



(snimio: N. Novak, 2019)

REZISTENTNOST DIVLJEG SIRKA (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) NA NIKOSULFURON I NOVI PRISTUPI SUZBIJANJU

Nenad Novak, Maja Novak

Zagreb, svibanj 2024.

SADRŽAJ

UVOD	1
ZNAČENJE REZISTENTNOSTI	2
DIVLJI SIRAK (<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.).....	2
REZISTENTNOST DIVLJEG SIRKA NA HERBICIDE U SVIJETU.....	4
REZISTENTNOST DIVLJEG SIRKA NA NIKOSULFURON U REPUBLICI HRVATSKOJ.....	4
ANTIREZISTENTNA STRATEGIJA	9
MJERE KADA REZISTENTNOST NIJE PRISUTNA.....	9
MJERE KADA JE REZISTENTNOST PRISUTNA.....	10
LITERATURA.....	15

UVOD

Za bolje razumijevanje problematike rezistentnosti korova na herbicide, potrebno je definirati usko povezane pojmove „spektar djelovanja herbicida“, „tolerantnost“ i „rezistentnost“.

Spektar djelovanja herbicida je popis korovnih vrsta koje herbicid suzbija. Niti jedan herbicid ne suzbija sve korovne vrste i učinkovitost se razlikuje od vrste do vrste. Neke korovne vrste vrlo dobro suzbija, druge suzbija djelomično, neke nedovoljno dok na neke nema nikakvog vidljivog učinka. Naprimjer, cikloksidim je herbicid koji vrlo dobro suzbija velik broj korovnih vrsta iz porodice trava. Takve herbicide zovemo graminicidi. Cikloksidim ne suzbija širokolisne vrste poput bijele lobode (*Chenopodium album* L.) i ambrozije (*Ambrosia artemisiifolia* L.) jer mu nisu u spektru djelovanja tj. tolerantne su na cikloksidim.

Za razliku od tolerantnosti gdje herbicid nikada nije djelovao na neku korovnu vrstu, rezistentnost korova na herbicide je pojava kod koje **djelotvorni herbicid postupno gubi učinak**, sve dok učinak potpuno ne izostane. Naprimjer, spomenuti cikloksidim učinkovito suzbija korovnu vrstu piriku (*Elymus repens* (L.) Gould). Međutim, vremenom se učinak počne smanjivati sve dok u nekom trenutku potpuno ne izostane. Korovna vrsta nastavlja s rastom i nakon tretiranja najvišom odobrenom količinom herbicidnog sredstva. Pirika je rezistentna na herbicid cikloksidim.

Postoje dvije teorije na koji način dolazi do rezistentnosti korova na herbicide. Prema prvoj teoriji, svakom primjenom herbicidnog sredstva prežive prirodno otporne (rezistentne) jedinke osjetljivih vrsta koje su u populaciji malobrojne i neprimjetne. Tijekom duljeg korištenja istog herbicida većina osjetljivih jedinki bit će suzbijena dok će one rezistentne preživjeti, osjemeniti se i prenijeti svoja svojstva na iduću generaciju. Učestalom primjenom herbicida istog mehanizma djelovanja provodi se nenamjerana selekcija u korist rezistentnih jedinki koje su iz godine u godinu sve brojnije, na kraju prevladaju, a sredstvo postane neučinkovito.

Druga teorija zastupa stajalište da dugotrajna primjena istog herbicida (ili herbicida istog mehanizma djelovanja) kod nekih jedinki može izazvati mutaciju na molekularnom mjestu djelovanja herbicida, što rezultira razvojem rezistentnosti. Takve jedinke imaju sposobnost brze prilagodbe okolišu u kojem žive, s ultimativnim ciljem preživljavanja i prilagodbe novonastalim situacijama. U svakoj populaciji u prirodi prevladavaju osjetljive jedinke, dok su mutirane jedinke malobrojne i neprimjetne ili ih uopće nema. Omjer se značajno mijenja u korist mutiranih jedinki isključivo ljudskim djelovanjem i na kraju može rezultirati potpunim izostankom herbicidnog učinka.

I u jednom i u drugom slučaju, pojava rezistentnosti posljedica je selekcijskog pritiska na korovne vrste. U oba slučaja, **uzrok pojave rezistentnosti je česta primjena herbicida istog mehanizma djelovanja**.

U Republici Hrvatskoj nikad nisu provedena sustavna praćenja pojave rezistentnosti korova na herbicide, niti su predlagane sustavne mjere upravljanja. U razdoblju od 2018. do 2021. proveden je projekt „*Monitoring rezistentnosti štetnih organizama na sredstva za zaštitu bilja u Republici Hrvatskoj*“ u okviru kojeg su provedena opsežna istraživanja, a jedan dio rezultata nalazi se u ovoj brošuri. Dobiveni podaci o rezistentnim korovnim populacijama su u najmanju ruku zabrinjavajući. Više podataka o projektu dostupno je na adresi <https://rezistentnost-szb.hr>. U okviru spomenutog Projekta dokazana je rezistentnost divljeg sirka (*Sorghum halepense* (L.) Pers.), te rezistentnost pelinolisnog limundžika (ambrozije) na isti mehanizam djelovanja herbicida.

