

Maja ŠĆEPANOVIĆ, Valentina ŠOŠTARČIĆ, Ana PINTAR, Josip LAKIĆ, Klara BARIĆ

Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za herbologiju
mscepanovic@agr.hr

POJAVA REZISTENTNIH POPULACIJA KOROVA NA HERBICIDE INHIBITORE ACETOLAKTAT-SINTAZE U REPUBLICI HRVATSKOJ

SAŽETAK

Herbicidi inhibitori acetolaktat sintaze (ALS) koriste se u većini ratarskim i povrtnih usjeva te višegodišnjim nasadima za suzbijanje jednogodišnjih i višegodišnjih korovnih vrsta. Njihova široka upotreba, kao i povlačenja velikog broja herbicida s tržišta EU-a, doveli su do pojave rezistentnih biotipova korova na ove herbicide. Zbog gorućeg problema rezistentnosti svih štetnika na pesticide, Ministarstvo poljoprivrede financira projekt „Program monitoringa rezistentnosti štetnih organizama na sredstva za zaštitu bilja u Republici Hrvatskoj 2018-2020“ u sklopu kojeg su i u našoj zemlji potvrđene rezistentne populacije dvije korovne vrste: *Sorghum halepense* i *Ambrosia artemisiifolia*. Sustavnim provođenjem integriranog suzbijanja korova potrebno je spriječiti

Citation and similar papers at core.ac.uk

brought

mehanizam djelovanja
herbicida

UVOD

U inhibitore acetolaktat-sintaze pripadaju herbicidi koji mehanizmom djelovanja inhibiraju (ometaju) enzim acetolaktat-sintazu (ALS). Mehanizam djelovanja nekog herbicida upućuje na fiziološki proces ili molekularno mjesto djelovanja na kojemu herbicid ometa određeni fiziološki proces. Kod te skupine herbicida, enzim ALS u meristemskom tkivu osjetljivih biljnih vrsta ometa katalizu sinteze esencijalnih aminokiselina izoleucina, leucina i valina. Ovaj je enzim najviše aktivan u meristemskom tkivu, pa su prvi simptomi fitocidnog učinka te skupine herbicida vidljivi na mladom lišću biljnih vrsta.

Herbicidi tog mehanizma djelovanja (ALS herbicidi) pripadaju kemijskim skupinama: sulfonilureja, imidazolinoni, triazolopirimidini i triazoloni. Riječ je uglavnom o izrazitim translokacijskim herbicidima (kreću se i floemom i ksilemom), a ovisno o spektru djelovanja pojedinog herbicida suzbijaju jednogodišnje i višegodišnje monokotiledone (uskolisne) i dikotiledone (širokolisne) korovne vrste.

ALS herbicide koristi se u većini ratarskih usjeva, u višegodišnjim nasadima, na nekim povrtnim kulturama, pa i na nepoljoprivrednim površinama

(željezničke pruge). Tako se, primjerice, u kukuruzu redovito koristi herbicidima tifensulfuron, nikosulfuron, rimsulfuron, prosulfuron i foramsulfuron (**sulfonilureja**), florasulam (**triazolopirimidini**) te tienkarbazon-metil (**triazoloni**); u strnim žitarcima herbicidima tribenuron, amidosulfuron, jodsulfuron, tritosulfuron metsulfuron-metil (**sulfonilureja**), florasulam i piroksulam (**triazolopirimidini**), u soji se koristi tifensulfuronom i imazamoksom (**imidazolinoni**), a u šećernoj repi triflusulfuron-metilom (**sulfonilureja**).

Upravo zbog vrlo široke namjene, ali i zbog povlačenja velikog broja herbicida s tržišta EU-a, ta je skupina herbicida velik rizik jer se mogu pojaviti rezistentni biotipovi korova u nekoj populaciji. Kako u humanoj medicini, tako i u fitomedicini rezistentnost sintetičkih proizvoda značajan je problem. U svijetu je dosada dokazano 514 slučajeva rezistentnosti korova na herbicide (korovna vrsta x mehanizam djelovanja herbicida), odnosno 152 dikotiledone i 110 monokotiledonih korovnih vrsta koje su razvile rezistentnost na 23 od ukupno 26 mehanizama djelovanja herbicida (www.weedscience.org).

