

КОРИШЋЕЊЕ ПЕСТИЦИДА У БИЉНОЈ ПРОИЗВОДЊИ
И ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

SERBIAN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS

SCIENTIFIC MEETINGS

Book CLXXXI

DEPARTMENT OF CHEMICAL AND BIOLOGICAL SCIENCES

Book 16

USE OF PESTICIDES IN PLANT PRODUCTION AND ENVIRONMENTAL PROTECTION

Accepted at the VIII meeting of the Department of Chemical and Biological Sciences
on February 22, 2019

Editors

Academicians

DRAGAN ŠKORIĆ

MARKO ANĐELKOVIĆ

BELGRADE 2019

СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ

НАУЧНИ СКУПОВИ

Књига CLXXXI

ОДЕЉЕЊЕ ХЕМИЈСКИХ И БИОЛОШКИХ НАУКА

Књига 16

КОРИШЋЕЊЕ ПЕСТИЦИДА У БИЉНОЈ ПРОИЗВОДЊИ И ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

Примљено на VIII скупу Одељења хемијских и биолошких наука
од 22. фебруара 2019. године

Уредници
академици

ДРАГАН ШКОРИЋ
МАРКО АНЂЕЛКОВИЋ

БЕОГРАД 2019

Издаје
Српска академија наука и уметности
Кнеза Михаила 35, Београд

Технички уредник
Никола Сивановић

Лектор и коректор
Тања Рончевић

Превод резимеа
Ауџори

Тираж 500 примерака

Штампа
Планета ѝриниј, Београд

© Српска академија наука и уметности 2019

ОРГАНИЗАЦИОНИ ОДБОР
академик Драган Шкорић, председник
академик Марко Анђелковић
академик Драган Мицић
проф. др Драгана Божић
др Горан Малица
Вера Батина, секретар

САДРЖАЈ
CONTENTS

ПРЕДГОВОР	9
Васкрсија Јањић ИСТОРИЈАТ И ЗНАЧАЈ ПРИМЕНЕ ПЕСТИЦИДА У БИЉНОЈ ПРОИЗВОДЊИ	11
Vaskrsija Janjić HISTORY AND IMPORTANCE OF PESTICIDE APPLICATION IN THE PLANT PRODUCTION	32
Мирјана Лалошевић, Жељко Миловац, Горан Малица, Весна Жупунски, Стеван Маширевић, Радивоје Јевтић ПРИМЕНА ПЕСТИЦИДА У РАТАРСТВУ	33
Mirjana Lalošević, Željko Milovac, Goran Malidža, Vesna Župunski, Stevan Maširević, Radivoje Jevtić PESTICIDE USE IN FIELD CROPS	51
Емил Рекановић, Милош Степановић, Светлана Милијашевић Марчић, Ивана Поточник ПРИМЕНА ПЕСТИЦИДА У ПОВРТАРСТВУ	53
Emil Rekanović, Miloš Stepanović, Svetlana Milijašević Marčić, Ivana Potočnik PESTICIDE APPLICATION IN VEGETABLE PRODUCTION	69
Новица М. Милетић ПРИМЕНА ПЕСТИЦИДА У ВОЂАРСТВУ	71
Novica M. Miletic APPLICATION OF PESTICIDES IN FRUIT GROWING	83
Мара Табаковић-Тошић ПРИМЕНА ПЕСТИЦИДА У ШУМАРСТВУ	85
Mara Tabaković-Tošić THE APPLICATION OF PESTICIDES IN FORESTRY	96
Петар Кљајић, Горан Андрић, Маријана Пражић Голић ПРИМЕНА ПЕСТИЦИДА У ЗАШТИТИ УСКЛАДИШТЕНИХ ПРОИЗВОДА	99
Petar Kljajić, Goran Andrić, Marijana Pražić Golić APPLICATION OF PESTICIDES IN STORED PRODUCT PROTECTION	118

Алекса Обрадовић ИНТЕГРАЛНА ЗАШТИТА БИЉА – ПРЕДУСЛОВ ОДРЖИВЕ ПРОИЗВОДЊЕ	119
Aleksa Obradović INTEGRATED PLANT PROTECTION – A PRECONDITION FOR SUSTAINABLE PRODUCTION	130
Александар Седлар УРЕЂАЈИ ЗА ПРИМЕНУ ПЕСТИЦИДА	131
Aleksandar Sedlar CONDITIONING PESTICIDE APPLICATION	145
Ивана Теодоровић УТИЦАЈ ПЕСТИЦИДА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ	147
Ivana Teodorović ENVIRONMENTAL IMPACT OF PESTICIDES	160
Горан Малица, Васкрсија Јањић РЕЗИСТЕНТНОСТ КОРОВА НА ХЕРБИЦИДЕ	161
Goran Malidža, Vaskrsija Janjić HERBICIDE-RESISTANT WEEDS	180
Милан Стевић РЕЗИСТЕНТНОСТ ГЉИВА НА ФУНГИЦИДЕ	181
Milan Stević FUNGICIDE RESISTANCE	195
Дејан Марчић РЕЗИСТЕНТНОСТ АРТРОПОДА НА ИНСЕКТИЦИДЕ И АКАРИЦИДЕ	197
Dejan Marčić ARTHROPOD RESISTANCE TO INSECTICIDES AND ACARICIDES	214
Петар Булат, Стефан Мандић-Рајчевић ЗДРАВСТВЕНИ РИЗИЦИ УСЛЕД ПРИМЕНЕ ПЕСТИЦИДА	217
Petar Bulat, Stefan Mandić-Rajčević HEALTH RISKS OF PESTICIDE USE	226
Драгица Бркић, Нешко Нешкович ЗАКОНСКА РЕГУЛАТИВА У ОБЛАСТИ СРЕДСТАВА ЗА ЗАШТИТУ БИЉА	229
Dragica Brkić, Neško Nešković LEGISLATION ON PLANT PROTECTION PRODUCTS	251

Мирослав Ивановић	
ПОСТУПАЊЕ СА АМБАЛАЖНИМ ОТПАДОМ	
ОД СРЕДСТАВА ЗА ЗАШТИТУ БИЉА	253
Miroslav Ivanović	
MANAGEMENT OF EMPTY CROP PROTECTION PRODUCT	
CONTAINERS	267
Горан Алексић, Мира Старовић, Светлана Живковић, Слободан Кузмановић	
ЗНАЧАЈ ПРОГНОЗНО-ИЗВЕШТАЈНЕ СЛУЖБЕ	
У СУЗБИЈАЊУ ШТЕТНИХ ОРГАНИЗАМА У ПОЉОПРИВРЕДИ	269
Goran Aleksić, Mira Starović, Svetlana Živković, Slobodan Kuzmanović	
THE IMPORTANCE OF THE DISEASES FORECASTING SERVICE	
IN THE HARMFUL ORGANISMS CONTROL IN AGRICULTURE	285
ИЗВОДИ ИЗ ДИСКУСИЈЕ	287
ЗАКЉУЧЦИ	289
КОМЕНТАР	295

ПРЕДГОВОР

Актуелност проблематике развоја пољопривреде, као једног од стратешких праваца привредног развоја Србије, чији је саставни део и биљна производња, па тиме и употреба пестицида, уз недвосмислена опредељења за очување и унапређење природне средине и очување биодиверзитета, представљали су основни мотив да Академијски одбор за село и Академијски одбор „Човек и животна средина“ Српске академије наука и уметности организују 13–14. новембра 2018. године у Свечаној сали САНУ научно-стручни скуп под називом: „Коришћење пестицида у биљној производњи и заштита животне средине“.

Јавно мњење, здравствене организације и организације за заштиту животне средине, и у свету и код нас, већ дуго времена забрињава интензивна примена пестицида због њиховог утицаја на здравље људи (акутна и хронична токсичност, генотоксичност, мутагеност, оштећења нервног и имуног система), утицаја на животну средину (контаминација воде, земљишта и хране токсичним резидуима) и ефеката на биодиверзитет. Та забринутост расте са објективним спознавањем комплексности и мултидимензионалности проблематике везане за примену пестицида и заштите средине у најширем значењу те речи, као и здравља људи. Развијају се нове стратегије заштите биља, као што су истраживања у области биолошке контроле у ужем смислу, откривање и синтеза нових селективних и еколошки прихватљивих пестицида и генетичко инжињерство, а у домену заштите животне средине поставља се концептуални оквир, развоја методологија и моделовање у еколошкој процени ризика од пестицида.