Od pronalaska novog herbicida, što je izuzetno dugotrajan proces, pa do dobivanja dozvole za stavljanje na tržište herbicidnog sredstva, potrebno je provesti brojna istraživanja kojima će se isključiti neprihvatljiv rizik za tla, podzemne i površinske voda, zrak, korisne i neciljane organizme, primjenitelja sredstva te konzumenata konačnog proizvoda. Istovremeno, to isto herbicidno sredstvo mora imati odgovarajuću učinkovitost i zadovoljavajuću selektivnost tj. mora biti sigurno za usjev u kojem se primjenjuje. Vrlo zahtjevan, težak, naporan, skup i

dugotrajan proces u kojem treba tražiti odgovor zašto nema novih herbicida (mekanizama djelovanja) i zašto, uzročno-posljedično, rezistentnost postaje sve veći problem.

Ograničenost u izboru herbicida utječe na zaštitu pojedinih kultura, a time i na odluke poljoprivrednih proizvođača u različitim sferama poljoprivredne proizvodnje. S druge strane, proizvođači sredstava za zaštitu bilja ulažu velike napore i financijska sredstva u pronalazak novih rješenja, kako kemijskih, tako i nekemijskih (nove metode fizikalnih, bioloških, mehaničkih mjera suzbijanja korova). Obzirom na problem rezistentnosti i sve zahtjeve koji su stavljeni ispred proizvođača sredstava za zaštitu bilja, nove tehnologije i pristupi (pametni strojevi, umjetna inteligencija, digitalne aplikacije za determinaciju korova, robotska kontrola korova i dr.) polako će preuzimati primat i u skoroj budućnosti postati realnost zaštite bilja.

Cilj ove brošure je „osvještavanje“ problema rezistentnosti tj. upoznavanje interesnih skupina s uzrocima sve većeg problema rezistentnosti u svijetu, aktivnostima i stanjem u RH, s problemom rezistentnosti divljeg sirka na herbicid nikosulfuron te davanje smjernica poljoprivrednim proizvođačima što i kako dalje, uz nove poglede i pristupe suzbijanju korova.

ZNAČENJE REZISTENTNOSTI

Pojava rezistentnosti korova u polju znači značajno smanjenje, a u nekim slučajevima i izostanak učinkovitih mjera suzbijanja korova herbicidima, posebno kod pojave rezistentnosti na veći broj herbicida istog mehanizma djelovanja (unakrsna ili *cross* rezistentnost) ili veći broj mehanizama djelovanja (višestruka ili *multipla* rezistentnost). U praksi pojava rezistentnosti postaje jedan od glavnih nedostataka kemijskog načina suzbijanja korova i predstavlja značajan problem na svjetskoj razini. Problem rezistentnosti korova na herbicide prati se sustavno na globalnoj razini, a za to je odgovorna međunarodna organizacija Akcijski odbor za rezistentnost na herbicide (HRAC - *Herbicide Resistance Action Committee*). Na mrežnim stranicama HRAC-a javno su dostupne brojne informacije i podaci (www.hracglobal.com) kao i validirane metode dokazivanja rezistentnosti koje su korištene u dokazivanju rezistentnosti divljeg sirka na herbicide u Republici Hrvatskoj. U okviru HRAC-a dostupna je i međunarodna baza podataka korova rezistentnih na herbicide (www.weedscience.org). Prema dostupnim podacima iz travnja 2024. u svijetu je dokazano 530 slučajeva rezistentnosti. Ukupno su 272 korovne vrste razvile rezistentnost na 21 mehanizam djelovanja herbicida, od 31 postojećeg. Rezistentnost je utvrđena za čak 168 različitih herbicida u 100 različitih usjeva.

Europska organizacija za zaštitu bilja (EPPO - *European Plant Protection Organization*) razvija standarde u svim područjima biljne zaštite i karantene te je od 2023. dostupna EPPO baza podataka za slučajeve rezistentnosti (EPPO Database on Resistance Cases <https://resistance.eppo.int>). U sklopu EPPO-a djeluje Radna skupina stručnjaka za rezistentnost na sredstva za zaštitu bilja (EPPO Expert Working Group on Resistance to Plant Protection Products) koja je zadužena za ocjenu prijavljenih slučajeva rezistentnosti.

DIVLJI SIRAK (*Sorghum halepense* (L.) Pers.)

Divlji sirak (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) (Slika 1) je višegodišnja uskolisna korovna vrsta podrijetlom iz Azije i sjeverne Afrike. Pripada porodici trava (Poaceae). Termofilna (toploljubiva) je vrsta kojoj biološki minimum klijanja sjemena iznosi 10-12 °C. Biljka razvija snažan podanak (rizom) iz čijih pupova izrastaju novi izdanci. Vlati su uspravne i glatke. Plojke su široke 1-2 cm s istaknutom žilom u sredini i hrapavim nazubljenim rubom. Iz donjih nadzemnih koljenaca stabljike, sirak je sposoban stvoriti takozvano zračno ili potporno korijenje, koje služi kao potpora ili oslonac nadzemnom djelu, ali prodiranjem u vršni sloj tla sudjeluje u upijanju vodu i hranjiva.

Divlji sirak može rasti na različitim tipovima tala, od pjeskovitih preko srednje teških do glinenih tala, iako mu za rast najviše odgovaraju plodna i lakša tla. Podnosi i zaslanjena tla. Cvate od lipnja do rujna. Prema osobnim zapažanjima, često nadraستا kukuruz koji zakorovljuje i naraste do 4 m visine (Slika 2). Jedna biljka u sezoni proizvede 1500 – 1800 sjemenki. Osim sjemenom, širi se i snažnim podankom što predstavlja problem kod suzbijanja. Naime, kod biljaka poniklih iz rizoma nije dovoljno suzbiti samo nadzemni dio biljke i spriječiti osjemenjivanje. Cilj suzbijanja treba biti podanak što uvjetuje primjenu sistemskih (translokacijskih) herbicida.



