

**Helena VIRIĆ GAŠPARIĆ, Renata BAŽOK**

*Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za poljoprivrednu zoologiju  
hviric@agr.hr*

## **TRŽIŠTE ZOOCIDA NEKAD I DANAS: ŠTO SE PROMIJENILO U POSLEDNJIH 30 GODINA?**

### **SAŽETAK**

Korištenje sredstava za zaštitu bilja od otkrića prvih djelatnih tvari do danas dovelo je do raznih problema, ponajviše povezanih s onečišćenjem okoliša, poremetnjom prirodne ravnoteže i razvojem rezistentnosti štetnih organizama. Također, raste i zabrinutost za zdravlje ljudi koji su na bilo koji način izloženi sredstvima za zaštitu bilja. Nakon uvođenja Uredbe Europske komisije 1107/2009 kojom su propisani novi postupci pri registraciji djelatnih tvari (d.t.) postavljeni su vrlo strogi kriteriji koje sredstva za zaštitu bilja moraju ispunjavati da bi dobila dozvolu za primjenu pa su mnoge d.t. izgubile dozvolu za korištenje. Istovremeno kemijske tvrtke nastoje razviti nove d.t. koje će zadovoljiti stroge ekotoksikološke kriterije. U radu je prikazana promjena na tržištu zoocida od 1987. do 2018. godine. Pregledom literature i analizom dostupnih podataka utvrđeno je da se u 30 godina broj dozvoljenih d.t. smanjio sa 93 na 59, a broj pripravaka sa 265 na 133. U odnosu na 1987. godinu, kada su insekticidi koji su imali dozvolu djelovali sa 12 mehanizama djelovanja, insekticidi dozvoljeni 2018. godine djeluju sa 19 mehanizama djelovanja. U proteklom su razdoblju dozvolu izgubili insekticidi negativnih ekotoksikoloških svojstava koji su djelovali s pet mehanizama djelovanja. Veliki broj raspoloživih mehanizama djelovanja trebao bi olakšati borbu s razvojem rezistentnosti štetnika. Ograničenja u primjeni koja su definirana uskim dozvolama u većine zoocida (mali broj kultura i namjena), osim u organofosfornih insekticida i piretroida, ipak dovode do toga da za pojedine štetnike u praksi postoji mali broj adekvatnih pripravaka. Stoga se u svjetlu sve strožih restrikcija u primjeni zoocida ponovno nameće pitanje o tome koliko su pokrivene potrebe, a struka je opravdano zabrinuta za buduće mogućnosti suzbijanja štetnika.

**Ključne riječi:** mehanizmi djelovanja, sredstva za zaštitu bilja, djelatna tvar, zoocidi

### **UVOD**

Sredstva za zaštitu bilja (SZB), uključujući zoocide, prije dolaska na tržište moraju imati odobrenje nadležnog Ministarstva poljoprivrede. Za postupke odobrenja djelatnih tvari na području cijele Europske unije nadležna je Europska unija (EU) kao zajednica većeg broja država. Zbog negativnih

posljedica koje na ljude i okoliš može imati prekomjerna uporaba SZB, EU je uvela veliki broj ograničenja i strožih kriterija. Djelatne tvari koje dobivaju dozvolu za promet na tržištu EU moraju zadovoljavati vrlo stroge kriterije koji se odnose na brojne toksikološke i ekotoksikološke aspekte. Stoga je i velik broj propisa kojima EU nastoji uvesti stroža pravila i veća ograničenja za nova SZB, ali i za postojeće djelatne tvari koje su već dozvoljene na tržištu. U procesima ponovne registracije prema novim propisima kojima su bila podvrgnuta gotovo sva SZB-a, drastično je smanjen broj djelatnih tvari dozvoljenih za suzbijanje pojedinih štetnih organizama. Istovremeno, kemijske tvrtke nastoje razviti SZB novog mehanizma djelovanja te povoljnijih ekotoksikoloških karakteristika koji će zadovoljiti stroge kriterije. Cilj je ovog rada prikazati promjene koje su se dogodile na tržištu zoocida u posljednjih 30 godina. Analizirat će se kemijske skupine i djelatne tvari koje su izbačene iz upotrebe, te one djelatne tvari koje su u međuvremenu dobile dozvolu za korištenje.