Циљ овог скупа био је да обезбеди плодотворну размену компетентних мишљења о свим релеватним проблемима у оквиру тематике скупа, где је пружена прилика једном делу стручњака из одговарајућих дисциплина да изнесу своје респектабилно знање и искуства и предложе могуће правце развоја и решења актуелних проблема из ове области.

Током дводневног рада скупа саопштено је 16 научно-стручних радова. Комплексно су обрађени пестициди и њихово коришћење у позитивном смислу, као и дилеме и негативности које проузрокују за човека, биљке и животну средину, односно екосистем.

Скуп је почео детаљним историјским прегледом и значајем примене пестицида у биљној производњи; потом је детерминисана примена пестицида у ратарству, повртарству, воћарству и шумарству, а проблематика заштите ускладиштених производа је темељно обрађена, са акцентом на интегралној заштити биља, као предуслову одрживе производње. Значајан простор посвећен је уређајима за примену пестицида. Прецизно и методично је обрађена тема утицаја пестицида на животну средину, истакавши значај резистентности појединих корова на пестициде, резистентност гљива на фунгициде и резистентност артропода на инсектициде и акарициде. Значајан простор посвећен је здравственим ризицима по човека због погрешне примене пестицида. Изложена је и коментарисана законска регулатива у области заштите биља. Посебно је обрађена тема поступања са амбалажом средстава за заштиту биља.

На основу изложених реферата и публикованих радова евидентна је чињеница да наша земља поседује веома квалитетан научни и стручни кадар, способан да са успехом целовито решава проблематику везану за коришћење пестицида. Анализирајући све приказане радове, констатујемо да аутори успешно прате промене у производњи и примени пестицида, као и увођење пестицида са новим формулацијама који безбедније обезбеђују њихову примену у заштити људи, биљака, животиња и животне средине у целини.

Целовитим сагледавањем изнете проблематике, уз услов да се све предложено адекватно примени у пракси, у практичном коришћењу пестицида не би требало да буде већих проблема. Ово изискује перманентну обуку наших произвођача, посебно у области примене нових пестицида. Стога је важно да Зборник радова са овог скупа буде, директно или индиректно (преко стручњака), доступан сваком произвођачу. У овом трансферу знања посебно место припада стручњацима у пољопривредно-стручним службама, што уједно претпоставља њихову перманентну едукованост и информисаност о свим новинама у овој области.

Користимо ову прилику да се посебно захвалимо ауторима, учесницима скупа, на квалитетним радовима, а посебно на илустративним и сугестивним презентацијама и припремљеним радовима за публикавање, чиме су омогућили да се успешно реализује циљ овог скупа – указивање на општа кретања у области пестицида и њихове адекватне и безбедне примене.

Академик Драган Шкорић,
председник Академијског одбора за село САНУ

Академик Марко Анђелковић,
председник Академијског одбора „Човек и животна средина“ САНУ

РЕЗИСТЕНТНОСТ КОРОВА НА ХЕРБИЦИДЕ

ГОРАН МАЛИЦА*, ВАСКРСИЈА ЈАЊИЋ**

С а ж е т а к. – Резистентност корова је последица смањене разноврсности начина сузбијања корова, интензивне вишегодишње примене хербицида истог механизма деловања, непоштовања плодореда, ослањања пољопривредних произвођача највише или искључиво на хербициде уз постављање других мера сузбијања корова. Ово има за последицу губитке приноса због слабије ефикасности у сузбијању корова, повећану употребу хербицида ради постизања задовољавајуће ефикасности, поскупљења производње и негативних последица по животну средину. Корови могу развити резистентност према једном или неколико хербицида истог или различитих механизма деловања. Резистентност може бити заснована на промени у месту деловања хербицида или другом механизму. Ради се о сложеном феномену за чије је утврђивање потребно применити сложене методе и технике. На глобалном нивоу је развијена резистентност на хербициде скоро свих механизма деловања, а највећи број случајева резистентности и највеће економске штете су регистровани у државама са развијенијом пољопривредом. Највише потврђених случајева су биотипови корова резистентни на инхибиторе ацетолатат синтетазе (АЛС), а затим следе инхибитори фотосинтезе у фотосистему II, инхибитори ацетил коензим А карбоксилазе (АЦЦ-азе), инхибитори 5-енолпирувилшкимат-3-фосфат синтетазе (ЕПСФС) итд. Резистентност корова је немогуће спречити али је могуће успорити ширење ове појаве и свести је на прихватљив ниво. Еволуција резистентности корова можда је најјача покретачка снага у трагању за хербицидима нових механизма деловања, нових технологија у сузбијању корова и промовисање најбоље праксе за одрживу производњу усева. Одавно је потврђено да резистентност није проблем хербицида или генетичког инжењеринга, већ је проблем понашања корисника хербицида. У вези са тим намећу се питања како смањити ризик и одложити појаву резистентности, како реаговати у случајевима када се сумња или када је потврђено присуство резистентних корова у пољу? Опште препоруке за управљање резистентношћу односе се на смањење селекционог притиска и ризика разноврсношћу мера у сузбијању корова, при чему хербициди представљају последњу опцију.

Кључне речи: корови, хербициди, резистентност, антирезистентна стратегија

* Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад, goran.malidza@ifvcns.ns.ac.rs

** Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука

УВОД

Савремена биљна производња била би незамислива без употребе хербицида. Као пример значаја хербицида указује податак да би се производња усева у Сједињеним Америчким Државама смањила за 20%, чак и са заменом хербицида механичким сузбијањем корова. Процењено је да за ефикасно сузбијање корова само у САД-у, хербициди обављају посао за који би било потребно ангажовати 70 милиона радника годишње [1]. Иако великог економског значаја, забрињавајуће делује чињеница да већ три деценије на светском тржишту нема хербицида са новим механизмом деловања и да се не очекују значајније промене у скорој будућности [2] (график 1). У производњи хране за нарастајућу хуману популацију у будућности неће бити дозвољени губици проузроковани коровима. Ово ће повећавати значај хербицида, као важног ресурса савремене конвенционалне биљне производње, који је потребно заштити, због поменутог споријег увођења у праксу хербицида са новим механизмима деловања и великог изазова и претње од резистентности корова. Одавно је процењено да је резистентност корова на хербициде велика глобална претња и изазов у производњи хране за нарастајућу хуману популацију.

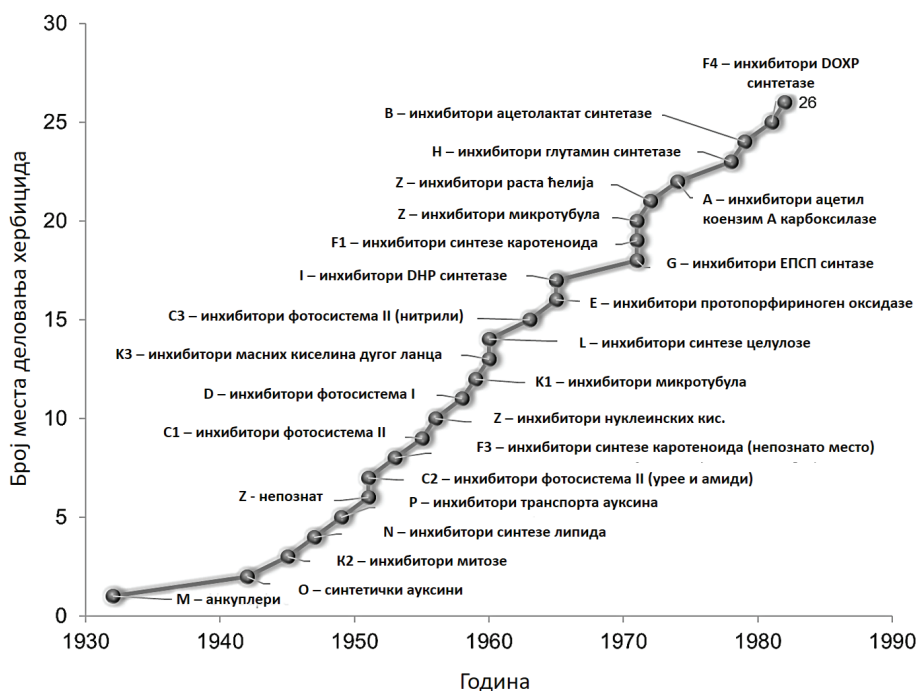


График 1. Годиње увођења на тржиште хербицида нових механизма деловања хербицида [2]