S obzirom na gorući svjetski problem pojave rezistentnih štetnih organizama, Ministarstvo poljoprivrede, s ciljem da se i u Hrvatskoj utvrdi zastupljenost rezistentnih populacija, financira projekt „Monitoring rezistentnih štetočinja na sredstva za zaštitu bilja u Republici Hrvatskoj“ (2018. – 2020“.)¹.

REZISTENTNOST KOROVA NA HERBICIDE

Rezistentnost, odnosno nasljedna sposobnost biotipova iste korovne vrste, unutar određene populacije da prežive tretman herbicidom, koji bi u normalnim uvjetima suzbio tu populaciju, jedan je od najvećih nedostataka kemijske zaštite bilja. Pojava postupnog prestanka učinka, inače djelotvornog herbicida, prvi je put utvrđena već potkraj pedesetih godina prošlog stoljeća. Od tada do danas problem rezistentnosti sve više raste. Taj je problem najviše izražen u prekooceanskim zemljama (SAD, Kanada, Australija, i sl.), gdje se genetski preinačeni usjevi tolerantni na herbicide masovno uzgajaju. Uzgoj tih usjeva uključuje čestu uporabu herbicida istog mehanizma djelovanja te reduciranu obradu tla, što dovodi do rastućeg broja rezistentnih biotipova korova. I u EU-u je posljednjih godina značajno porastao broj rezistentnih populacija korova, i to uglavnom zbog povlačenja većeg broja herbicida s tržišta, što posljedično dovodi do manjeg broja dostupnih herbicida, odnosno do ponovljene primjene herbicida istog mehanizma djelovanja. Upravo je učestalo korištenje herbicida istog mehanizma djelovanja glavni uzrok sve veće

¹ Program monitoringa rezistentnosti štetnih organizama na sredstva za zaštitu bilja u Republici Hrvatskoj, Ministarstvo poljoprivrede - pristupljeno 16. listopada 2020.

pojave rezistentnih biotipova populacije neke korovne vrste na određenoj poljoprivrednoj površini.

Sumnja da je na određenoj poljoprivrednoj površini došlo do razvoja rezistentnih populacija korova najprije se uočava u polju. Međutim, može doći do krivog tumačenja jer slabiji učinak herbicida nastaje i kod pogrešno odabrane dozacije, roka primjene, neusklađenosti razvojne faze korova s vremenom primjene herbicida, nepovoljnim uvjetima okoliša, nekvalitetnom aplikacijom, i sl. Tek ako su svi ti uzroci eliminirani, može se posumnjati da je određena korovna vrsta razvila rezistentnost na određeni herbicid. Sumnja je pogotovo opravdana ako su na određenoj parceli stvoreni uvjeti za pojavu rezistentnih korova, a to su:

- učestala primjena istog herbicida, odnosno herbicida istog mehanizma djelovanja

- uzak plodored (pogotovo monokultura)

- izostanak konvencionalne obrade tla.

Rizik od razvoja rezistentnosti korova na određenoj poljoprivrednoj površini postaje veći ako se manje provode antirezistentne mjere, među kojima su najvažnije: široki plodored, primjena kombinacije herbicida različita mehanizma djelovanja te uključivanja nekemijskih mjera suzbijanja korova.

Za razliku od kukaca i uzročnika bolesti, rezistentnost korova na herbicide nastaje postupno i traje relativno dugo. Svojstvo dormantnosti (mirovanja sjemena) te specifične karakteristike korovnih vrsta odgađaju nicanje u polju niz godina, što usporava ponovnu uspostavu osjetljive populacije na određenom području (Barić i Ostojić, 2017.).

REZISTENTNOST KOROVA NA ALS HERBICIDE

U svijetu je trenutačno dokazano 165 slučajeva rezistentnih korovnih vrsta na ALS herbicide, i to 101 dikotiledona i 64 monokotiledone korovne vrste. Neke od korovnih vrsta koje su razvile rezistentnost na ALS herbicide su: *Alopecurus myosuroides*, *Amaranthus retroflexus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Anthemis arvensis*, *Apera spica-venti*, *Avena fatua*, *Capsella bursa pastoris*, *Echinochloa crus-galli*, *Papaver rhoeas*, *Sorghum halepense*, i dr. Navedene vrste učestale su i važne korovne vrste i u Hrvatskoj. Od ukupnog broja utvrđenih slučajeva (514) čak je 32 % pokazalo rezistentnost na ALS inhibitore. Usporedbe radi, rezistentnost na inhibitore fotosistema II (pr. terbutilazin) iznosi 14 %, a na EPSP inhibitore (pr. glifosat) 10 % od ukupnog broja rezistentnih slučajeva. Važno je istaknuti da je to relativno nova skupina herbicida (uvedeni su u praksu oko 1985.) i da brzina pojave rezistentnih biotipova teče znatno brže nego kod drugih kemijskih skupina.