## MATERIJALI I METODE

Prikaz zoocida dozvoljenih za primjenu u vrijeme bivše Jugoslavije bio je svake godine objavljan u časopisu Glasnik zaštite bilja. Za potrebe ove analize korišteno je izdanje iz 1987. godine (Maceljki i sur., 1987). Sve djelatne tvari insekticida, akaricida, nematocida i limacida dozvoljene za uporabu razvrstane su u skupine s obzirom na mehanizam djelovanja i klasifikaciju prema IRAC-u (Bažok, 2018). Rodenticidi nisu uzeti u obzir. Podatke o djelatnim tvarima dozvoljenim za uporabu u RH na dan 1. siječnja 2018. prikupili smo iz pregleda sredstava za zaštitu bilja koji se objavljuje u Glasilu biljne zaštite kao broj 1-2 (Bažok, 2018), a dodatne su potrebne informacije prikupljene korištenjem Fitosanitarnog upisnika Ministarstva poljoprivrede (FIS, 2018).

## REZULTATI I RASPRAVA

U 1987. godini ukupno je bilo registrirano 93 djelatnih tvari i 265 pripravka insekticida, akaricida, nematocida i limacida (Tablica 1.). Rodenticidi (devet djelatnih tvari i 21 pripravak) nisu obuhvaćeni ovim pregledom. S obzirom na to da su 24 pripravaka kombinacija dvaju djelatnih tvari, oni su u tablici 1. pribrojani objema djelatnim tvarima koje sadrže pa je zbroj pripravaka u tablici 1. veći i iznosi 289. Od ukupno 93 registrirane djelatne tvari, 83 djelatne tvari prema mehanizmu djelovanja djelovalo je s 12 različitih mehanizama djelovanja, za dvije djelatne tvari mehanizam djelovanja nije poznat, a osam djelatnih tvari nisu obuhvaćene u IRAC klasifikacijom. Tadašnja podjela i prikaz zoocida u Glasniku zaštite bilja temeljio se na namjeni tako da su zoocidi bili razvrstani u 6 grupa prema namjeni. Unutar svake grupe podijeljeni su dodatno prema kemijskom sastavu.

Ukupno je 2018. na tržištu registrirano 58 djelatnih tvari insekticida, akaricida, nematocida i limacida dostupnih na tržištu kao 133 formulirana pripravaka (Tablica 1.). Rodenticidi (jedna djelatna tvar i jedan pripravak) nisu obuhvaćeni ovim pregledom. S obzirom na to da je šest pripravaka kombinacija dvaju djelatnih tvari, oni su u tablici 1. pribrojeni objema djelatnim tvarima koje sadrže pa je zbroj pripravaka u tablici 1. veći i iznosi 139. Od ukupno 59 registriranih djelatnih tvari, 51 djelatna tvar djelovala je s 19 različitih mehanizama djelovanja, jedna djelatna tvar nalazi se u skupini nepoznatih mehanizama djelovanja prema IRAC-u, a šest djelatnih tvari nije obuhvaćeno klasifikacijom IRAC-a.

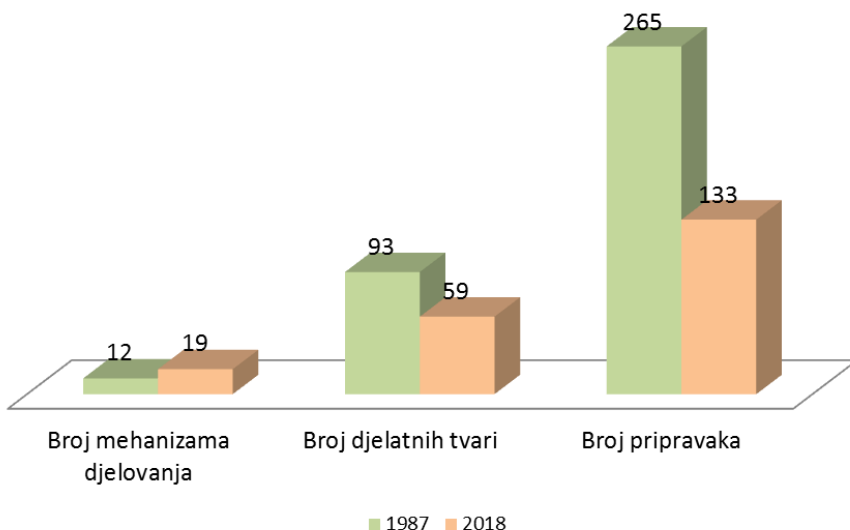
**Tablica 3.** Usporedba zastupljenosti kemijskih skupina i djelatnih tvari prema Maceljski i sur. (1987) i Bažok (2018), (žuta boja - mehanizmi djelovanja u kojima su djelatne tvari dozvoljene u cijelom razdoblju; crvena boja - mehanizmi djelovanja u kojima su djelatne tvari koje su izgubile dozvolu za uporabu; zelena boja - mehanizmi djelovanja u kojima su djelatne tvari koje su dobile dozvolu za uporabu)