Резистентност је наследно својство настало као природни еволуциони одговор корова на селекциони притисак од стране леталног агенса, тј. хербицида. Открива се углавном када је велики проценат (обично >30%) популације резистентан на неки хербицид. Према дефиницији Америчког удружења за испитивање корова (Weed Science Society of America, WSSA) резистентност корова на хербициде је наследна способност биљке да преживи и репродукује се после примене дозе хербицида која је летална за биљке осетљиве популације [3]. Према другој дефиницији, резистентност коровских биљака на хербициде дефинисана је као наследна способност биотипа у популацији корова да преживи и репродукује се после примене хербицида на који је, у нормалним условима, изворна популација била осетљива. Другим речима, сматра се да је коров резистентан уколико се раније ефикасно сузбијао одређеним хербицидима, а после извесног временског периода њихове примене то више није могуће [4]. У биљци, резистентност може бити природно или изазвана таквим техникама, као што су генетски инжењеринг или селекција варијанти произведених културом ткива или мутагенезом. Осетљив биотип корова јесте онај који не може преживети примену препоручене дозе хербицида, а толерантан коров је онај који никада није било могуће сузбити употребом хербицида. Другим речима, толерантност на хербициде такође је наследна способност неке врсте да преживи и репродукује се након третмана хербицидом. За разлику од резистентности, то подразумева да није било селекције или генетичке манипулације како би биљка била толерантна, односно она је увек била природно толерантна [3].

Резистентности коровских биљака на хербициде има за последицу губитке приноса због слабије ефикасности у сузбијању корова, повећану употребу хербицида ради постизања задовољавајуће ефикасности, поскупљења производње и смањења економске исплативости примене хербицида и негативних последица по животну средину. Због ове појаве јавља се потреба за изналажењем нових хербицида са другачијим механизмом деловања, за чији су проналазак, синтезу, тестирања и индустријску производњу потребна огромна средства и високообучен кадар.

МЕХАНИЗМИ РЕЗИСТЕНТНОСТИ КОРОВА НА ХЕРБИЦИДЕ

Захваљујући спонтаним мутацијама које су редовна појава у природи, корови се прилагођавају на селекциони притисак хербицида као стресног чиниоца. Важно је истаћи да хербициди не изазивају ове мутације, већ их само откривају. Ово значи да у свакој популацији корова могу бити или се развити биљке резистентне на поједине хербициде, а резистентни биотипови могу доминирати у популацији корова уколико се ови хербициди користе више пута на истом пољу. Поред резистентности, чести су други потенцијални разлози неуспешног сузбијања корова хербицидима, које је потребно одвојити од феномена резистентности на хербициде [5].

Механизам резистентности је израз који се користи за описивање специфичних процеса који омогућавају биљци да преживи примену хербицида. Хербициди инхибирају специфичне ензиме, а одабране мутације омогућују замену аминокиселине на месту деловања, смањујући могућност везивања хербицида и инхибицију процеса који се контролише ензимом. За место где се хербициди везују унутар ензимског каталитичког места, веома мали број мутација обезбеђује резистентност уз истовремено задржавање функционалности ензима. Тамо где се хербицид веже за ензим даље од каталитичког места, може бити већи број мутација које обезбеђују резистентност. Резистентност се све више јавља због механизма који ограничавају хербициде да дођу до примарног места деловања. Механизми резистентности су подељени у две категорије, тако да популације корова могу бити резистентне услед промена осетљивости кључног места деловања хербицида или изван кључног места деловања хербицида (промене метаболизма хербицида у биљкама и др.), као и оба поменута механизма. Резистентност, заснована на кључном месту деловања, представља облик структурне промене на месту деловања хербицида, што има за последицу промену осетљивости ензима или неког протеина. Ово подразумева да се хербицид више неће моћи везати за кључно место деловања, омогућавајући биљци да преживи третман хербицида. Резистентност која није заснована на месту деловања хербицида користи се да опише механизме, осим промена на месту деловања, а који омогућавају појединачној биљци да преживе примену хербицида. Потенцијални механизми обухватају смањену апсорпцију, транслокацију и активацију хербицида, а побољшану детоксификацију и промене у интра или интер-ћелијској компартментализацији хербицида [5, 6, 7].

Корови могу развити резистентност према једном или неколико хербицида истог или различитог механизма деловања. Експресија механизма који пружа коровској биљци способност да издржи различите хербициде исте и различитих хемијских класа истог механизма деловања назива се укрштена резистентност. Може бити заснована на промени у месту деловања хербицида или другом механизму. За разлику од претходног, испољавање више од једног механизма резистентности, чиме се обезбеђује биљци да издржи примену хербицида из различитих хемијских класа различитих механизма деловања, назива се вишеструка резистентност [8]. Вишеструко резистентне биљке корова могу поседовати два или више различитих механизма резистентности [5].

ФАКТОРИ ОД КОЈИХ ЗАВИСИ БРЗИНА РАЗВОЈА РЕЗИСТЕНТНОСТИ КОРОВСКИХ БИЉАКА

Резистентност на хербициде може бити присутна у појединачним биљкама популације корова пре прве примене хербицида. Неколико фактора, укључујући биологију и генетику врсте корова, особине хербицида посебно

механизам деловања, као и кључне карактеристике агроекосистема и примене хербицида, утичу на развој резистентности корова на хербициде. У природи постоје сложени механизми којима се одржава и развија једна створена резистентна популација коровских биљака. Својим деловањем хербициди утичу на стварање резистентних популација коровских биљака, а тај утицај остварује се селекцијом организама па се и назива селекциони притисак. Брзина стварања резистентних биотипова или селекциони притисак зависи од: количине хербицида која се примењује, учесталости примене хербицида, стабилности хербицида у земљишту и на биљкама, површине која се третира, начина примене хербицида, интродукције осетљивих биотипова и др. Резистентност не представља проблем док резистентне индивидуе немају значајније учешће у популацији корова. У неким случајевима то се дешавало за кратко време после увођења хербицида. Хербициди, из различитих хемијских група и различитог механизма деловања, могу се значајно разликовати у погледу ризика за развој резистентности корова (табела 1). Инхибитори АЛС ензима су се до сада показали као најризичнија хемијска група у односу на феномен резистентности, затим следе хербициди инхибитори фотосистема II, потом инхибитори АЦЦ-азе, инхибитори ЕПСПС ензима, синтетички ауксини итд. (график 2) [5, 9].

Табела 1. Број потребних година примене хербицида за развој резистентности код корова [9]

Група хербицида по HRAC-у	Година примене хербицида	Ризик од изазивања резистентности
A	6–8	висок
B	4	висок
C	10–15	средњи
D	10–15	средњи
F	10	средњи
I	непознато	низак
L	>15	низак
M	15	низак

ОТКРИВАЊЕ И ПОТВРДА РЕЗИСТЕНТНОСТИ КОВОРА НА ХЕРБИЦИДЕ

Резистентност је сложен феномен за чије је утврђивање потребно применити сложене методе и технике. Многе од ових метода укључују целе биљке, а неке само поједине органе, ткива, органеле и/или ензиме. Различити хербициди могу утицати на различите процесе, тако да су методе и процедуре које се примењују за утврђивање резистентности зависне од природе деловања хербицида. Да би правилно потврдили резистентност корова према

хербицидима [4], потребно је придржавати се дефиниције резистентности. На првом месту увек имати на уму да је то наследна особина, а информације о њој је потребно потврдити применом научно прихваћених протокола и показати практични значај резистентности на пољу. Уколико неки од ових предуслова није испуњен, не може се говорити о резистентности корова на хербициде. Веома је важно открити резистентност корова у раној фази. Рана детекција резистентности у пољу омогућује рано сузбијање, спречавање продукције семена и органа за вегетативно размножавање резистентних корова и самим тим смањење трошкова и ефикасније сузбијање у будућности. За дијагностику резистентности корова на поједине хербициде у пољским условима, посебну пажњу треба обратити на следеће:

- а) да ли су искључени сви остали узроци за неуспех хербицида у сузбијању корова (да је хербицид правилно и благовремено примењен при повољним временским условима пре, током и након примене, итд.);
- б) да ли су ефикасно сузбијене остале врсте корова које се налазе на упутству за примену хербицида;
- в) има ли поље историју узастопног коришћења истог хербицида или хербицида са истим начином деловања;
- г) да ли су у прошлости корови, који сада испољавају потенцијалну резистентност, ефикасно сузбијани употребом истих хербицида.