Slika 1. Divlji sirak (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) u kukuruzu (snimio: N. Novak, 2020)

Ova vrsta je rangirana kao šesti najgori korov na svijetu. Zakorovljuje 30 različitih usjeva u 53 zemlje, te je širom svijeta široko naturaliziran na milijunima hektara.

U Hrvatskoj je divlji sirak najznačajnija višegodišnja travna korovna vrsta okopavinskih usjeva kao što su kukuruz, soja, suncokret i šećerna repa. Zakorovljuje i krumpir, proljetne povrtnje kulture te višegodišnje nasade, a nerijetko i brojna ruderalna staništa poput prometnica, kanala, nasipa i dr. Smatra se invazivnom vrstom.

REZISTENTNOST DIVLJEG SIRKA NA HERBICIDE U SVIJETU

Rezistentnost divljeg sirka prvi puta je dokazana 1991. u SAD-u gdje je fluazifop-P-butil izgubio učinak na divlji sirak u soji. Fluazifop-P-butil je graminicid koji, prema klasifikaciji HRAC-a, pripada ACC inhibitorima (HRAC 1). Do sada je divlji sirak razvio rezistentnost na velik broj herbicida različitih mehanizama djelovanja, a to su:

- HRAC 1 (ACC inhibitori), bivša HRAC A
- HRAC 2 (ALS inhibitori), bivša HRAC B
- HRAC 3 (inhibitori sklapanja mikrotubula), bivša HRAC K1
- HRAC 9 (inhibitori EPSP sintaze), bivša HRAC G

U HRAC 1, osim spomenutog fluazifop-P-butila, pripadaju brojni graminicidi kojima je dokazana rezistentnost, a u Hrvatskoj su u širokoj primjeni. To su fenoksaprop-P-etil, propakizafop, kizalofop-P-etil i kletodim. U HRAC 2 pripadaju sulfonilureja herbicidi i imidazolinoni koji su u Hrvatskoj u primjeni u velikom broju kultura. Rezistentnost divljeg sirka dokazana je herbicidima nikosulfuron, foramsulfuron, rimsulfuron, imazamoks i piroksulam. Najpoznatiji i široko primjenjivani herbicidi na koje je divlji sirak također razvio rezistentnost su pendimetalin (HRAC 3) i glifosat (HRAC 9).

U Argentini 2015. i Srbiji 2018. dokazana je višestruka (multipla) rezistentnost divljeg sirka na herbicide različitih mehanizama djelovanja. U Argentini je utvrđena rezistentnost jedne populacije divljeg sirka istovremeno na kletodim, haloksifop-metil i glifosat (HRAC 1 i HRAC 9), a u Srbiji na fluazifop-P-butil i nikosulfuron (HRAC 1 i HRAC 2).

REZISTENTNOST DIVLJEG SIRKA NA NIKOSULFURON U REPUBLICI HRVATSKOJ

Prvo sustavno istraživanje rezistentnosti divljeg sirka na herbicide u Republici Hrvatskoj provedeno je u razdoblju od 2018. do 2021. Testirano je 38 populacija divljeg sirka s ciljem utvrđivanja rezistentnosti na nikosulfuron. Iako djeluje i na neke jednogodišnje širokolisne korove, nikosulfuron je herbicid namijenjen suzbijanju jednogodišnjih i višegodišnjih uskolisnih korova u kukuruzu. Prema našim zapažanjima, nikosulfuron je najčešće korišteni herbicid u kukuruzu. Pripada skupini sulfonilureja herbicida koji su inhibitori ALS-a (enzim acetolaktat sintaza koji sudjeluje u sintezi aminokiselina). Kako je prethodno navedeno, prema HRAC klasifikaciji pripada u skupinu 2.

Za potrebe provođenja testova osjetljivosti prikupljeno je zrelo sjeme različitih populacija divljeg sirka koje su preživjele tretman herbicidnim sredstvom na osnovi nikosulfurona (Slika 2). Za potrebe kontrolne varijante u testovima osjetljivosti, sjeme je prikupljeno na ruderalnim površinama na kojima nikada nisu primijenjena herbicidna sredstva. Prikupljeno sjeme je očišćeno od nečistoća i prosušeno na filter-papiru (Slika 3). Iz očišćenog, prosušenog i neoštećenog sjemena uzgojene su biljke divljeg sirka u cvjetnim lončićima. Kada su biljke bile u stadijima razvoja 2 - 4 lista (Slika 4) tretirane su sredstvom na osnovi aktivne tvari nikosulfuron u dozama 60 g/ha (N doza) i 180 g/ha (3N doza). Rezultati su očitani brojanjem preživjelih biljaka (Slike 5. - 8).