GLAVNA SKUPINA	PODSKUPINA/ IZDVOJENA DJELATNA TVAR	1987.		2018.	
		djelatne tvari	pripravci	djelatne tvari	pripravci
1. Inhibitori acetilkolinesteraze (AChE)	1A Karbamati	11	40	3	6
	1B Organofosforni insekticidi	44	147	6	18
2. Antagonisti kanala klora aktiviranih gama aminomaslačnom kiselinom (GABA)	2A Klorirani ugljikovodici ciklodienske sinteze	2	30	0	0
3. Modulatori kanala natrija	3A Piretroidi i piretrin	7	13	8	38
4. Agonisti nikotinskog acetilkolinškog receptora (nAChR)	4A Neonikotinoidi	0	0	5	17
5. Alosterički aktivatori nikotinskog acetilkolinškog receptora (nAChR)	Spinosini	0	0	2	3
6. Alosterički modulatori kanala klora premošćivanih glutamatom (GluCl)	Avermektini, milbemektini	0	0	3	6
7. Imitatori juvenilnih hormona	7B Fenoksykarb	0	0	1	1
	7C Pyriproxifen	0	0	1	3
8. Mješovita nespecifična inhibicija na više mjesta djelovanja („multi-site“)	8A Alkilhalogenidi	1	5	0	0
	8B Klorpikrin	1	4	0	0
	8F Generatori metil izocijanata	1	2	1	1
9. Modulatori TRPV kanala kordotonalnih organa	9B Pimetrozin	0	0	1	1
10. Inhibitori rasta grinja	10A Klofentezin, Heksitiazoks, Diflovidazin	2	2	2	2
	10B Etoksazol	0	0	1	1

11. Mikrobni uzročnici oštećenja membrane probavnog sustava	11A <i>Bacillus thuringiensis</i> i insekticidni proteini koje proizvodi	1	3	1	4
12. Inhibitori mitohondrijske ATP sintaze	12C Propargit 12D Tetradifon	1 1	1 2	0 0	0 0
13. Razdvajanje oksidativne fosforilacije putem ometanja gradijenta protona	Klorfenapir, DNOC, Sulfuramid	3	4	0	0
14. Blokatori kanala nikotinskih acetilkolinških receptora (nAChR)	Analozi nereistoksina	2	3	0	0
15. Inhibitori biosinteze hitina- tip 0	Benzoilureae	1	3	3	3
18. Agonisti receptora ekdisona	Diacilhidrazini	0	0	2	3
19. Agonisti receptora oktopamina	Amitraz	1	1	0	0
21. Inhibitori transporta elektrona u mitohondrijskom kompleksu I	21A METI akaricidi i insekticidi	0	0	2	2
22. Blokatori o naponu ovisnih kanala soli	22A Oksadiazini 22B Semikarbazoni	0 0	0 0	1 1	1 1
23. Inhibitori acetil CoA karboksilaze	Derivati tetronske i tetramske kiseline	0	0	2	2
24. Inhibitori transporta elektrona u mitohondrijskom kompleksu IV	24A Fosfidi 24B Cijanidi	2 2	10 2	2 0	5 0
25. Inhibitori transporta elektrona u mitohondrijskom kompleksu II	25A Derivati beta ketonitrila 25B Karboksanilidi	0 0	0 0	1 0	1 0
28. Modulatori receptora ryanodina	Diamidi	0	0	1	2
29. Modulatori kordotonalnih organa- nepoznato mjesto djelovanja	Flonikamid	0	0	1	1
Nepoznato mjesto djelovanja- izvan klasifikacije u IRAC bazama	Brompropilat	1	1	0	0
	Dikofol	1	2	0	0
	Sumpor	0	0	1	1
Izvan IRAC klasifikacije	Mineralna ulja	1	4	1	7
	klorpropilat	1	1	0	0
	tetrasul	1	1	0	0
	binapakril	1	1	0	0
	metam	1	1	0	0
	diklorpropan	1	1	0	0
	diklorpropen	1	1	0	0
	metaldehid	1	4	1	3
	Željezo (III) fosfat	0	0	1	1
	Cydia pomonela granulosis virus	0	0	1	3
	Fluopiram	0	0	1	1
Dijatomejska zemlja	0	0	1	1	

