolerant crops. I Effects on abundance and diversity & II Effects on individual species. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sc i358(1439):1833-46.
- Hirst, K.K. (2017) Mixed cropping. Updated: 16th November 2019, <https://www.thoughtco.com/mixed-cropping-history-171201>.
- <http://www.bhu.org.nz/future-farming-centre/information/bulletin/2014-v4/the-final-frontier-non-chemical-intrarow-weed-control-for-annual-crops-with-a-focus-on-mini-ridgers>
- IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications>
- IBMA, IOBC, PAN Europe 2019., Integrated pest management- Working with nature
- Inhabitat (2014) The Netherlands Says "No" to Monsanto, Bans RoundUp Herbicide- <https://inhabitat.com/the-netherlands-says-no-to-monsanto-bans-roundup-herbicide/>

- IPBES (2016). The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. S.G. Potts, V. L. Imperatriz-Fonseca, and H. T. Ngo (eds). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 552 pages. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3402856>
- James, T.K. and Merfield, C.N. (2021) Weed and soil management: a balancing act. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, Elsevier, Burlington, USA, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822974-3.00007-0>.
- Johal, G.S. and Huber, D.M., 2009. Glyphosate effects on diseases of plants. European Journal of agronomy, 31(3), pp.144-152.
- Jordan, N. and Vatovec, C. (2004) Agroecological benefits from weeds. In: Inderjit (Ed.): Weed biology and management, Springer, Dordrecht, Netherlands, 137–158.
- Justicepesticides -Bayer v. Government of Luxembourg https://justicepesticides.org/en/juridic_case/bayer-contre-gouvernement-du-luxembourg/
- Kehlenbeck, H., Saltzmann, J., Schwarz, J., Zwerger, P. and Nordmeyer, H., 2016. Economic assessment of alternatives for glyphosate application in arable farming. Julius-Kühn-Archiv, (452), p.279.
- Kruger M, Shehata AA, Schrodil W, Rodloff A, 2013. Glyphosate suppresses the antagonistic effect of Enterococcus spp. on Clostridium botulinum. Anaerobe 20:74–78.
- Lanzarin, G., Venâncio, C., Félix, L.M., and Monteiro, S. (2021) Inflammatory, oxidative stress, and apoptosis effects in zebrafish larvae after rapid exposure to a commercial glyphosate formulation, Biomedicines 9:1784.
- Liebman, M., and Gallandt, E.R. (1997) Many little hammers: ecological management of crop-weed interactions. In: Jackson, L.E. (Ed.): Ecology in agriculture, Academic Press, San Diego, USA, 291–343.
- Lopes, E.A., Canedo, E.J., Gomes, V.A., Vieira, B.S., Parreira, D.F., and Neves, W.S. (2022). Anaerobic soil disinfestation for the management of soilborne pathogens: A review. Appl. Soil Ecol. 174:104408.
- Lundkvist, A. and Verwijst, T. (2011) Weed biology and weed management in organic farming. In: Nokkoul, R. (Ed.): Research in organic farming, IntechOpen, London, UK, 157–186.
- McDuffie HH, Pahwa P, McLaughlin JR, Spinelli JJ, and Fincham S. 2001. “Non-Hodgkin’s Lymphoma and Specific Pesticides Exposures in Men: Cross-Canada Study of Pesticides and Health.” Cancer Epidemiol. Biomarkers Prevention 10 (November): 1155.
- Merfield, C.N. (2014) The final frontier: Non-chemical, intrarow, weed control for annual crops with a focus on mini-ridgers, The FFC Bulletin, 2014-V4, The BHU Future Farming, Lincoln, New Zealand,
- Merfield, C.N. (2015) False and stale seedbeds: The most effective non-chemical weed management tools for cropping and pasture establishment. The BHU Future Farming Centre - The FFC Bulletin, 2015-V4, Lincoln, New Zealand, <http://www.bhu.org.nz/future-farming-centre/information/bulletin/2015-v4/false-and-stale-seedbeds-the-most-effective-non-chemical-weed-management-tools-for-cropping-and-pasture-establishment>.
- Merfield, C.N. (2018) Mini-ridgers: Lethal burial depth for controlling intrarow weeds. The BHU Future Farming Centre - The FFC Bulletin, 2018-V2, Lincoln, New Zealand, <http://www.bhu.org.nz/future-farming-centre/information/bulletin/2018-v2/mini-ridgers-lethal-burial-depth-for-controlling-intrarow-weeds>.