Уколико се региструје слабија ефикасност у сузбијању једне врсте корова, њено значајније присуство у озама или на целом пољу, уколико је претходила слаба ефикасност и поновљена примена истог хербицида или хербицида истог механизма деловања, довољни су сигнали за брзо реаговање. После запажања у пољу и прикупљања семена, изводе се уобичајени тестови који треба да потврде присуство или одсуство резистентности. Постоје разни тестови и анализе за откривање резистентности у пољу, стакленику и лабораторији. Први корак је прикупљање детаљних информација на терену, укључујући историју примене хербицида, узорковање семена, тестирања у огледима у стаклари користећи по могућности више доза хербицида у биотестовима на нивоу целе биљке и/или молекуларну карактеризацију. Последњи, али изузетно важан корак је обрада података и тумачење резултата на исправан начин [10, 11].

ИСТОРИЈАТ РЕЗИСТЕНТНОСТИ КОРОВА НА ХЕРБИЦИДЕ

Непосредно пре комерцијалног увођења првих триазина, Харпер [12] је предвидео да ће корови еволуирати и постати отпорни на хербициде. Ова предвиђања заснована су на великом искуству у области медицине, бактериологије и примењене ентомологије, као и знања која су тада била доступна о генетској варијабилности код многих врста корова. Први случајеви резистентности корова на хербициде су потврђени још крајем 50-их година прошлог века за синтетичке ауксине, односно 2,4-Д око једне деценије по-

сле увођења овог хербицида на тржиште. У седамдесетим годинама прошлог века започета је ера резистентности корова на инхибиторе фотосинтезе у фотосистему II (нпр. триазине и карбамиде) која још траје [2, 13]. Током седамдесетих и осамдесетих година прошлог века, пољопривредници су и даље имали пуно ефикасних алтернатива, захваљујући индустрији хербицида која је континуирано обезбеђивала нове активне супстанце нових механизма деловања способних за сузбијање резистентних популација корова на старије хербициде. Пре више од две деценије, прецизније 1996. године, када је уведена на тржиште генетички модификована соја толерантна на, до тада, неселективни хербицид глифосат, фармери и произвођачи глифосата у државама који су масовно прихватили ове технологије, живели су у краткотрајном периоду благостања, односно ефикасног сузбијања корова и чистих поља. У том периоду глифосат је био изузетно ефикасан, безбедан и поуздан хербицид. Масовна употреба је довела до губитка укупне тржишне вредности хербицида, смањења употребе других хербицида и тиме се директно и индиректно допринело значајном смањењу улагања у откривање нових хербицида. Ипак, без обзира колико био моћан, фокусирање и претерано ослањање на употребу само једног хербицида за сузбијање корова и потпуно игнорисање интегралног система мера за управљање резистентношћу, довело је до екстремно високог селекционог притиска и појаву резистентних корова на глифосат [14, 15, 16].

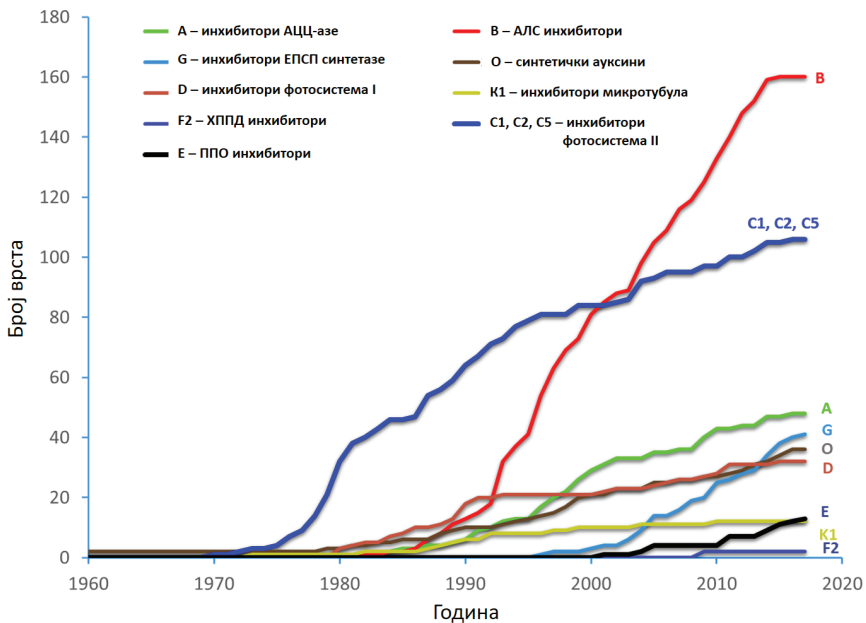


График 2. Хронолошки приказ глобалног повећања броја коровских врста резистентних на поједине групе хербицида [17]

РЕЗИСТЕНТНОСТ КОВОРА НА ХЕРБИЦИДЕ КАО ГЛОБАЛНИ ПРОБЛЕМ

Резистентност коровских биљака на хербициде није нови проблем. На глобалном нивоу резистентност корова је развијена на хербициде скоро свих механизма деловања. За биљну производњу и заштиту биљака резистентност коровских биљака на хербициде је велики глобални изазов који се веома тешко решава, јер захтева велико ангажовање специјалиста, промене у технологији производње усева и огромна финансијска средства. На глобалном нивоу, резистентне биљке на хербициде стварају велике и често несагледиве штете у биљној производњи. Само у Сједињеним Америчким Државама годишњи губици од резистентних корова на поједине хербициде процењују се у милијардама долара. Овај комплексан и тешко решив феномен се не задржава у границама суседних држава или поља, већ има тенденцију освајања нових територија онолико колико му се то буде дозволило. Од првог случаја резистентности корова на хербициде од 1957. године у САД-у, према последњим подацима у 70 држава потврђено је 495 случајева резистентности коровских биљака на хербициде, код 255 врсте, од чега код 148 дикотила и 107 монокотила. Резистентност је утврђена код 92 гајене биљке, у 23 од 26 познатих група хербицида са познатим местом деловања и код 163 различита хербицида. Највећи број случајева резистентности и највеће економске штете су регистроване у државама са развијенијом пољопривредом и интензивнијом применом хербицида. Највише потврђених случајева су биотипови корова резистентни на АЛС инхибиторе, затим на инхибиторе фотосинтезе у фотосистему II, на трећем месту су инхибитори АЦЦ-азе, на четвртм инхибитори ЕПСПС и др. ([2], [17], график 2, табела 2).