Provedena analiza upućuje na to da su u tridesetgodišnjem razdoblju nastale vrlo velike promjene u spektru dostupnih djelatnih tvari insekticida, akaricida,

nematocida i limacida dozvoljenih za uporabu u poljoprivrednoj proizvodnji. U 1987. godini sve djelatne tvari dostupne na tržištu djelovale su sa 12 mehanizama djelovanja (Slika 1.).



**Slika 1.** Usporedni prikaz stanja na tržištu zoocida 1987. i 2018. godine

Deset djelatnih tvari koje su prema mehanizmu djelovanja pripadale u skupine 2, 12, 13, 14 i 19 izgubile su dozvolu za uporabu u proteklih 30 godina (u tablici 1. označene su crvenom bojom). Razlozi gubitka dozvole bili su prvenstveno toksikološke i ekotoksikološke prirode. To su naime insekticidi iz skupine vrlo perzistentnih i ekološki neprihvatljivih kloriranih ugljikovodika (skupina 2), većina akaricida (skupine 12 i 19), analozi nereistoksina (skupina 14) te neka izrazito opasna sredstva kao što su sredstva za zimsko prskanje na bazi DNOC (skupina 13). Gubitak pet mehanizama djelovanja nadomješten je uvođenjem 12 novih mehanizama djelovanja koji su otkriveni i uvedeni na tržište u proteklom razdoblju (u tablici 1. označeni su zelenom bojom). Stoga bi se, promatrajući dostupne mehanizme djelovanja, moglo zaključiti da poljoprivredni proizvođači danas raspolažu boljim „alatima“ za suzbijanje štetnika te mogu znatno bolje izbjeći neke negativne popratne pojave primjene insekticida, ponajprije razvoj rezistentnosti. Naime, s ovako velikim brojem dostupnih mehanizama djelovanja jednostavnije je pri suzbijanju poštivati jedno od osnovnih pravila važnih za antirezistentne strategije: izmjena insekticida različitog mehanizma djelovanja.

Kada se analizira broj registriranih djelatnih tvari ukupno i iz pojedine skupine, uočava se da je ukupan broj dostupnih djelatnih tvari u tridesetgodišnjem je razdoblju smanjen za gotovo 40 % a broj pripravaka za 50

.....

%. U 1987. godini broj registriranih djelatnih tvari po skupini (podskupini) kretao se od 1 do 44, pri čemu su se posebno isticale dvije podskupine skupine, karbamati s 11 i organofosforni insekticidi s 44 djelatne tvari. To su insekticidi iste skupine i istog mehanizma djelovanja te se može uočiti da je više od 50 % svih dostupnih djelatnih tvari imalo isti mehanizam djelovanja. Još je veći bio udio formuliranih pripravaka iz te skupine: od ukupno 265 pripravaka registriranih na tržištu, 187 pripravaka djelovalo je istim mehanizmom djelovanja (40 karbamata i 147 organofosfornih insekticida) što je bilo 70,6 % svih pripravaka. Danas je iz tih skupina dozvoljen znatno manji broj djelatnih tvari, ukupno 9 (3 karbamata i 6 organofosfornih insekticida) pa stoga broj djelatnih tvari koje djeluju kao inhibitori kolinesteraze u 2018. godini obuhvaća samo 15 % svih dozvoljenih djelatnih tvari. U 2018. godini uočava se da udio pripravaka zasnovanih na djelatnim tvarima iz skupine 1 znatno odražava udio djelatnih tvari: od 133 pripravka 24 (18 %) pripravaka pripada u skupinu 1. Piretroidi, koji su razvrstani u skupinu 3, bili su 1987. godine zastupljeni sa 7 djelatnih tvari i 13 pripravaka. U 2018. godini njihov se broj povećao za jednu djelatnu tvar (ukupno 8), ali se znatno povećao broj pripravaka te su piretroidi najzastupljenija skupina u 2018. u broju pripravak.; zastupljeni su sa 38 pripravaka pa je 28 % svih pripravaka u 2018. godini iz skupine piretroida. Piretroidi su u 2018. godini najzastupljenija skupina insekticida prema broju pripravaka.