- Merfield, C.N. (2022) Redefining weeds for the post-herbicide era, Weed Res. 62(4):263–267.
- Miles, C., Klingler, E., Nelson, L., Smith, T., and Cross, C. (2013) Alternatives to plastic mulch in vegetable production systems, HortScience: a publication of the American Society for Horticultural Science 42:899–900.
- Ministry of Environment and Food of Denmark (2017) Danish National Actionplan on Pesticides (2017 – 2021) https://food.ec.europa.eu/system/files/2019-03/pesticides_sup_nap_dan-rev_en.pdf
- Moreno NC, Sofia SH, Martinez CB. 2014. Genotoxic effects of the herbicide Roundup Transorb and its active ingredient glyphosate on the fish Prochilodus lineatus. Environ Toxicol Pharmacol 37(1):448–54.
- Myers, J.P., Antoniou, M.N., Blumberg, B., Carroll, L., Colborn, T., Everett, L.G., Hansen, M., Landrigan, P.J., Lanphear, B.P., Mesnage, R. and Vandenberg, L.N., 2016. Concerns over use of glyphosate-based herbicides and risks associated with exposures: a consensus statement. Environmental Health, 15(1), pp.1-13.
- Nature Publishing Group, Activity and Reproduction of Earthworms and Lead to Increased Soil Nutrient Concentrations.” Scientific Reports 5 (1).
- Negga R, Stuart JA, Machen ML, Salva J, Lizek AJ, Ricahrdson SJ, Osborne AS, Mirallas O, McVey KA, Fitsanakis VA. 2012. Exposure to glyphosate- and/or Mn/Zn-ethylene-bis-dithiocarbamatecontaining pesticides leads to degeneration of γ-aminobutyric acid and dopamine neurons in Caenorhabditis elegans. Neurotox Res 21:281–90.
- Nevison CD. 2014. A comparison of temporal trends in United States autism prevalence to trends in suspected environmental factors. Environ Health. 5;13-73.
- Ngouajio, M., Auras, R., Fernandez, R.T., Rubino, M., Counts, J.W., and Kijchavengkul, T. (2008) Field performance of aliphatic-aromatic copolyester biodegradable mulch films in a fresh market tomato production system, HortTechnology 18(4):605–610.
- Ostojić, Z., Brzoja, D. and Barić, K., 2018. Status, namjena i potrošnja glifosata u Hrvatskoj i svijetu. Glasilo biljne zaštite, 18(6), pp.531-541.
- Paganelli A, Gnazzo V, Acosta H, Lo’pez SL, Carrasco AE. 2010. Glyphosate-based herbicides produce teratogenic effects on vertebrates by impairing retinoic acid signalling. Chem Res Toxicol 23(10):1586-95.

- PAN Europe (2012) Innovation and resource efficiency -the way forward is reducing chemical input dependency <http://www.pan-europe.info/sites/pan-europe.info/files/public/resources/briefings/innovation-and-resource-efficiency-1.pdf>
- PAN Europe (2017) Italy Places Important Restrictions on the Use of Glyphosate - <https://www.pan-europe.info/press-releases/2016/08/italy-places-important-restrictions-use-glyphosate>
- PAN International, A review of effects of glyphosate and glyphosate-based herbicides on aquatic and terrestrial organisms is given in Glyphosate Monograph 2016, <http://pan-international.org/wp-content/uploads/Glyphosate-monograph.pdf>
- Perez GL, Torremorell A, Mugni H, Rodriguez P, Solange Vera M, do Nascimento M, Allende L, Bustingorry J, Escaray R, Ferraro M, Izaguirre I, Pizarro H, Bonetto C, Morris DP, Zagarese H. 2007. Effects of the herbicide Roundup on freshwater microbial communities: a mesocosm study. *Ecol Appl* 17(8):2310-22.
- Pesticide Action Network Europe, 2018. Alternativne metode u borbi protiv korova - Slučaj glifosata
- Pesticide Action Network UK ,2016. The Glyphosate Monograph
- Popay, I. and Field, R. (1996) Grazing animals as weed control agents, *Weed Technol.* 10(1):217–231.