ALS inhibitori su herbicidi koji se učestalo koriste na velikom broju hektara u cijelom svijetu. Stoga i ne čudi da je već pet godina nakon što je prvi ALS

herbicid došao na tržište (1987.) utvrđena rezistentnost na korovne vrste *Lactuca serriola* i *Kochia scoparia* u savezima država Idaho i Kansas (SAD). Od tada do danas broj rezistentnih slučajeva rapidno raste, a glavni je razlog upravo učestalost korištenja tih visokoučinkovitih i ekotoksikološki povoljnih herbicida. Najčešći je razlog rezistentnosti korova na ALS herbicide rezultat zamjene pojedinačne aminokiseline u ALS enzimu koji sprječava ili reducira vezanje herbicida, što je poznato kao *target-site*, odnosno rezistentnost na molekularnom mjestu djelovanja. Dosad je u svijetu utvrđeno 26 slučajeva koji uključuju taj tip rezistentnosti supstitucije aminokiseline na osam različitih pozicija ALS gena u 50 korovnih vrsta. Drugi je tip rezistentnosti metabolička rezistentnost (*non target-site*) koja podrazumijeva više promjena u rezistentnoj vrsti uključujući različite enzime: citokrom P450 monooksigenazu, ABC transporter, glutation-S transferazu, peroksidazu i glikosiltransferazu. Kod ovog je tipa rezistentnosti korovna vrsta sposobna metabolizirati herbicid i prije nego što on iskaže biocidan učinak. Ova metabolička rezistentnost značajno je manje istražena, prije svega zbog kompleksnosti njezina dokazivanja, iako literaturni podaci potvrđuju i taj tip rezistentnosti kod nekih korovnih vrsta.

Da bi se dokazalo da je određena populacija korova razvila rezistentnost na određeni ALS herbicid, potrebno je sumnju iz polja potvrditi u laboratoriju i/ili u stakleniku. Nekoliko je metoda za dokazivanje rezistentne populacije – PCR-ALS sekvencijom gena za *target-site* i aplikacijom insekticida malationa na potencijalno rezistentne biljke za *non-target site* tip rezistentnosti te biotest-metoda. Iako su laboratorijske metode (PCR) brže i često relativno jednostavno izvedive, dokazivanje rezistentnih populacija mora se provesti i biotest-metodom. Za potpunu sigurnost o detekciji rezistentnosti kod određene korovne vrste uglavnom je potrebno provesti laboratorijske i biotest-metode, pogotovo kad se u određenoj državi prvi put utvrdi rezistentna populacija na određeni herbicid. Još početkom 2000-tih. u SAD-u su utvrđene rezistentne populacije divljeg sirka na nekoliko herbicida iz ALS skupine (nikosulfuron, foramsulfuron, primisulfuron, rimsulfuron, jodsulfuron-metil, imazamoks, i dr.) u usjevima kukuruza i soje. Istih godina u SAD-u i u Kanadi potvrđene su rezistentne populacije ambrozije na te herbicide (imazamoks, prosulfuron, primisulfuron, i dr.). I dok u Europi još nema službenih podataka o rezistentnim populacijama ambrozije na ALS herbicide, za divlji su sirak 2014. prvi put u Srbiji dokazane rezistentne populacije na te herbicide, a potom su 2015. i 2017. potvrđene u Mađarskoj i Italji (www.weedscience.org). Istraživanjima je (biotestom) dokazana visoka rezistentnost divljeg sirka na ALS herbicide, pa su, primjerice, dvije populacije iz Italije ostale nesuzbijene i s 32 puta većim dozacijama ALS herbicida (Panozzo i sur., 2017.). Molekularnim je putem također utvrđena supstitucija aminokiseline Trp₅₇₄ s aminokiselinom leucin (Panozzo i sur., 2017.). Suprotno spomenutom, u populacija iz Mađarske utvrđena je varijabilnost u jačini rezistentnosti ovisno o herbicidu, što dovodi