Slika 2. Biljke divljeg sirka (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) u optimalnom stadiju za prikupljanje sjemena (snimio: N. Novak, 2018)



Slika 3. Sušenje sjemena divljeg sirka (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) na filter-papiru (snimila: Maja Novak, 2018)



Slika 4. Biljke divljeg sirka (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) prije tretiranja herbicidnim sredstvom na osnovi nikosulfurona (snimio: N. Novak, 2019)

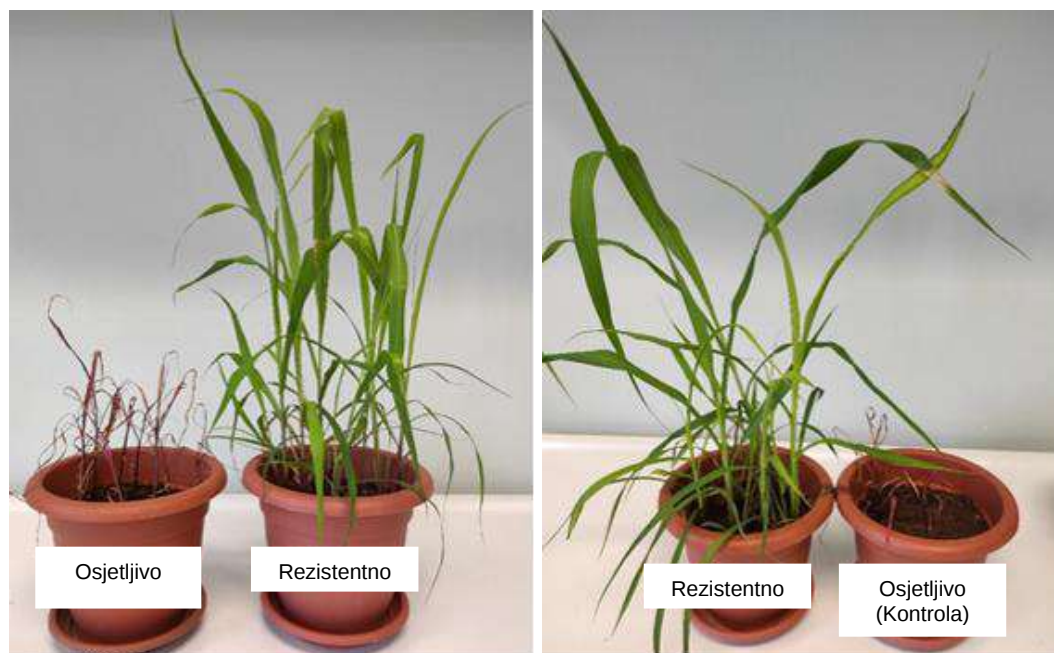
Rezistentnost je utvrđena kod 18 populacija divljeg sirka, u sljedećim županijama i na sljedećim lokacijama (Karta 1):

- Brodsko-posavska županija – Sibinj, Slobodnica
- Koprivničko-križevačka županija – Đelekovec, Gotalovo
- Osječko-baranjska županija – Bijelo Brdo, Tenja
- Sisačko-moslavačka županija – Jezero Posavsko, Hrastelnica, Lijeva Luka, Mahovo
- Vukovarsko-srijemska županija – Borovo 1, Borovo 2, Tompojevci, Tovarnik
- Zagrebačka županija – Suša, Novaki Oborovski, Lijevi Dubrovčak, Suša

Napomena (!): Visok udio rezistentnih populacija u odnosu na testirane (47,4%), upućuje na široku rasprostranjenost problema rezistentnosti i na drugim lokalitetima, koji nisu obuhvaćeni monitoringom (moguće i kod drugih korovnih vrsta i na druge mehanizme djelovanja).

Poražavajuće i zabrinjavajuće rezultate potencira činjenica da su inhibitori ALS-a jedini herbicidi namijenjeni suzbijanju višegodišnjih uskolisnih korova u kukuruzu, a to je skupina korova kojoj pripada divlji sirak. Za tu namjenu, u Republici Hrvatskoj, registrirani su nikosulfuron koji je korišten u našim pokusima te rimsulfuron i foramsulfuron. Sva tri navedena herbicida pripadaju istoj skupini i istog su mehanizma djelovanja (Tablica 1). Iz tog razloga postoji velika mogućnost da su populacije divljeg sirka kojima je dokazana rezistentnost na nikosulfuron, istovremeno rezistentne i na rimsulfuron i foramsulfuron tj. da je došlo do pojave unakrsne ili *cross* rezistentnosti. Navedeno nas dovodi do zaključka da u Republici Hrvatskoj ne postoji herbicidno rješenje za suzbijanje ALS-rezistentnog divljeg sirka u kukuruzu. Situacija je tim gora kad uzmemo u obzir činjenicu da je rezistentne korove, jednom kad se pojave u polju, gotovo nemoguće iskorijeniti. Zabranom i posljedičnim povlačenjem s tržišta velikog broja herbicidnih sredstava, zbog ograničenog izbora i čestih uzastopnih primjena dostupnih herbicidnih sredstava (mehanizama djelovanja), problem rezistentnosti će s vremenom sve više rasti, osobito iz razloga što poljoprivredni proizvođači