- Portier, C. J., Armstrong, B. K., Baguley, B. C., Baur, X., Belyaev, I., Belle, R., Zhou, S. F. (2016). Differences in the carcinogenic evaluation of glyphosate between the International Agency for Research on Cancer (IARC) and the European Food Safety Authority (EFSA). *Journal of Epidemiology and Community Health.* DOI: 10.1136/jech-2015-207005
- Qi, R., Jones, D.L., Li, Z., Liu, Q., and Yan, C. (2020) Behavior of microplastics and plastic film residues in the soil environment: A critical review, *Sci. Total Environ.* 703:134722.
- Rämö, S., Ruuttunen, P. and Uusi-Kämppä, J., 2016. Glyphosate residues in pre-harvest glyphosate treated cereal grains. In 11th European Pesticide Residue Workshop, Limassol, Cyprus, 24th-27th May, 2016: Programme & book of abstracts. European Pesticide Residue Workshop.
- Ramseier, H. and Crismaru, V. (2014) Resource-conserving agriculture: Undersowing and mixed crops as stepping stones towards a solution. In: Dent, D. (Ed.): *Soil as world heritage*, Springer, Dordrecht, Netherlands, 353–363.
- Reuters (2020) France clamps down on use of weedkiller glyphosate in farming <https://www.reuters.com/article/us-france-glyphosate-idUSKBN26U0ZI>
- Reuters (2021) German cabinet approves legislation to ban glyphosate from 2024 <https://www.reuters.com/article/us-germany-farming-lawmaking-idUSKBN2AA1GF>
- Reviewed in Sirinathsinghji E, 2012. USDA Scientist Reveals All: Glyphosate Hazards to Crops, Soils, Animals, and Consumers. Prof Don Huber. ISIS Report http://www.i-sis.org.uk/USDA_scientist_reveals_all.php
- Richard S, Moslemi S, Sipahutar H, Benachour N, Seralini GE, 2005. Differential effects of glyphosate and Roundup on human placental cells and aromatase. *Environ Health Perspect* 113(6):716-20.
- Riemens, M., Sønderskov, M., Moonen, A.-C., Storkey, J., and Kudsk, P. (2022) An integrated weed management framework: A pan-European perspective. *Eur. J. Agron.* 133:126443.
- Romano MA, Romano RM, Santos LD, Wisniewski P, Campos DA, de Souza PB, Viau P, Bernardi MM, Nunes MT, de Oliveira CA, 2012. Glyphosate impairs male offspring reproductive development by disrupting gonadotropin expression. *Arch Toxicol* 86(4):663-73.
- Romano RM, Romano MA, Bernardi MM, Furtado PV, Oliveira CA. 2010. Prepubertal exposure to commercial formulation of the herbicide glyphosate alters testosterone levels and testicular morphology. *Arch Toxicol* 84:309-17.
- Roos, JD, Zahm SH, Cantor KP, Weisenburger DD, Holmes FF, Burmeister LF, and Blair A. 2003. "Integrative Assessment of Multiple Pesticides as Risk Factors for Non-Hodgkin's Lymphoma among Men." *Occupational and Environmental Medicine* 60 (9): E11.
- Samsel A, Seneff S. Glyphosate, pathways to modern diseases II: Celiac sprue and gluten intolerance. *Interdiscip Toxicol.* 2013;6(4):159-184. doi:10.2478/intox-2013-0026.
- Sesin, V., Davy, C.M., Stevens, K.J., Hamp, R., and Freeland, J.R. (2021) Glyphosate toxicity to native nontarget macrophytes following three different routes of incidental exposure, *Integr. Environ. Assess. Manag.* 17:597–613.
- Snapp, S.S., Swinton, S.M., Labarta, R., Mutch, D., Black, J.R., Leep, R., Nyiraneza, J., and O'Neil, K. (2005) Evaluating cover crops for benefits, costs and performance within cropping system niches, *Agron. J.* 97(1):322–332.
- Stehle S, Schulz R, 2015. Pesticide authorization in the EU-environment unprotected? *Environ Sci Pollut Res* 22: 19632.
- Tan, S., Li, G., Liu, Z., Wang, H., Guo, X., and Xu B. (2022) Effects of glyphosate exposure on honeybees, *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 90:103792.
- Thies C, Haenke S, Scherber C, Bengtsson J, Bommarco R, Clement LW, Ceryngier P, Dennis C, Emmerson M, Gagic V, Hawro V, Liira J, Weisser WW, Wingvist C, Tscharntke T. 2011. The relationship between agricultural intensification and biological control: experimental tests across Europe. *Ecol Appl* 21(6):2187-96.