Табела 2. Број резистентних врста корова према механизму деловања хербицида [17]

Механизам деловања хербицида	Група по HRAC-у*	Представник групе	Дикотиле	Монокотиле	Укупно
Инхибитори ацетолактат синтетазе (АЛС)	В	хлорсулфурон	98	62	160
Инх. фотосинтезе у фотосистему II	С1	атразин	51	23	74
Инх. ацетил-коензим А карбоксилазе (АЦЦ)	А	сетоксидим	0	48	48
Инх. ЕПСП синтетазе	Г	глифосат	22	20	42
Синтетички ауксини	О	2,4-D	30	8	38
Инх. фотосинтезе у фотосистему I	D	паракват	22	10	32
Инх. фотосинтезе у фотосистему II	С2	хлортолурун	11	18	29

Инх. протопорфириноген оксидазе (ППО)	E	оксифлуорфен	10	3	13
Инх. образовања микротубула	K1	трифлуралин	2	10	12
Инх. биосинтезе липида (не АЦЦ-азе)	N	триалат	0	10	10
Инх. каротеноида (непознато место)	F3	амитрол	1	5	6
Инх. масних кисел. веома дугог ланца	K3	с-метолахлор	0	5	5
Инх. фотосистема II (нитрили)	C3	бромоксинил	3	1	4
Инх. биосинтезе каротеноида	F1	дифлуфеникан	3	1	4
Инх. глутамин синтетазе	H	глуфосинат	0	4	4
Инх. биосинтезе целулозе	L	дихлобенил	0	3	3
Инх. организације микротубула	Z	флампроп	0	3	3
Инх. 4-хидроксифенилпируват диоксигеназе	F2	изоксафлутол	2	0	2
Инх. ензима DOXP	F4	кломазон	0	2	2
Инх. митозе	K2	профам	0	1	1
Непознат	Z	ендотал	0	1	1
Инх. раста ћелија	Z	дифензокват	0	1	1
Инх. синтезе нуклеинских киселина	Z	МСМА	1	0	1
Укупно			256	239	495

*HRAC – ознаке група хербицида по механизмима деловања према Међународном акционом комитету за резистентност корова на хербициде (Herbicide Resistance Action Committee)

Мониторинг овог феномена је од великог значаја, а чији би основни задатак био сакупљање информација о настанку, развоју и ширењу ове појаве на одређеном простору. Мониторинг би требало да обухвати што већи простор, а прикупљене информације омогућиле би анализу и праћење појаве резистентности те предузимање одговарајућих мера у циљу одлагања развоја резистентности и даљег ширења. На овом принципу основан је HRAC (Herbicide Resistance Action Committee, www.hracglobal.com) као светска организација чији је основни задатак да олакша ефикасну контролу појаве резистентности корова на хербициде у свету.

РЕЗИСТЕНТНОСТ КОРОВА НА ХЕРБИЦИДЕ У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ

Иако релативно слабо познат широј агрономској јавности у Републици Србији, овај феномен последњих неколико година причињава велике штете у производњи неколико економски најважнијих ратарских усева. Корови резистентни на поједине хербициде захтевају брзе и радикалне промене у сузбијању корова и производњи конкретног усева, повећавају трошкове, угрожавају одрживост употребе хербицида, доводе до губитака профита и захтевају много знања за спровођење антирезистентне стратегије. Прво проучавање резистентности корова на хербициде започето је 90-их година на врстама *Amaranthus retroflexus* и *Chenopodium album* у односу на хербициде инхибиторе фотосистема II [18, 19, 20]. До сада, у Србији је код више коровских врста потврђена смањена осетљивост на инхибиторе фотосистема II (*A. retroflexus*, *Setaria viridis*, *C. album* и *Abutilon theophrasti*) и АЛС инхибиторе (*A. retroflexus*, *Echinochloa crus-galli*, *Datura stramonium*, *Chenopodium album*, *Helianthus annuus* и *Sorghum halepense*) [21, 22, 23, 24, 25, 26]. Да би правилно потврдили резистентност корова према хербицидима [4], потребно је придржавати се дефиниције резистентности. На првом месту увек треба имати на уму да је то наследна особина, а информације о њој потребно је потврдити применом научно прихваћених протокола и показати практични значај резистентности на пољу. Уколико неки од предуслова није испуњен, не може се говорити о резистентности корова на хербициде. Узимајући претходно у обзир, економски најзначајније коровске врсте у Србији су *A. retroflexus* и *S. halepense* резистентни на инхибиторе АЛС-азе. На основу наших испитивања, процењује се да су ове две врсте са својством резистентности на поменуте доминантне хербициде за њихово сузбијање распрострањене на десетинама хиљада хектара при чему причињавају највеће штете ратарима у северном делу Србије [27, 28, 29]. Такође, у прошлој години потврђени су присуство и значајне економске штете од биотипова *S. halepense* резистентних на поједине хербициде инхибиторе ацетил коензим А карбоксилазе [30, 31]. Ови налази су опомена да је потребно више него икад доследно спровођење антирезистентне стратегије на целој територији Србије. То подразумева едукацију, праћење резистентности корова према доминантним хербицидима и спровођење проактивног и активног управљања резистентношћу корова на хербициде. Током писања овог текста, велика је вероватноћа да се негде у Србији умножава популација неке друге коровске врсте резистентне према најчешће примењиваним хербицидима и механизмима деловања. Међутим, у овом раду приказани су само потврђени случајеви са тренутно највећим економским значајем за Р. Србију и предлогом мера за управљање резистентношћу (антирезистентном стратегијом).

Резистентности штира, обичној и дивљеј сирка на АЛС инхибиторе

Хербициди инхибитори ензима ацетолактат-синтетазе АЛС инхибитори) припадају хемијским групама имидазолинона, сулфонилуреа, триазоло-

пиримидина, пиримидинилтио-бензоата и сулфониламино-триазолинона. АЛС ензим има каталитичку улогу у синтези есенцијалних аминокиселина валина, леуцина и изолеуцина, а његовом инхибицијом се зауставља синтеза поменутих аминокиселина, протеина, а што на крају има за последицу угинуће биљака [32, 33]. АЛС инхибитори се одликују повољним особинама, примењују се у количинама од неколико грама до неколико десетина грама по хектару и доминантни су хербициди у ратарској производњи Србије и других европских земаља. Због ослањања највише на ове хербициде и дугогодишњег селекционог притиска, за научну јавност није била изненађење појава резистентности код појединих врста корова. У последње две деценије, резултати домаћих аутора указивали су на појаву смањене осетљивости популација неких коровских врста на АЛС инхибиторе [24, 25, 26]. Такође, на основу анализе активности АЛС ензима према имазетапиру [34] потврђена је резистентност у популацијама *A. retroflexus* са локалитета Качарево, Кикинда и Криваја. У последњих 6 година на ширем подручју јужне Бачке и јужног Баната утврђена је повећана заступљеност резистентних популација штира обичног према представницима четири хемијске групе хербицида АЛС инхибитора. У биотестовима на нивоу целе биљке са препорученим и вишеструко увећаним количинама одабраних хербицида АЛС инхибитора, разлике у осетљивости између биљака осетљиве и резистентних популација обичног штира биле су од неколико стотина до неколико хиљада пута [29].

Увођењем у праксу сулфониуреа хербицида 90-их година прошлог века, започела је ера ефикасног сузбијања травних корова после ницања у усеву кукуруза. Посебан допринос ових хербицида је у унапређењу сузбијања дивљег сирка, који је у многим регионима био један од главних узрока ниских приноса кукуруза. У последње две деценије у многим државама је потврђена резистентност *S. halepense* на АЛС инхибиторе (САД, Чиле, Италија, Мађарска Мексико, Србија, Шпанија и Венецуела) [17]. У последњих неколико година у појединим регионима Србије регистрована је све учесталија појава слабе ефикасности сулфониуреа хербицида у сузбијању дивљег сирка у кукурузу, укључујући вишекратне примене различитих препарата регистрованих за ову намену. На скоро целом подручју јужног Баната и неким локалитетима у Мачви, северној и западној Бачкој, Срему и Браничевском округу у последњих пет година потврђено је повећано присуство резистентних популација дивљег сирка према АЛС инхибиторима, од којих су економски најважнији сулфониуреа хербициди за сузбијање овог корова у кукурузу. Као у претходном случају код обичног штира, укрштена резистентност дивљег сирка је такође потврђена према хербицидима из четири групе АЛС инхибитора. У биотестовима на нивоу целе биљке са препорученим и вишеструко увећаним количинама одабраних хербицида АЛС инхибитора, разлике у осетљивости између биљака осетљивих и резистентних популација дивљег сирка биле су од неколико стотина до неколико хиљада пута [27, 28 29]. Ове информације указују да је немогуће и уједно еколошки и економски

неприхватљив сваки покушај сузбијања овог корова вишеструким увећањем количина ових хербицида у пољским условима. Због слабе ефикасности хербицида и незнања, произвођачи су у појединим случајевима безуспешно изводили 3–4 третмана са различитим препаратима на бази никосулфурана, форамсулфурана и римсулфурана, а често из немоћи у већим количинама од препоручених.