do zaključka da se kod tih populacija radi i o metaboličkoj rezistentnosti (*non target-site*). Još veći problemi s rezistentnim populacijama utvrđeni su u susjednoj Srbiji u kojoj je divlji sirak dominantan korov na većini poljoprivrednih površina. Na 25 testiranih populacija divljeg sirka dokazana je rezistentnost (Malidža i Rajković, 2018.). Na nekim populacijama u Banatu i Bačkoj dokazana je rezistentnost samo na herbicid nikosulfuron, a na ostalim populacijama na sve testirane ALS herbicide (sulfonilureja, imidazolinoni, triazolpirimidinai i sulfonilaminocarbonat-triazolinoni). Također, u posljednje dvije godine (2018. i 2019.) u Europi je dokazana rezistentnost na ALS herbicide na vrstama: *Apera spica-venti* (Belgija), *Capsella bursa pastoris* (Norveška) te *Galinsoga parviflora* (Francuska), također značajnim korovnim vrstama i u Hrvatskoj.

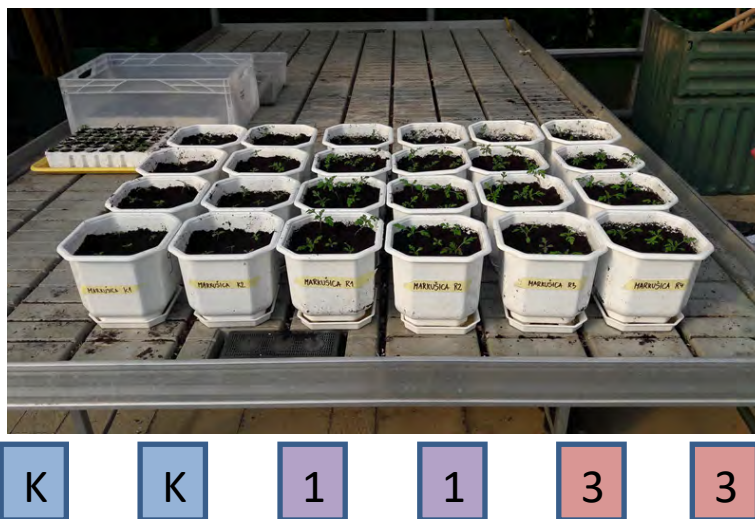
REZISTENTNOST KOROVA NA ALS HERBICIDE – STANJE U REPUBLICI HRVATSKOJ

Na području su Hrvatske prvi put 1982. godine utvrđene rezistentne populacije bijele lobode (*Chenopodium album*) na herbicid atrazin, što je bio i prvi dokazan slučaj rezistentnosti u bivšoj državi (Flegar i Ostojić, 1993.). U istim pokusima dokazana je i unakrsna rezistentnost na herbicide iz iste skupine triazina: simazin, terbutilazin, cijanazin, prometrin i ametrin. Početkom 2000. utvrđena je i rezistentnost šćira (*Amaranthus retroflexus*) i pelinolisnog limundžika (*Ambrosia artemisiifolia*) na više lokacija (Ostojić i Barić, 2017.). Ta pojava povezana je s intenzivnom primjenom tada vodećeg herbicida za suzbijanje jednogodišnjih širokolisnih korova u kukuruзу, atrazina, kao i s češćim uzgojem kukuruza u monokulturi. U Hrvatskoj se ALS herbicide koristi gotovo u svim ratarskim usjevima, koji čine preko 700 000 ha, odnosno oko 80 % obradivih površina u našoj zemlji (www.dzs.hr). Rezultati projekta² pokazuju da su prema tretiranim hektarima na prvom mjestu po potrošnji upravo ALS herbicidi. Tako je u 2017. godini s tim herbicidima bilo tretirano 527 692 hektara, što je i tri puta više od, primjerice, herbicida inhibitora diobe stanice (kloracetamidi), a čak preko šest puta više od herbicida inhibitora fotosinteze (triazini i triazinoni). Osim toga, ALS herbicide rabi se u glavnim ratarskim kulturama (kukuruz, strne žitarice, soja, šećerna repa, tolerantni suncokret), pa koristeći različite herbicide u tim kulturama koje se mijenjaju u plodoredu, a ne mijenjajući mehanizam djelovanja, plodored kao glavna antirezistentna mjera gubi značaj. S obzirom na to da je glavni razlog nastanka rezistentnosti učestala primjena herbicida istog mehanizma djelovanja, a ALS herbicide učestalo se koristi u plodoredu, pojava rezistentnih populacija, nažalost, u našoj je zemlji