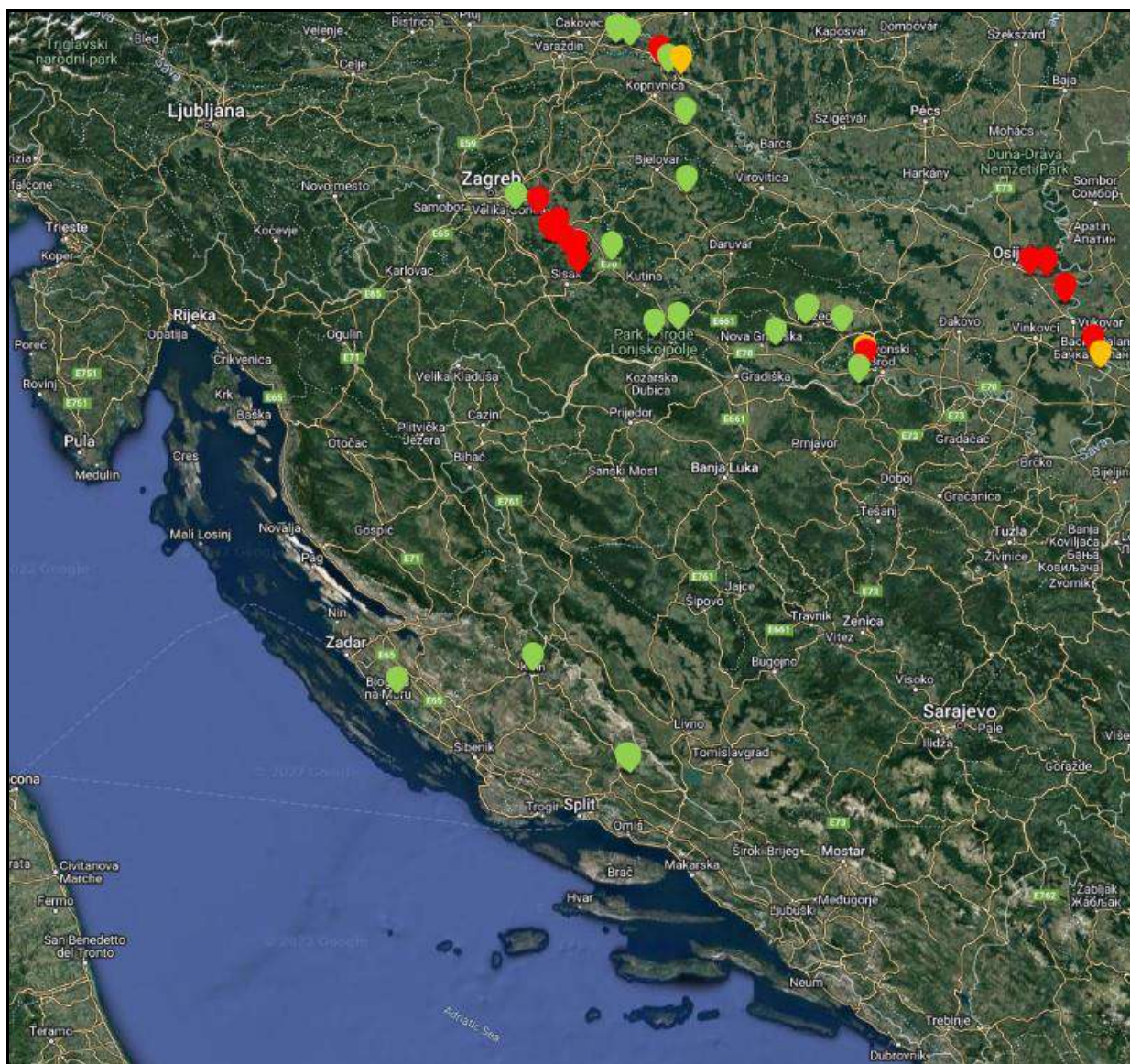
nisu dovoljno educirani o spomenutom problemu i mnogi u programe zaštite nisu ili su nedovoljno uključili mjere antirezistentnih strategija.



Slike 5. i 6. Osjetljive i rezistentne biljke divljeg sirka (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) u vrijeme očitavanja (snimila: Maja Novak, 2019)



Slike 7. i 8. Osjetljive i rezistentne biljke divljeg sirka (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) u vrijeme očitavanja, u sredini kontrolna varijanta (snimila: Maja Novak, 2019)



Karta 1. Prostorni raspored lokaliteta i oznake osjetljivosti za aktivnu tvar nikosulfuron tijekom razdoblja istraživanja (■ visoko rezistentne populacije divljeg sirka; ■ rezistentne populacije divljeg sirka; ■ umjereno rezistentne populacije divljeg sirka; ■ osjetljive populacije divljeg sirka)

ANTIREZISTENTNA STRATEGIJA

MJERE KADA REZISTENTNOST NIJE PRISUTNA

U slučaju kada rezistentnost nije prisutna potrebno se pridržavati preventivnih mjera za sprječavanje pojave rezistentnih populacija korova. Preventivne mjere su sljedeće:

- **Integrirani pristup suzbijanju korova** koji podrazumijeva primjenu svih raspoloživih mjera u borbi protiv korova (mehaničke, fizikalne, biološke te kemijske mjere). Bit integrirane zaštite je *integracija* svih raspoloživih mjera suzbijanja. Takav pristup je potreban obzirom da se korovi, zbog svoje specifične biologije i brze prilagodbe na razne pritiske i ekološke čimbenike, lako prilagode i počnu pružati otpor mjerama suzbijanja.
- **Kombinacija mjera suzbijanja.** Jedan od primjera je u širokorednim usjevima primjenu herbicida obaviti prskanjem u red usjeva, a međuredno obaviti kultivaciju (*band aplikacija*). Kombinacijom mehaničkih i kemijskih mjera suzbijanja moguće je značajno smanjiti unos herbicida u okoliš, a istovremeno usporiti razvoj rezistentnosti korova na herbicide.
- **Racionalna primjena herbicida.** Ako se primjena herbicida obavlja širom, preporuka je iste primijeniti nakon nicanja korova i usjeva (post-em). U tom roku moguće je racionalno primijeniti herbicide, sukladno načelima integriranog suzbijanja: temeljem korovne flore, broja i razvojnih stadija korova, primijeniti odgovarajuću količinu (dozu) herbicida na pravo mjesto i u pravo vrijeme.
- **Čitanje i pridržavanje svih uputa i ograničenja na etiketama herbicidnih sredstava.** Na etiketama herbicidnih sredstava navedeni su kriteriji potrebni za postizanje optimalne učinkovitosti (količina koje je potrebno primijeniti obzirom na prisutne korovne vrste, stadiji razvoja korova u kojima su najosjetljiviji i dr.), koja je potrebna za usporavanje razvoja rezistentnosti. Pored brojnih informacija, etiketa svakog sredstva za zaštitu bilja sadrži i točku *Strategija sprječavanja pojave rezistentnosti*.
- **Mijenjanje herbicida različitih mehanizama djelovanja.** Vrlo važna mjera za čije provođenje je potrebno znanje o mehanizmima djelovanja primijenjenih herbicida i vođenje evidencije tj. dnevnika prskanja.
- **Kvalitetna primjena** (aplikacija) herbicidnih sredstava, koja podrazumijeva redovne servise strojeva, baždarenje prskalica, mijenjanje sapnica (diza) i dr., jednako je važna kao izbor herbicidnog sredstva.
- **Izbjegavanje monokulture.** Pored mnogih koristi koje proizlaze iz prostorne i vremenske izmjene usjeva na poljoprivrednoj proizvodnoj površini, širok plodored je ujedno i sredstvo usporavanja razvoja rezistentnosti korova na herbicide.
- **Sjetva pokrovnih usjeva.** Mnogi pokrovni usjevi svojim kompetitivnim i alelopatskim svojstvima mogu inhibirati rast korova. Pokrovni usjevi mogu se koristiti kao mrtvi ili živi malč te se sijati samostalno ili u smjesi nekoliko vrsta iz više različitih porodica. Dobar su izbor kao preventivna mjera, ali i kod pojave rezistentnih populacija.
- **Sprječavanje osjemenjivanja korova** je cilj koji se nastoji postići u borbi protiv korova, a svakako je i jedna od mjera antirezistentne strategije. Korovi osjemenjivanjem povećavaju rezervu sjemena u tlu. Korovne vrste proizvode velik broj sjemena koje može niknuti više godina pa i desetljeća nakon osjemenjivanja.
- **Suzbijanje korova na strništu.** U Republici Hrvatskoj strništa su vrlo često pravi rasadnici korova (Slika 9). Način suzbijanja ovisi o korovnoj flori. Preporuka je nekemijsko suzbijanje što će smanjiti unos herbicida u okoliš, a istovremeno usporiti razvoj rezistentnosti korova na herbicide. Mehaničko ili fizikalno suzbijanje je djelotvorno kod jednogodišnjih korovnih vrsta. U slučaju zakorovljenosti višegodišnjim

vrstama, bolja učinkovitost će se postići primjenom registriranih translokacijskih (sistemičnih) herbicida. Neovisno o načinu, suzbijanje svakako obaviti prije osjemenjivanja korova.



Slika 9. Strnište u potpunosti zakorovljeno divljim sirkom (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) (snimio: N. Novak, 2020)

- **Povremeno odmaranje zemlje od intenzivne proizvodnje** (ugar) te redovito malčiranje u svrhu sprečavanja osjemenjivanja korova i iscrpljivanja podzemnih organa višegodišnjih korova poput divljeg sirka, poljskog osjaka, pirike, običnog ladoleža, gaveza, poljskog slaka i dr. Kod mehaničkog suzbijanja višegodišnjih korova ne frezati. Frezanje usitnjava i razbacuje podzemne organe višegodišnjih korova što pogoduje njihovom širenju.
- **Podizanje higijene polja na najvišu razinu** što podrazumijeva čišćenje strojeva i opreme prilikom prelaska s jedne parcele na drugu, košnju rubnih dijelova parcela, međa, puteva, kanala i dr.
- **Praćenje pojave rezistentnih populacija korova.** U slučaju smanjene učinkovitosti herbicidnog sredstva koje je adekvatno primijenjeno, uz poštivanje svih uputa za primjenu, dojaviti stručnim službama kao sumnju na pojavu rezistentnosti.

MJERE KADA JE REZISTENTNOST PRISUTNA

U slučaju pojave i utvrđivanja rezistentnosti korova na herbicide u nekom polju, istu je nemoguće u potpunosti iskorijeniti. Raznim mjerama moguće ju je kontrolirati i usporiti njen daljnji razvoj te ju staviti u razumne okvire. Mjere ove antirezistentne strategije imaju za cilj upravljanje rezistentnim populacijama korova, u ovom slučaju divljeg sirka.

Najvažnija mjera - **na površinama na kojima su utvrđene rezistentne populacije divljeg sirka potrebno je izbjegavati primjenu ALS herbicida.** Obzirom da u kukuruzu nema herbicidnog rješenja za višegodišnje uskolisne korove, uključujući i ALS rezistentne

populacije divljeg sirka, preporuka je **izbjegavanje sjetve kukuruza**. Trenutno su u Republici Hrvatskoj za suzbijanje jednogodišnjih uskolisnih korova registrirani herbicidi iz skupine kloracetamida (S-metolaklor, dimetenamid-p, petoksamid), pendimetalin i tembotrion. Svi nabrojani herbicidi su različitih mehanizama djelovanja i učinkovito će suzbiti ALS-rezistentne biljke divljeg sirka ponikle iz sjemena. Međutim, biljke divljeg sirka ponikle iz rizoma biti će zaustavljene u rastu, ali neće biti suzbijene.