Резистентности дивљеј сирка на инхибиторе АЦЦ-азе

Хербициди инхибитори ензима ацетил-коензим А карбоксилазе (скраћено АЦЦ-азе) на нашем тржишту су типични граминциди, односно хербициди за сузбијање врста из фамилије *Poaceae*. Представници ових хербицида припадају хемијским групама арилоксифенокси-пропионата (ФОП), циклохександиона (ДИМ) и фенилпиразолина (ДЕН). Механизам деловања ових хербицида је инхибиција поменутог ензима који је одговоран за биосинтезу масних киселина [35, 36]. Инхибиција синтезе масних киселина и липида доводи до разарања ћелијских мембрана, услед чега престаје раст и на крају резултира угинућем коровских биљака. Резистентност травних корова на инхибиторе АЦЦ-азе је чест случај и до сада је у свету потврђена код 48 коровских врста [17, 37]. Преко три деценије у Србији ови хербициди се користе са великим успехом у дикотиледоним гајеним биљкама за сузбијање једногодишњих и вишегодишњих травних коровских врста, међу којима најзначајније место заузима дивљи сирак. Резистентност дивљег сирка на поједине инхибиторе АЦЦ-азе потврђена је у Сједињеним Америчким Државама, Грчкој, Италији, Израелу и Аргентини [17]. Први случај резистентности овог корова на инхибиторе АЦЦ-азе у Србији потврђен је 2017. године у западном делу Војводине у општини Бач [30, 31]. Највероватнији узрок ове појаве је превелико ослањање и поновљена примена неких инхибитора АЦЦ-азе у вишегодишњој монокултури соје. Овакво понашање резултирало је селекцијом резистентних популација дивљег сирка на хербициде из групе арилоксифенокси-пропионата (ФОП) и незнатно смањење осетљивости на хербициде из групе циклохександиона (ДИМ). Од укупно 20 тестиранх популација овог корова, резистентност на флуазифоп-п-бутил утврђена је у 13 популација концентрисаних на територији око 10 км у пречнику. Без обзира на смањену осетљивост популација дивљег сирка на циклоксидим и клетодим, препоручене количине ових хербицида из групе циклохександиона (ДИМ) су ефикасне у сузбијању резистентних популација дивљег сирка на тзв. ФОП хербициде. За разлику од ДИМ хербицида, применом чак и неколико пута увећаних количина ФОП хербицида није могуће сузбити популацију дивљег сирка из поменутих локалитета. Ове информације су од великог практичног значаја, јер је потврђено да је за сузбијање овог корова избор хербицида веома сужен али и да се преостала два хербицида из групе циклохександиона могу користити за његово сузбијање. Важно је истаћи да овај феномен треба да буде важна опомена да се не понови грешка, односно

да се ратари превише не ослоне на циклоксидим и клетодим (ДИМ хербициде), јер је такав приступ довео до селекције резистентних популација дивљег сирка на ФОР хербициде и поновиће се уколико се понови понашање корисника ових хербицида које је и довело до поменуте резистентности.

УПРАВЉАЊЕ РЕЗИСТЕНТНОШЋУ КОРОВА НА ХЕРБИЦИДЕ (АНТИРЕЗИСТЕНТНА СТРАТЕГИЈА)

Еволуција резистентности корова на хербициде можда је најјача покретачка снага у трагању за хербицидима нових механизма деловања, нових технологија у сузбијању корова и промовисање најбоље праксе за одрживу производњу усева [16, 38]. Убедити пољопривредне произвођаче да што раније уведу промене у управљање резистентношћу корова, представља изазов и дугорочни задатак за све саветодавце и друге релевантне чиниоце у пољопривреди. Најважнији истраживачки напори у овој области треба да буду усмерени ка развоју економски одрживих стратегија за одлагање појаве и управљање резистентношћу. Овај феномен је удбенички пример брзог прилагођавања биљака људској активности, јер је одавно потврђено да резистентност није проблем хербицида или генетичког инжењеринга, већ је проблем понашања корисника хербицида [39]. Када је на пољима доказано присуство резистентности код појединих корова, мере антирезистентне стратегије спроводе се реактивно у циљу сузбијања биљака резистентних биотипова корова, спречавање њиховог умножавања и ширења. У вези са претходним, намећу се питања како смањити ризик и одложити појаву резистентности, како реаговати у случајевима када се сумња или када је потврђено присуство резистентних корова у пољу? Опште препоруке за управљање резистентношћу односе се на смањење селекционог притиска хербицидима и ризика разноврсношћу мера у сузбијању корова. Потребно је осмислити и применити интегрални систем мера који је „непредвидив“ за корове и где основу чине превентивне и директне нехемијске мере, уз константно истраживање и развој нових метода сузбијања корова и едукацију. Овим мерама смањити закоровљеност пре примене хербицида као последње опције, обилазити често поља и пратити појаву евентуалне смањене ефикасности и резистентности корова на поједине хербициде уз обавезно вођење детаљне евиденције. Уколико на пољима није потврђено присуство резистентних корова, потребно је проактивно деловање, односно примена мера антирезистентне стратегије са циљем да одложи развој резистентности. Једна од веома важних мера је превентива, односно спречавање ширења семена резистентних корова пољопривредном механизацијом (поседно комбајнима), семеном гајених биљака, органским ђубривима и др. Као део ове стратегије, најчешће се препоручује интензивирање примене нехемијских мера у склопу интегралног система сузбијања корова, коришћење мешавина и смењивање

хербицида различитог механизма деловања током вегетационе сезоне и година [40, 41, 42].

Програми за управљање резистентношћу корова на хербициде морају узети у обзир употребу свих доступних агротехничких, механичких, биолошких и хемијских мера, односно користити следећу најбољу праксу управљања резистентношћу корова [16]:

- 1) познавати биолошке особине присутних корова;
- 2) користити разноврстан приступ усмерен на спречавање производње семена и смањење резерви семена корова у земљишту;
- 3) сејати у поља без пониклих корова, а затим одржавати чиста поља што је могуће дуже;
- 4) користити чисто семе гајених биљака без семена корова;
- 5) често обилазити поља;
- 6) користити хербициде са више механизма деловања који су ефикасни против економски најважнијих корова или оних који су највише склони развоју резистентности;
- 7) примењивати препоручене количине хербицида у препорученим фазама раста корова и усева;
- 8) дати већи значај употреби агротехничких мера које повећавају конкурентску способност усева и чиме потискују корове;
- 9) користити механичке и биолошке мере тамо где је сврсисходно;
- 10) спречити премештање семена корова или вегетативних органа за размножавање између поља и у самом пољу;
- 11) управљати семеном корова у жетви и након жетве, како би се спречило повећање резерви семена у земљишту;
- 12) спречити уношење корова у поље и сузбијати корове у непосредној близини поља.

Две кључне препоруке морају се шире имплементирати: разноврсна пракса управљања резистентношћу корова и примена више различитих механизма деловања хербицида. Потребно је да се корисници хербицида едукују о механизмима деловања и да буду свесни да је откриће нових хербицида ретко, да су постојећи ресурси хербицида исцрпљиви и да неконтролисана употреба хербицида која доводи до брзог развоја резистентности, може довести до потпуног губитка хербицида као опције у сузбијању корова. За решавање све већег проблема резистентности корова на хербициде, [16] препоручује се више мера:

- 1) примењивати разноврсне интегралне програме мера који минимизирају производњу семена корова;
- 2) имплементирати систем означавања механизма деловања хербицида на амбалажи препарата и о значају те мере спроводити едукацију;
- 3) указивати на чињеницу да је откривање нових, ефикасних механизма деловања хербицида ретко и да је постојећи ресурс хербицида исцрпљив;

- 4) приказати предности и трошкове проактивног разноврсног система управљања резистентношћу корова на хербициде;
- 5) утицати на развој подстицаја од државе и индустрије за усвајање најбоље праксе управљања резистентношћу корова са циљем да се сачувају најугроженији механизми деловања хербицида;
- 6) промовисати примену препоручених количина хербицида у одговарајућим фазама усева и корова. Када се заједно користи више хербицида за сузбијање већег броја коровских врста, сваки производ треба користити у количини која одговара присутним коровима;
- 7) идентификовати и промовисати појединачне мере најбоље праксе у управљању резистентношћу корова на хербициде, које одговарају специфичним пољопривредним сегментима са највећим потенцијалним утицајем;
- 8) укључити јавни и приватни сектор у промоцију најбоље праксе управљања резистентношћу корова;
- 9) финансирати од стране државе и индустрије истраживања која ће се бавити унапређењем најбоље праксе управљања резистентношћу корова на хербициде у циљу подршке саветодавним службама као кључним чиниоцима у едукацији корисника хербицида о антирезистентној стратегији.