² Određivanje prioritetnih područja motrenja podzemnih voda unutar intenzivnog poljoprivrednog prostora (2017. – 2019.)

očekivana i dokazana za dvije korovne vrste: *Sorghum halepense* i *Ambrosia artemisiifolia*. U sklopu projekta Ministarstva poljoprivrede³, koji se provodi od 2018. godine, prikupljaju se populacije nekoliko korovnih vrsta za koje poljoprivredni proizvođači iskažu sumnju o lošijem učinku ALS herbicida. Tako su u ovom razdoblju prikupljane populacije vrsta *Sorghum halepense*, *Amaranthus retroflexus*, *Ambrosia artemisiifolia* i *Alopecurus myosuroides* za koje je u polju utvrđen lošiji ili nepotpun učinak korištenih ALS herbicida u kukuruзу (*Sorghum halepense*), soji (*Ambrosia artemisiifolia*) i u strnim žitaricama (*Alopecurus myosuroides*). Prikupljanje potencijalno rezistentna sjemena tih vrsta provedeno je prema protokolu HRAC-a (www.hracglobal.com) tako da se s korovnih biljaka koje su preživjele tretman herbicidom sakupilo fiziološki zrelo sjeme i propisno skladištilo do trenutka provođenja testova za dokazivanje rezistentnosti. Za višegodišnje se korovne vrste, kao što je *Sorghum halepense*, za potrebe dokazivanja rezistentnosti mogu, osim sjemena, koristiti i rizomi.

U tom se projektu dokazivanje rezistentnosti provodilo biotestom, prema protokolu Panozzo i sur. (2015.), a korovne su vrste tretirane registriranom i trostruko većom dozom ALS herbicida od registrirane. Na temelju postotka preživjelih biljaka korovne su vrste klasificirane u četiri kategorije (tablica 1).



Slika 1. Biotest za dokazivanje rezistentnosti biljaka ambrozije tretiranih registriranom i trostruko većom dozom herbicida od registrirane (Foto: E. Brijačak)

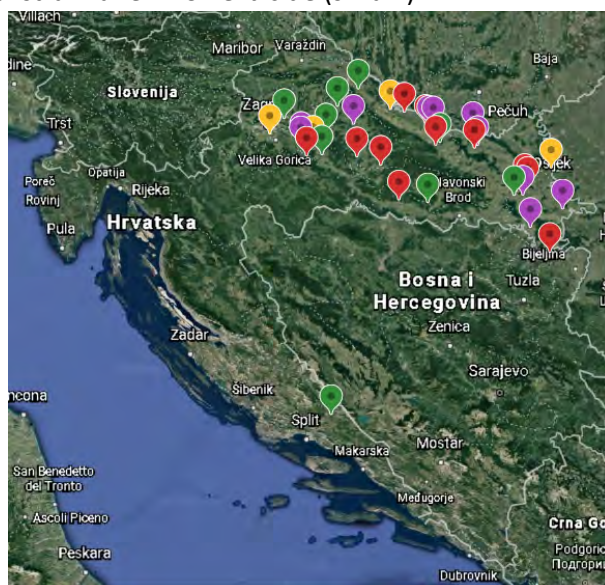
³ Program monitoringa rezistentnosti štetnih organizama na sredstva za zaštitu bilja u Republici Hrvatskoj, Ministarstvo poljoprivrede, pristupljeno 16. listopada 2020.

Tablica 1. Kriteriji za razvrstavanje korovnih vrsta u kategoriju osjetljivih (S) ili rezistentnih (R) populacija (www.hracglobal.com)

Preživljavanje biljaka (%)		
Kategorija	Doza herbicida	
	1x	3x
S	<5	-
SR	5-20	-
R	>20	-
RR	>20	>40

S – osjetljivo, SR – umjereno osjetljivo, R – rezistentno, RR – dvostruko rezistentno

Dosadašnji rezultati projekta ukazuju na to da je gotovo polovica testiranih populacija korovnih vrsta *Sorghum halepense* i *Ambrosia artemisiifolia* rezistentna na neke ALS herbicide (Novak i Novak, 2020.; Brijačak, 2020.). Na web-stranici Projekta⁴ prikazani su rezultati za 2018. godinu. Od 10 testiranih čak je šest populacija divljeg sirka visoko rezistentno na herbicid nikosulfuron. Sličan trend utvrđen je i za 2019. godinu (Novak i Novak, 2020.). Još je dramatičnija situacija s vrstom *Ambrosia artemisiifolia* jer je od 50-ak ukupno testiranih populacija u 2018. i 2019. više od 50 % rezistentno ili čak visoko rezistentno na istraživane ALS herbicide (slika 1).