Poljoprivredni proizvođači i struka uglavnom navode da je smanjenje broja dozvoljenih insekticida dovelo do velikih problema u proizvodnji. Iz provedene analize broja dostupnih djelatnih tvari uočava se smanjeni broj djelatnih tvari, no analiza pokazuje povećanje u broju mehanizama. Stoga se čini da problema ne bi smjelo biti. No struci je posve jasno da problem postoji. Uzroke problema pokušali smo pronaći u analizi dozvola pojedinih SZB kako su vrijedile 1987. i kako vrijede danas, 2018. godine. Već na prvi pogled uočava se da su dozvole za insekticide u 1987. bile vrlo široke (Maceljki i sur. 1987). Sredstva su bila dozvoljena za skupine štetnika i skupine kultura bez preciznog navođenja vrste. Današnje dozvole (Bažok, 2018.; FIS, 2018.) vrlo su precizne, navode se pojedine vrste štetnika koje određeno sredstvo suzbija na točno navedenoj kulturi. Svaka primjena koja nije u skladu s dozvolom kažnjivo je djelo. Neki pripravnici imaju vrlo ograničene dozvole (samo za jednu ili dvije kulture) pa je evidentan problem pokrivenost potreba, odnosno činjenica da je za veliki broj štetnika dozvoljena samo jedna djelatna tvar ili dvije djelatne tvari koje djeluju istim mehanizmom djelovanja. Korištenje istog mehanizma djelovanja neizbježno će dovesti do pojave rezistentnosti, što već i postaje veliki problem (Bažok i sur.: 2017., Gotlin Čuljak i sur., 2017). Postavlja se pitanje što će se dogoditi ako se zabrane one djelatne tvari koje pokrivaju potrebe za suzbijanjem štetnika na velikom broju kultura? Nedostatak adekvatnog insekticida mogao bi ugroziti opstanak proizvodnje. Veliki broj danas

registriranih djelatnih tvari ima širok spektar djelovanja (primjerice insekticidi iz skupine organofosfornih insekticida, piretroida ili neonikotinoida), a njihova je upotreba gotovo potpuno ograničena (neonikotinoidi), ograničena u integriranoj proizvodnji (primjerice piretroidi u voćarstvu) ili se očekuju zabrane u bližoj ili daljoj budućnosti (primjerice dimetoat, klorpirifos). Sva ta ograničenja negativno će utjecati na sposobnost poljoprivrednika da se bore sa štetnicima te se može očekivati da će problema biti još i više.

Svjesni svih tih problema znanstvenici provode brojna istraživanja i nastoje pronaći nove načine suzbijanja štetnika. Većina tih „novih“ rješenja ne zasniva se na jednostavnoj „uporabi“ (prskanju) nekog novo otkrivenog sredstva nego se sastoji od provedbe nekih bioloških ili biotehničkih mjera (konfuzija, suzbijanje na velikim površinama, ljepljive ploče, prirodni neprijatelji i dr.), a možda najviše obećavajuća mjera jest primjena pripravaka koji koriste fragmente RNA da bi omeli ekspresiju gena (sintezu proteina) u stanicama.

Iz programa mjera ruralnog razvoja neke su zemlje pripremile brojne mjere sufinanciranja takvih naprednih postupaka u integriranoj poljoprivredi, a obilato se sufinancira i ekološka poljoprivreda. Cilj svih tih mjera jest stimulirati poljoprivrednike da sredstva za zaštitu bilja koriste samo onda kad je prijeko potrebno ili da ih potpuno izbace iz primjene. Nažalost u Hrvatskoj je takvih mjera vrlo malo i one nisu adekvatne pa se predlaže da se proširenjem postojećih mjera pokušaju barem malo ublažiti posljedice novih strategija pri registraciji sredstava za zaštitu bilja.