Према Међународном комитету за резистентност корова на хербициде HRAC хербициди су према механизму деловања подељени у 26 група, које су поједностављено обележене великим латиничним словима. Обележавање механизма деловања хербицида на амбалажи препарата, од пре три године, законска је обавеза у Србији, што је велика помоћ корисницима хербицида и њиховим саветодавцима. Овим се не очекује да корисници знају механизме деловања сваког хербицида, већ је омогућено да се користи поједностављено обележавање механизма деловања које се налази на амбалажи сваког хербицидног препарата. Уколико, на пример, хербициди из групе В нису ефикасни у сузбијању резистентних популација неког корова (на пример сулфониуреа хербициди у сузбијању дивљег сирка који је резистентан на њих), заменићемо их или користити у миксу са хербицидима из групе А или К и слично. Иако постоји велики број хербицида и релативно велик број механизма деловања, у сваком усеву постоји неколико могућности за сузбијање одређених врста корова. За сузбијање економски најзначајнијег корова *S. halepense* у кукурузу после ницања, на нашем тржишту постоје три хербицида истог механизма деловања. Овај аспект је од виталне важности за управљање резистентношћу, тј. могућност замене једног хербицида са другим врло је ограничена те је свака промена у технологији производње усева корисна за одлагање појаве резистентности. Најчешће се прибегава замени једног хербицида другим, али то, суштински, подразумева малу промену. Будући да недостају алтернативни хербициди и да је развој нових активних супстанци, које припадају некој другој групи врло отежан, употреба херби-

цида мора бити у комбинацији са другим мерама антирезистентне стратегије. Поред општих, потребне су посебне препоруке за сваки усев или чак тип производње. У недостатку нових механизма деловања хербицида, да би се добило на времену и проширио избор опција у хемијском сузбијању корова, најчешће се прибегава стварању толерантних усева на поједине хербициде [38]. На тај начин произвођачи ових гајених биљака налазе нове намене старим хербицидима. Међутим, важније је помоћи пољопривредницима да схвате да је много корова већ предиспонирано на ове старе хербициде и да је дуготрајност вредности оваквог приступа компанија врло ограничена. Због бројних предности, пољопривредни произвођачи се све више ослањају на усеве толерантне на поједине хербициде, а запостављају нехемијске мере у сузбијању корова. Такође, ови усеви пољопривредним произвођачима пружају могућност да побољшају смену хербицида и сузбијање резистентних корова, али могу довести до претераног ослањања на хербициде на које су ови усеви толерантни, и утицати на промену састава коровске флоре и селекцију резистентних корова [43]. Захваљујући хибридикама кукуруза толерантним на циклоксимид, могуће је ефикасно сузбијање дивљег сирка из ризома резистентног на инхибиторе АЛС–азе у усеву кукуруза. Због овог разлога, са порастом површина са присуством популација дивљег сирка резистентних на инхибиторе АЛС–азе, повећава се значај и пораст површина засејаних хибридикама кукуруза толерантних на циклоксимид [29]. Иако у овом случају постоји привремено решење, коришћење овог или других усева и хербицида на које су они толерантни, сврсисходно је искључиво уколико се користе као део антирезистентне стратегије без претераног ослањања у дужем периоду на хербициде истог механизма деловања. Нажалост, већина произвођача желе искључиво једноставна решења, реактивни су, а не проактивни, потцењују проблем резистентности корова, ослањају се највише или искључиво на хербициде и имају потешкоће у одређивању оптималног времена примене хербицида. Корови резистентни на АЛС инхибиторе и др., довољно су јака опомена да је употреба усева толерантних на хербициде и хербицида одржива само као додаток другим мерама у разноврсном интегралном систему сузбијања корова [44]. Гајењем хибридика сунцокрета толерантних на хербициде АЛС инхибиторе, постоји ризик од укрштања са хибридном формама дивљег сунцокрета [25]. У овом случају може доћи до трансфера гена одговорног за толерантност на хербициде из група сулфонилуреа и имидазолинона, при чему би настале резистентне популације хибридних форми дивљег сунцокрета.

У недостатку нових механизма деловања, ослањање мора бити на постојеће хербициде у догледној будућности. Постаје више него икад значајније да пољопривредници почну да размишљају изван оквира старог модела сузбијања корова уколико желе да сачувају употребљивост постојећих хербицида које већ имају и обезбеде да хербицид са новим начином деловања који ће се појавити достигне свој пун потенцијал. За разлику од других

држава, које су одавно препознале значај овог проблема, у Србији не постоји организовано праћење распрострањености популација резистентних корова према појединим хербицидима. Управљање резистентношћу корова на хербициде одрживо је једино заједничким напором свих заинтересованих актера: пољопривредника и њихових удружења, индустрије хербицида, универзитета, института, надлежних министарстава и секретаријата, саветодаваца, власника земљишта, продаваца, професионалних удружења, медија, невладиних организација и др. Веома важно је подстицање заједничких активности поменутих релевантних субјеката, јер свако даље игнорисање и одлагање мера за управљање резистентношћу корова на хербициде може проузроковати несагледиве последице по пољопривреду Србије.

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] Gianessi, L. P., Reigner, N. P. (2007): *The Value of Herbicides in U.S. Crop Production*. Weed Technology, 21(2), 559–566.
- [2] Heap, I. (2014): *Global perspective of herbicide-resistant weeds*. Pest Management Science, 70(9), 1306–1315.
- [3] Weed Science Society of America (WSSA) (1998): *Herbicide resistance and herbicide tolerance defined*. Weed Technology, 12, 789.
- [4] Heap, I., LeBaron, H. (2001): *Introduction and Overview of resistance*. In: Herbicide Resistance in World Grains (Eds. Powles, S. B., Shanel, D. L.). CRC Press, Boca Raton, FL, 1–22.
- [5] Powles, S. B., Yu, Q. (2010): *Evolution in action: plants resistant to herbicides*. Annual Review of Plant Biology 61, 317–347.
- [6] Yuan, J. S., Tranel, P. J., Stewart, C. N. (2007): *Non-target-site herbicide resistance: a family business*. Trends in Plant Science, 12, 6–13.
- [7] Yu, Q., Powles, S. B. (2014): *Metabolism-based herbicide resistance and cross-resistance in crop weeds: a threat to herbicide sustainability and global crop production*. Plant Physiology, 166, 1106–1118.
- [8] Hall, L. M., Holtum, J. A. M., Powles, S. B. (1994): *Mechanisms responsible for cross resistance and multiple resistance*. In Herbicide Resistance in Plants: Biology and Biochemistry (S. B. Powles and J. A. M. Holtum, Eds.). Lewis Publishers, Boca Raton, FL, 243–261.
- [9] Preston, C., Roush, R. T. and Powles, S. B. (1999): *Herbicide resistance in weeds of southern Australia: why are we the worst in the world?* Proceedings of the 12th Australian Weeds Conference, Tasmanian Weed Society, Devonport, Australia, 454–459.
- [10] Beckie, H. J., Heap, I. M., Smeda, R. J., Hall, L. M. (2000): *Screening for herbicide resistance in weeds*. Weed Technology, 14, 428–445.
- [11] Burgos, N. R., Tranel, P. J., Streibig, J. C., Davis, V. M., Shaner, D., Norsworthy, J. K., Ritz, C. (2013): *Confirmation of resistance to herbicides and evaluation of resistance levels*. Weed Science, 61, 4–20
- [12] Harper, J. L. (1956): *The evolution of weeds in relation to resistance to herbicides*. Proceedings British Weed Control Conference, 3, 179–188.