Slika 2. Prikaz lokaliteta na kojima je brzim biotestom dokazivana rezistentnost vrste *Ambrosia artemisiifolia* na ALS herbicide oksasulfuron, tifensulfuron i imazamoks (zelenim su označene osjetljive (S) populacije, žutim umjereno osjetljive (SR), ružičastim rezistentne (R) i crvenim dvostruko rezistentne (RR).

⁴ https://rezistentnost-szb.hr/images/uploads/Letak_SORHA_2018.pdf

Za razliku od divljeg sirka kojemu je u Europi već dokazana rezistentnost na ALS herbicide, podataka o rezistentnim populacijama ambrozije u Europi nema. Stoga su ovi nalazi o rezistentnim populacijama ambrozije na ALS herbicide u Hrvatskoj i prvi službeni nalazi za tu vrstu u Europi (slika 2).



Slika 3. Usjev soje zakorovljen populacijom ambrozije rezistentne na herbicid okasulfuron na lokaciji Johovec (Snimila: M. Šćepanović)

Budući da do rezistentnosti dolazi zbog mutacija koje u genima kodiraju ALS enzim, a u procesu sinteze aminokiselina sprječavaju vezanje enzima, izmijenjeni enzim to čini neosjetljivim na herbicid. Unutar ALS herbicida nalaze se strukturno različiti herbicidi koji se onda mogu i različito ponašati u području vezivanja, odnosno katalize procesa. To znači da određena zamjena aminokiselina unutar područja vezivanja herbicida može rezultirati rezistentnošću na jedan, ali ne nužno i na drugi herbicid iz ALS skupine (Powles i Yu, 2010.). To znači da i proces utvrđivanja rezistentnosti mora biti specifičan za svaku skupinu herbicida. Zbog toga utvrđene rezistentne populacije divljeg sirka i ambrozije treba testirati i na ostale ALS herbicide.

Također, da bismo potpuno bili sigurni da je riječ o rezistentnim populacijama neke korovne vrste, to je potrebno dokazati i molekularnim metodama. I dok za ambroziju još nemamo laboratorijski dokazanu rezistentnost, za populaciju divljeg sirka s lokacije Dubrovčak Lijevi i molekularno je dokazana rezistentnost (Dejanović i sur., 2018.) na herbicide nikosulfuron i foramsulfuron. U Bayerovu je istraživačkom centru za rezistentnost (www.iwm.bayer.com/competencies/wrcc) iz rizoma divljeg sirka utvrđena mutacija aminokiseline TRP₅₇₄ s više od 86 %, čime je dokazana *target-site* rezistentnost. Na istoj su populaciji djelatnici Zavoda za herbologiju proveli biotest s linearno rastućim dozacijama ALS herbicida s namjerom da se utvrdi doza potrebna za suzbijanje te rezistentne populacije (slika 4). Rezultati pokazuju da divlji sirak nije suzbijen čak ni

primjenom 64 puta veće doze foramsulfurona, imazamoksa i nikosulfurona od registrirane . Primjerice, za redukciju 90 % nadzemne mase divljeg sirka potrebna je bila 75 puta veća doza nikosulfurona od registrirane (Šćepanović i sur., 2019.). Slično je istraživanje potrebno provesti i na populacijama ambrozije koje su u preliminarnim biotestovima (tretirane s jednom i tri puta većom dozom herbicida) pokazale rezistentnost na ALS herbicide. Kod ovih populacija treba molekularnim analizama utvrditi o kojemu se tipu rezistentnosti radi te biotestom ustanoviti indeks rezistentnosti, odnosno dozu herbicida koja suzbija te R-populacije.