## ZAKLJUČAK

Nova regulativa EU vezana za sredstva za zaštitu bilja ima za posljedicu veliko smanjenje broja dozvoljenih djelatnih tvari zoocida (za 40 %) i broja pripravaka (za 50 %) u odnosu na 1987. godinu. Dozvoljeni zoocidi danas djeluju s ukupno 19 mehanizama djelovanja te je na tržištu u odnosu na 1987. godinu 12 novih mehanizama djelovanja. Zabranjeni su insekticidi koji su bili dozvoljeni 1987. a djelovali su s pet mehanizama djelovanja i imali su upitna toksikološka i ekotoksikološka svojstva. Usprkos velikog broja dostupnih mehanizama djelovanja zoocida zbog uskih i vrlo preciznih dozvola suzbijanje pojedinih štetnika ograničava se na samo jednu ili dvije djelatne tvari. Dodatni problemi mogu se očekivati ako se u budućnosti provedu nove zabrane.

## ZOOCIDE MARKET IN PAST AND PRESENT: WHAT HAS CHANGED IN THE LAST 30 YEARS?

### SUMMARY

The use of plant protection products since the discovery of the first active ingredients has led to various problems that are primarily associated with

environmental pollution, disturbance of natural balance and the development of harmful organisms' resistance. There is also growing concern about the health of people who are in any way exposed to plant protection products. Following the European Commission Regulation 1107/2009, which stipulated new procedures for the registration of active ingredients (a.i.), very strict criteria for obtaining a permit for use were set for plant protection products. Many a.i. lost their license to use. At the same time, chemical companies are trying to develop new a.i. which will meet strict ecotoxicological criteria. The paper presents the changes in the zoocide market in the period from 1987 to 2018. By reviewing the literature and analysing the available data it was established that in the period of 30 years the number of permissible a.i. decreased from 93 to 59, and the number of plant protection products from 265 to 133. In comparison to 1987, when insecticides with a permit had 12 modes of action, the insecticides allowed in 2018 had 19. Over the past period, insecticides with five modes of action have lost their permit due to negative ecotoxicological properties. A large number of available modes of action should facilitate the struggle with the development of pest resistance. Application restrictions that are defined by strict permissions for most zoocides (a small number of cultures and uses), except for organophosphorus insecticides and pyrethroids, still result in a small number of appropriate plant protection products for some pests in practice. In the light of stricter restraints in the application of zoocide the question of the needs re-emerges while the profession is justified in concern for future pest control.

**Key words:** mode of action, plant protection products, active substance, zoocides

## LITERATURA

**Bažok, R.** (2018). Zoocidi. U: Prikaz sredstava za zaštitu bilja u Hrvatskoj za 2018. godinu (ur. R. Bažok). Glasilo biljne zaštite, vol. 18(1-2) Hrvatsko društvo biljne zaštite, Zagreb, 13-110.

**Bažok, R., Čačija, M., Lemić, D., Virić Gašparić, H., Drmić, Z.** (2017). Rezistentnost krumpirove zlatice na insecticide. Glasilo biljne zaštite, XVII (5), 460-468.

FIS (2018). FIS Portal- Ministarstvo poljoprivrede. dostupno na <https://fisportal.mps.hr> (Pristupljeno 15.11.2018.)

**Gotlin Čuljak, T., Juran, I., Grubišić, D., Uglješić, I., Šinjur, H.** (2017). Razvoj rezistentnosti repičina sjajnika na piretroide u europskim zemljama. Glasilo biljne zaštite, 17 (5), 446-454.

**IRAC** (2018). Insecticide Resistance Action Committee. The IRAC Mode of Action Classification. <http://www.irac-online.org/modes-of-action/> (Pristupljeno 30.5.2018.)

**Maceljski M., Hrlec G., Ostojić N., Ostojić Z.** (1987). Glasnik zaštite bilja. Zadruga štampa, Zagreb.

**Stručni rad**