Kloracetamidi i pendimetalin primjenjuju se nakon sjetve, a prije nicanja (pre-em primjena) ili nakon nicanja do 3 lista kukuruza (rana post-em primjena). Tembotrion se primjenjuje nakon nicanja do 8 listova kukuruza (kasna post-em primjena) što je bolja opcija kod suzbijanja divljeg sirka (kasnija primjena, manja ovisnost o teksturi i pripremi tla te padalinama) i u kombinaciji s dobrim sklopom i konkurentnošću usjeva kukuruza, može rezultirati zadovoljavajućom učinkovitošću. Za postizanje optimalne učinkovitosti, zemljišne (rezidualne) herbicide potrebno je primijeniti na dobro obrađeno tlo bez gruda, a folijarne u osjetljivim stadijima razvoja korova te se držati svih uputa navedenih na etiketi herbicidnog sredstva.

Herbicidi iz HRAC 1 skupine (inhibitori acetil-koenzim A karboksilaze) su tipični graminicidi koji će uspješno suzbiti većinu jednogodišnjih i višegodišnjih uskolisnih korova, uključujući i ALS rezistentne populacije divljeg sirka. U Republici Hrvatskoj registriran je veliki broj herbicidnih sredstava iz ove skupine, na osnovi fluazifop-P-butila, kizalofop-P-tefurila i etila, propakizafopa, cikloksidima, kletodima, pinoksadena. Nabrojani herbicidi registrirani su u velikom broju usjeva, ali ne i u kukuruzu.

Na hrvatskom tržištu dostupan je i kukuruz tolerantan na cikloksidim. Cikloksidim je graminicid iz navedene HRAC 1 skupine koji će pravilnom i pravovremenom primjenom suzbiti jednogodišnje i višegodišnje uskolisne korove, uključujući i ALS rezistentne populacije divljeg sirka. Međutim potreban je **OPREZ** jer pretjeranom primjenom herbicida iz HRAC 1 skupine postoji mogućnost razvoja rezistentnosti i na ovu skupinu herbicida!

Suzbijanje korova na strništu je opća mjera borbe protiv korova koja se može provesti na više načina. Na strništu na kojem nikne divlji sirak, ali i drugi višegodišnji korovi, preporuka je primijeniti **herbicidno sredstvo na osnovi glifosata**. U slučaju da u korovnoj flori na cijeloj površini prevladavaju višegodišnje korovne vrste, primjenu je potrebno obaviti „širom“ (Slika 10). Međutim, u slučaju da je dio površine slobodan od višegodišnjih korova, jednako učinkovita je kombinacija metoda suzbijanja, s ciljem smanjenja unosa herbicida u okoliš i usporavanjem razvoja rezistentnosti korova na glifosat. Sukladno načelima integrirane zaštite bilja, preporuka je herbicidnim sredstvom prskati samo „otoke“ višegodišnjih korova, a ostatak korovne flore suzbiti mehanički. U slučaju da vremenske prilike nisu povoljne za djelovanje herbicida (suša, vrućina), preporuka je u škropivo dodati sredstvo za poboljšanje učinka herbicidnog sredstva.

Glifosat je totalni herbicid koji pripada HRAC 9 skupini i potpuno je drugačijeg mehanizma djelovanja od spomenutih herbicida iz skupina HRAC 1 i HRAC 2. Kako je prije navedeno, na svaku od ovih skupina je već dokazana rezistentnost divljeg sirka, tako da zaštitu treba planirati vodeći računa o mehanizmima djelovanja herbicida s ciljem sprečavanja razvoja rezistentnosti.

Napomena: površine koje su zakorovljene divljim sirkom, ali i drugim višegodišnjim korovima, ni u kojem slučaju ne treba frezati. Frezanje usitnjava i razbacuje podzemne organe višegodišnjih korova što pogoduje njihovu širenju.



Slika 10. Divlji sirak na strištu nakon primjene herbicidnog sredstva na osnovi glifosata (snimio: N. Novak, 2018)

Pored svega navedenog potrebno je **pratiti pojavu i proširenost (rezistentnih) populacija divljeg sirka**, osobito u područjima u kojima su utvrđene rezistentne populacije. U slučaju smanjene učinkovitosti herbicidnog sredstva koje je primijenjeno uz poštivanje svih uputa za primjenu, dojaviti stručnim službama kao sumnju na rezistentnost. Ova uputa odnosi se na sve herbicide učinkovite na divlji sirak, ne samo na inhibitore ALS-a. Postoji realna mogućnost da u Republici Hrvatskoj egzistiraju populacije divljeg sirka rezistentne na druge herbicide i druge mehanizme djelovanja.

U Tablici 1. navedeni su svi herbicidi, HRAC skupine kojima pripadaju i mehanizmi djelovanja herbicidnih sredstava registriranih u RH, učinkovitih na divlji sirak iz rizoma. Odobrenje za primjenu imaju su još neka sredstva koja su kombinacija herbicida navedenih u tablici (npr. nikosulfuron+rimsulfuron).

Tablica 1. HRAC skupina i mehanizam djelovanja herbicidnih sredstava registriranih u RH učinkovitih na divlji sirak iz rizoma