- Thongprakaisang S, Thiantanawat A, Rangkadilok N, Suriyo T, Satayavivad J. 2013. Glyphosate induces human breast cancer cells growth via estrogen receptors. *Food Chem Toxicol* 59:129-36.
- TILMAN-ORG. (2016) TILMAN-ORG - Reduced TILLage and Green MANures for sustainable ORGANic Cropping Systems: CORE organic II - TILMAN-ORG, http://www.tilman-org.net/fileadmin/documents_organicresearch/tilman-org/TilmanOrg2014_CK_flyer_small.pdf.
- Times of Malta- Weed killer glyphosate to be banned in public areas <https://timesofmalta.com/articles/view/weed-killer-glyphosate-to-be-banned-in-public-areas.720157>
- Transparency market research- Glyphosate Market -<https://www.transparencymarketresearch.com/glyphosate-market.html>

- United Nations, 2017. Report of the Special Rapporteur on the right to food.
http://ap.ohchr.org/documents/dpage_e.aspx?si=A/HRC/34/48
- USDA (2021) Austria: Parliament Adopts Partial Ban on Glyphosate <https://www.fas.usda.gov/data/austria-austrian-parliament-adopts-partial-ban-glyphosate>
- Varayoud J, Durando M, Ramos JG, Milesi MM, Ingaramo PI, Munoz-de-Toro M, Luque EH. 2016. Effects of a glyphosate-based herbicide on the uterus of adult ovariectomized rats. *Environ Toxicol* [Epub Jul 27th].
- Veneto Agricoltura() Conservation agriculture- 8 years of experiences in Veneto region
<https://www.venetoagricoltura.org/wp-content/uploads/2019/06/Conservation-Agriculture-150-ppi.pdf>
- Walsh LP, McCormick C, Martin C, Stocco DM. 2000. Roundup inhibits steroidogenesis by disrupting steroidogenic acute regulatory (StAR) protein expression. *Environ Health Perspect* 108:769-76.
- Wan N, Lin G. 2016. Parkinson's disease and pesticides exposure: new findings from a comprehensive study in Nebraska, USA. *J Rural Health*. 32(3):303-13.
- Watts, M, Clausing P, Lyssimachou A, Schutte G, Guadagnini R, and Marquex E. 2016. "Glyphosate Monograph; PAN International." Pesticide Action Network International.
- Weed Smart (2022) Harvest weed seed control. Retrieved: 12th January 2023, <https://www.weedsmart.org.au/big-6/harvest-weed-seed-control/>.
- Xu, B., Liu, F., Cryder, Z., Huang, D., Lu, Z., He, Y., Wang, H., Lu, Z., Brookes, P.C., Tang, C., Gan, J., and Xu, J. (2020) Microplastics in the soil environment: Occurrence, risks, interactions and fate – A review, *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 50(21):2175–2222.
- Yu XM, Yu T, Yin GH, Dong QL, An M, Wang HR, and Ai CX. 2015. "Glyphosate Biodegradation and Potential Soil Bioremediation by *Bacillus subtilis* Strain Bs-15." *Genetics and Molecular Research* 14 (4): 14717–30.
- Zaller JG, Heigl F, Ruess L, and Grabmaier A. 2017. "Glyphosate Herbicide Affects Belowground Interactions between Earthworms and Symbiotic Mycorrhizal
- Zaller, J.G., Weber, M., Maderthaner, M., Gruber, E., Takács, E., Mörtl, M., Klátyik, Sz., Győri, J., Römbke, J., Leisch, F., Spangl, B, and Székács, A. (2021) Effects of glyphosate-based herbicides and their active ingredients on earthworms, water infiltration and glyphosate leaching are influenced by soil properties, *Environ. Sci. Eur.* 33:51.
- Zhu, F., Zhu, C., Wang, C., and Gu, C. (2019) Occurrence and ecological impacts of microplastics in soil systems: A review, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 102(6):741–749.
- Zimdahl, R.L. (2018) Fundamentals of weed science. (5th ed.), Academic Press, London, UK.
- Ziska, L.H. and Dukes, J.S. (2010) Benefits from weeds. In: Ziska, L.H. and Dukes, J.S. (Eds.): *Weed biology and climate change*, Blackwell Publishing Ltd., Ames, Iowa, USA, 181–197.