Za razliku od divljeg sirka i ambrozije, u kojih je sumnja o slabijem učinku ALS herbicida iz polja dokazana i u laboratoriju, suprotno je dokazano za vrstu *Alopecurus myosuroides*. Naime, za spomenutu korovnu vrstu koja se učestalo pojavljuje u usjevima strnih žitarica postojala je sumnja proizvođača da je razvila rezistentnost na herbicid pinoksaden (inhibitor acetil CoA karboksilaze). Prema istoj, već opisanoj metodici, djelatnici Zavoda za herbologiju prikupili su sjeme i proveli biotest da bi dokazali rezistentnost. Rezultati su pokazali da je *Alopecurus myosuroides* osjetljiv na herbicid pinoksaden, odnosno da nije došlo do pojave rezistentnosti (Šćepanović i sur., 2019.). Daljnjim pokusima utvrđen je razlog „lošijeg“ učinka ovog herbicida u praksi, a povezan je s pogrešno odabranim vremenom primjene herbicida. Naime, poljoprivredni proizvođači vrlo često herbicide primjenjuju kasno u proljeće, istovremeno s primjenom fungicida, kada ova korovna vrsta završi s razvojnom fazom u kojoj je osjetljiva na herbicide (busanjem). Iz ovoga je primjera najbolje vidljivo da se svaki izostanak učinka herbicida ne može odmah povezati s nastankom rezistentnosti, nego je rezistentnost potrebno dokazati metodama opisanima u ovom radu.

Kod korovne vrste *Amaranthus retroflexus* također nije dokazana rezistentnost na ALS herbicide, a i poljoprivredni proizvođači nisu zamijetili ni posumnjali da je ta korovna vrsta manje osjetljiva na ALS herbicide.





Slika 4. Rezistentna populacija divljeg sirka s lokaliteta Dubrovčak Lijevi tretirana linearno rastućim (od $\frac{1}{2}$ do 64 x veća doza od registrirane) dozacijama herbicida foramsulfurona (gore), imazamoksa (sredina) i nikosulfurona (dolje)
(Snimila: M. Ščepanović)

Otkriće rezistentnih populacija u Republici Hrvatskoj velik je problem za cjelokupnu biljnu proizvodnju. Rezistentne populacije divljeg sirka potvrđene u usjevu kukuruza opasnost su i za ostale usjeve zakorovljene tom korovnom vrstom, a u kojima se koriste ALS herbicidi. Još su veći problem utvrđene rezistentne populacije ambrozije, i to iz nekoliko razloga. Prvo, ambrozija je najzastupljenija širokolisna korovna vrsta okopavinskih usjeva Hrvatske (Šarić i sur., 2011.). Drugo, za suzbijanje ambrozije u usjevu soje u *post-emergence* roku primjene nema alternativnih herbicida jer se suzbijanje donedavno obavljalo isključivo ALS herbicidima (okasulfuron, tifensulfuron i imazamoks). I treće, rezistentne populacije ambrozije svakako su potencijalni problem i u drugim okopavinskim usjevima gdje se redovito koriste ALS herbicidi (kukuruz, tolerantni suncokret, strne žitarice). Stoga je u daljnjim istraživanjima potrebno testirati te populacije na sve ALS herbicide koje se koristi u ratarskim i povrtnim kulturama.

S obzirom na sve to, nužna je hitna primjena svih antirezistentnih mjera kako bi se usporilo daljnje širenje rezistentnih populacija. Za razliku od ostalih štetnih organizama, rezistentnost u korovnih vrsta relativno sporo nastaje, ali kada se utvrde rezistentne populacije, potrebno je i nekoliko desetljeća da se sve vrati u početno (nerezistentno) stanje. Uglavnom, tako je zbog toga što je dormantno sjeme korova sposobno u tlu jako dugo zadržati vijabilnost. Također, s obzirom na ograničenu mobilnost korovnih vrsta, rezistentnost je uglavnom specifična za određeno polje, odnosno za određenog poljoprivrednog proizvođača i njegov način gospodarenja. Zbog toga je jako važno da poljoprivredni proizvođači gospodare na pravilan način, odnosno da kvalitetno provode sve preventivne mjere, da integrirano suzbijanje korova provode uključivanjem i nekemijskih mjera suzbijanja, da uzgajaju kulture u što širem plodoredu te u plodoredu da izmjenjuju herbicide različita mehanizma djelovanja.

ZAKLJUČAK

Herbicidi inhibitori acetolaktat-sintaze najčešće su korišteni herbicidi u ratarskim i povrtnim kulturama. Učestala primjena tih herbicida rezultirala je pojavom rezistentnih populacija korova i u našoj zemlji. Utvrđene su rezistentne populacije divljeg sirtka i ambrozije na ALS herbicide, što je ujedno prvi dokaz rezistentnosti ambrozije na ALS herbicide u Europi. Potrebno je spriječiti daljnje širenje rezistentnih populacija sustavnim provođenjem integriranog suzbijanja korova. Uz izmjenu herbicida u plodoredu potrebno je detaljno provoditi preventivne mjere, a suzbijanje korova nadopuniti i ostalim, nekemijskim, mjerama borbe.