HRAC skupina	Mehanizam djelovanja	Herbicid	Herbicidno sredstvo	Kultura
1	inhibitori enzima acetil koenzim A karboksilaze koji sudjeluje u sintezi masnih kiselina	fluazifop-P-butil	FUSILADE FORTE, FREQUENT, DIPOL, FUSILADE MAX	velik broj širokolisnih kultura, ovisno o sredstvu
		kizalofop-P (etil i tefuril)	LEOPARD 5 EC, GRAMINIS 05 EC, PANTERA QT, PANTERA EXPERT, QUIZ 5 EC, ZAMZAR, QUICK 5 EC, TREPACH, TARGA, WISH TOP, SECURE, GRASSER	
		propakizafop cikloksidim	AGIL 100 EC, ZETROLA	
			FOCUS ULTRA*	
		kletodim	SELECT SUPER, VEXTADIM 240 EC	
2	inhibitori ALS-a (enzim acetolaktat sintaza) koji sudjeluje u sintezi aminokiselina	nikosulfuron	MOTIVELL, KELVIN 40 SC, VICTUS OD, NICOGAN 40 OD, NICOSH, NICO 4 SC, TALON, NIC 4 OD, MOTIVELL EXTRA 6 OD, TALISMAN, INNOVATE 240 SC, MARVEL, MILAGRO, STRETCH, ASTRAL 40 OD, SOUVERIAN OD	kukuruz za zrno (neki i kukuruz za silažu, ovisno o sredstvu)
			TAROT 25 DF, PLAZA, TRAWEL, MAGNUM, TASK 64 WG, PRINCIPAL 53,6 WG, PRINCIPAL PLUS 66,5 WG, RINIDI WG, RINCON 25 SG	kukuruz za zrno (neki i kukuruz za silažu, rajčica, krumpir, ovisno o sredstvu)
		foramsulfuron	EQUIP, MONSOON ACTIVE	kukuruz za zrno (neki i kukuruz za silažu, ovisno o sredstvu)
			CONVISO ONE	samo ALS tolerantni kultivari šećerne repe
9	inhibitori enzima EPSP sintaze koji sudjeluje u sintezi aminokiselina	glifosat	OURAGAN SYSTEM 4, BOOM EFEKT, CIDOKOR PLUS, CIDOKOR MAX, ROUNDUP RAPID, SATELITE, ROUNDUP BIACTIVE, CATAMARAN 360, GLIFOKOR 360 TF, HERKULES, TOTAL TF, TOTAL UP, GLYPHOGAN, RODEO PLUS, NASA, GLISER ULTRA, KARDA, BARBARIAN XTRA 610, GALLUP SUPER 480, GLYFOON 480, GALAXIA MAX, SINGLIF	strnište (široko područje primjene, ovisno o sredstvu)

* ima dozvolu za primjenu u kukuruzu tolerantnom na cikloksidim

Iz tablice je vidljiv velik broj herbicidnih sredstava istog mehanizma djelovanja. Mijenjanjem imena sredstva, aktivne tvari sredstva ili kulture u kojoj se sredstvo primjenjuje, ne mijenja se mehanizam djelovanja.

Na tržištu Republike Hrvatske u opticaju su i brojna kombinirana sredstva koja sadrže kombinacije dva ili više herbicida, npr. kombinacija nikosulfurona i mezotriona ili kombinacija nikosulfurona, rimsulfurona i dikambe. Trenutno registrirana kombinirana sredstva koja u sebi sadrže herbicid(e) iz HRAC 2 skupine su PRINCIPAL 53,6 WG, PRINCIPAL PLUS 66.5 WG, CYNTEL 51 WG, NIKITA, RINIDI WG, MILAGRO PLUS, VICTUS OD, SPANDIS, SOUVERAIN OD, COREY, ELUMIS. Sve navedene upute i mjere antirezistentnih strategija jednako vrijede i za sva kombinirana sredstva koja u sebi sadrže jedan ili više herbicida iz skupine 2 (inhibitor ALS-a).



(snimio: N. Novak, 2020)

LITERATURA

Bokulić, A., Budinščak, Ž., Čelig, D., Deždek, B., Hamel, D., Ivić, D., Novak, M., Mrnjavčić Vojvoda, A., Nikl, N., Novak, N., Novaković, V., Pavunić Miljanović, Z., Peček, G., Poje, I., Prpić, I., Rehak, T., Ševar, M., Šimala, M., Turk, R. (2015). Priručnik za sigurno rukovanje i primjenu sredstava za zaštitu bilja. Ministarstvo poljoprivrede i Hrvatski centar za poljoprivredu, hranu i selo – Zavod za zaštitu bilja

Hrvatsko društvo biljne zaštite (2023). Pregled sredstava za zaštitu bilja u Hrvatskoj za 2023. godinu. Glasilo biljne zaštite 1-2

Hulina, N. (1998). Korovi. Školska knjiga, Zagreb

Knežević, M. (2006). Atlas korovne, ruderalne i travnjačke flore. Poljoprivredni fakultet Osijek

Macelj, M., Cvjetković, B., Igrc Barčić, J., Ostojić, Z. (2002). Priručnik iz zaštite bilja, drugo dopunjeno izdanje. Zavod za zaštitu bilja u poljoprivredi i šumarstvu Republike Hrvatske i Hrvatsko društvo biljne zaštite

Nikolić, T., Mitić, B., Boršić, I. (2014.). Flora Hrvatske: invazivne biljke, Alfa d.d., Zagreb

Peerzada, Arslan & Ali, Hafiz Haider & Hanif, Zarka & Bajwa, Ali & Kebaso, Lynda & David, Frimpong & Iqbal, Nadeem & Namubiru, Halima & Hashim, Saima & Rasool, Ghulam & Manalil, Sudheesh & Meulen, Annemieke & Chauhan, Bhagirath. (2017). Eco-biology, impact, and management of *Sorghum halepense* (L.) Pers.. Biological Invasions.

Weber, E. (2005). Invasive Plant Species of the World. Geobotanical Institute, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Switzerland

<https://fis.mps.hr/fis/javna-trazilica-szb>

<https://gospodarski.hr/rubrike/zastita-bilja/alternativni-nacini-suzbijanja-korova/>

<https://www.hracglobal.com/>

www.weedscience.org