APPEARANCE OF RESISTANT WEED POPULATION ON ACETOLACTATE SYNTHASE HERBICIDES IN THE REPUBLIC OF CROATIA

SUMMARY

Acetolactate Synthase Herbicides (ALS) are the most frequently used herbicides in arable and permanent crops to control annual and perennial weed species. Their widespread use and the withdrawal of a large number of herbicides from the EU market have led to the emergence of herbicide-resistant weeds. Due to the urgent problem of resistance of all pests to pesticides, the Ministry of Agriculture is funding the project "Resistance Monitoring Programme Harmful Organisms for Pesticides in the Republic of Croatia 2018-2020", which will confirm the resistance of two weed species *Sorghum halepense* and *Ambrosia artemisiifolia* on ALS herbicides. The

systematic implementation of integrated weed control requires preventing the further spread of resistant populations.

Key words: *Ambrosia artemisiifolia*, *Sorghum halepense*, soybean, maize, herbicide mode of action

LITERATURA

Barić, K., Ostojić, Z. (2017.) Opis problema rezistentnosti korova na herbicide. Glasilo biljne zaštite, 17(5), 485 – 493.

Brijačak, E., Šoštarčić, V., Pintar, A., Lakić, J., Barić, K. (2020.). Prvi dokazi rezistentnosti ambrozije na ALS herbicide u Republici Hrvatskoj i Europi. Zbornik Sažetaka 64. Seminara biljne zaštite, Opatija, 19-20.

Dejanović, R., Sambolek, H., Topolovec, D. (2018.). Rezistentnost korova *Sorghum halepense* na herbicide iz skupine inhibitora acetolaktat sintaze (als) i integrirani pristup u suzbijanju. Glasilo biljne zaštite, 6, 542-549.

Heap, I. The International Herbicide-Resistant Weed Database. Dostupno na: www.weedscience.org. Pristupljeno 16. listopada 2020.

<https://www.iwm.bayer.com/competencies/wrcc>. Pristupljeno 28. listopada 2020.

https://www.dzs.hr/Hrv_Eng/ljetopis/2018/sljh2018.pdf. Pristupljeno 16. listopada 2020.

<https://hracglobal.com/>. Guideline to the Management of Herbicide Resistance. Pristupljeno 23. listopada 2020.

Malidža, G., Rajković, M. (2018.). Rezistentnost korova na herbicide u Srbiji sa predlogom mera za ublažavanje rezistentnosti. Zbornik radova sa savetovanja Rezistentni korovi i tolerantni usevi na herbicide: stanje i perspektive. Novi Sad. 21-35.

Novak, N., Novak, M. (2020.). Rezultati testiranja osjetljivosti divljeg sirka i oštrodlakavog šćira na nikosulfuron. Zbornik sažetaka 64. Seminara biljne zaštite, Opatija, 20-21.

Ostojić, Z., Barić, K. (2017.). Povijest istraživanja rezistentnosti korova na herbicide u Hrvatskoj. Glasilo biljne zaštite, 17(5): 500-505.

Panozzo, S., Scarabel, L., Collavo, A., Sattin, M. (2015.). Protocols for Robust Herbicide Resistance Testing in Different Weed Species. J. Vis. Exp., (101), e52923, doi: 10.3791/52923.

Powles, S. B., Yu, G. (2010.). Evolution in action: plants resistant to herbicides. Annu Rev Plant Biol, 61, 317-347.

Šćepanović, M., Ostojić, Z., Bogat, F., Dejanović, R., Pintar, A., Šoštarčić, V., Lakić, J., Barić, K. (2019.). Dokazivanje rezistentnosti divljeg sirka na ALS herbicide biotest metodom. Zbornik sažetaka 63. Seminara biljne zaštite, Opatija, 22-23.

Šćepanović, M., Pintar, A., Lakić, J., Brijačak, E. (2020.). Varijacije u učinku

pinoksadena na mišji repak-rezistentnost ili pogrešno odabrano vrijeme primjene? Zbornik sažetaka 64. Seminara biljne zaštite, Opatija, 18-19.

Šarić T., Ostojić Z., Stefanović L., Deneva Milanova S., Kazinczi G., Tyšer L. (2011.). The changes of the composition of weed flora in southeastern and central europe as affected by cropping practices. *Herbologia*, 12, 8-12.

Stručni rad