- [13] Ryan, G. F. (1970): *Resistance of common groundsel to simazine and atrazine*. Weed Science, 18, 614–616.
- [14] Duke, S. O. (2005): *Taking stock of herbicide-resistant crops ten years after introduction*. Pest Management Science 61, 211–218.
- [15] Duke, S. O. (2015): *Perspectives on transgenic, herbicide-resistant crops in the United States almost 20 years after introduction*. Pest Management Science 71, 652–657.
- [16] Norsworthy, J. K., Ward, S. M., Shaw, D. R., Llewellyn, R. S., Nichols, R. L., Webster, T. M., Bradley, K. W., Frisvold, G., Powles, S. B., Burgos, N. R., Witt, W. W., Barrett, M. (2012): *Reducing the risks of herbicide resistance: best management practices and recommendations*. Weed Science, 60, 31–62.
- [17] Heap, I. M. (2018): *International survey of herbicide resistant weeds*. Available at <http://www.weedscience.org> (accessed October 2018).
- [18] Janjić, V., Stanković-Kalezić, R., Radivojević, Lj., Marisavljević, D., Jovanović, Lj., Ajder, S. (1994a): *Resistance of Amaranthus retroflexus L. and Chenopodium album L. to atrazine*. Acta biologica Iugoslavica, series G: Acta herbologica, 3(1), 63–73.
- [19] Janjić, V., Stanković-Kalezić, R., Radivojević, Lj., Ajder, S., Marisavljević, D., Jovanović, Lj. (1994b): *Distribution of atrazine resistant population of Amaranthus retroflexus L.* Acta biologica Iugoslavica, series G: Acta herbologica, 3(1), 23–31.
- [20] Janjić, V., Stanković-Kalezić, R., Radivojević, Lj., Marisavljević, D., Ajder, S., Jovanović, Lj. (1995): *Detection some triazine resistant weeds using chlorophyll fluorescence*. International symposium on weed and crop resistance to herbicides, Cordoba (Spain) 134.
- [21] Pavlović, D., Vrbničanin, S., Elezović, I., Jovanović, Lj., Marisavljević, D. (2006): *Alternations in amount of chlorophyll as indicator of resistance for Chenopodium album L. and Amaranthus retroflexus L. to atrazine*. Journal of Plant Diseases and Protection, XX, 131–138.
- [22] Pavlović, D., Vrbničanin, S., Božić, D., Simončić, A. (2007): *Abutilon theophrasti Medic. Population Responses to Atrazine*. Journal Central European Agriculture, 8(4), 435–442.
- [23] Pavlović, D., Vrbničanin, S., Božić, D., Fischer, A. (2008): *Morphophysiological traits and triazine sensitivity in Chenopodium album L.* Pest Management Science, 64(2), 101–107.
- [24] Božić, D., Vrbničanin, S., Barać, M., Stefanović, L. (2007): *Determination of Johnsongrass (Sorghum halepense (L.) Pers.) level of sensitivity to nicosulfuron*. Maydica, 52(3), 271–277.
- [25] Bozic, D., Pavlovic, D., Bregola, V., Di Loreto, A., Bosi, S., Vrbnicanin, S. (2015): *Gene Flow from Herbicide-Resistant Sunflower Hybrids to Weedy Sunflower*. Journal of Plant Diseases and Protection, 122(4), 183–188.
- [26] Vrbnicanin, S., Pavlovic, D., Bozic, D. (2017): *Weed Resistance to Herbicides*. In: Herbicide Resistance (ed. Z. Pacanoski). InTech open science/open minds, pp. 7–36.
- [27] Malidža, G., Rajković, M., Vrbničanin, S., Božić, D. (2014): *Cross-resistance of Sorghum halepense to ALS inhibitors in Serbia and implications for resistance management*. VII Congress on Plant Protection “Integrated Plant Protection Knowledge-Based Step Towards Sustainable Agriculture, Forestry and Landscape Architecture” 24–28 November 2014, Zlatibor, Serbia. Book of Abstracts, 143–144.

- [28] Malidža, G., Rajković, M., Vrbničanin, S., Božić, D. (2015a): *Identification and distribution of ALS resistant Sorghum halepense populations in Serbia*. Proceedings of 17th European Weed Research Society Symposium “Weed management in changing environments“, June 23–26, 2015, Montpellier, France. p.98
- [29] Малица, Г., Рајковић, М., Врбничанин, С., Божић, Д., Јуришић, Ј. (2015b): Сузбијање дивљег сирка и обичног штира резистентних на АЛС инхибиторе. Зборник резимеа радова XIII саветовања о заштити биља, Златибор, 23–26 новембар 2015., 70–71.
- [30] Малица, Г., Рајковић М. (2017): Резистентност дивљег сирка (*Sorghum halepense* (L) Pers.) на хербициде инхибиторе АЦЦ-азе у Србији. XIV Саветовање о заштити биља, 27. новембар – 1. децембар 2017. године, Златибор, Зборник резимеа радова, 92–93.
- [31] Malidža G., Rajković M. (2018): *Johnsongrass (Sorghum halepense) resistance to ACCase inhibiting herbicides in Serbia*. Book of Abstracts – 18th European Weed Research Society Symposium, 17–21 June 2018. Ljubljana, Slovenia. [40]
- [32] Ray, T. B. (1984): *Site of action of chlorsulfuron. Inhibition of valine and isoleucine biosynthesis in plants*. Plant Physiology, 75, 827–831.
- [33] Tranel, P. J., Wright, T. R. (2002): *Resistance of weeds to ALS-inhibiting herbicides: What have we learned?* Weed Science, 50, 700–712.
- [34] Meseldžija, M. Konstantinović, B. (2011): *Activity of acetolactate synthase (ALS) of redroot pigweed in relation to imazethapyr application*. African Journal of Biotechnology, 10 (47), 9577–9585.
- [35] Rendina, A. R., Craig–Kennard A. C., Beaudoin J. D., Breen M. K. (1990): *Inhibition of acetyl-coenzyme A carboxylase by two classes of grass-selective herbicides*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 38, 1282–1287.
- [36] Monaco, T. J., Weller, S. C., Ashton, F. M. (2002): *Weed Science, Principles and Practices*. Fourth edition, John Wiley and Sons, Inc.
- [37] Kaundun, S. S. (2014): *Resistance to acetyl-CoA carboxylase inhibiting herbicides*. Pest Management Science 70, 1405–1417.
- [38] Vencill, W. K., Nichols, R. L., Webster, T. M., Soteris, J. K., Mallory–Smith, C., Burgos, N. R., Johnson, W. G., Clelland, M. R. (2012): *Herbicide resistance: toward an understanding of resistance development and the impact of herbicide-resistant crops*. Weed Science, 60, 2–30.
- [39] Ward, S. (2016): *Human Dimensions of Herbicide Resistance*. Weed Science, 64 (sp1), 551–551.
- [40] Beckie, H. J. (2006): *Herbicide-resistant weeds: management tactics and practices*. Weed Technology, 20, 793–814.
- [41] Beckie, H. J., Reboud, X. (2009): *Selecting for weed resistance: herbicide rotation and mixture*. Weed Technology, 23, 363–370.
- [42] Owen, M. D. K. (2016): *Diverse Approaches to Herbicide-Resistant Weed Management*. Weed Science 64(sp1), 570–584.
- [43] Taberner, P. A., Cirujeda Ranzenberger, A., Zaragoza, L.C. (2008): *Management of herbicide-resistant weed populations. 100 questions on resistance*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 107.
- [44] Bonny, S. (2016): *Genetically Modified Herbicide-Tolerant Crops, Weeds, and Herbicides: Overview and Impact*. Environmental Management, 57, 31–48.

Goran Malidža, Vaskrsija Janjić

HERBICIDE-RESISTANT WEEDS

S u m m a r y

The weed resistance to herbicides is a consequence of the reduced diversity of the methods of weed control, the intensive multi-year application of herbicides of the same mechanisms of action, the reliance of farmers mostly or exclusively on herbicides while neglecting other measures of weed management. This results in loss of yield and profit due to weaker weed control efficiency, increased use of herbicides in order to achieve satisfactory efficiency, increase production costs and negative consequences for the environment. Weeds can develop resistance to one or several herbicides of the same or different mechanisms of action. Herbicide resistance may be based on the target site changes or other mechanisms. It is a complex phenomenon for which the determination of complex methods and techniques is necessary. At the global level, resistance to herbicides has been developed for almost all mechanisms of action, and most cases of resistance and the greatest economic damage are registered in countries with more developed agriculture. The most confirmed cases are weed biotypes resistant to ALS inhibitors, followed by photosystem II inhibitors, acetyl coenzyme A carboxylase inhibitors, 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase inhibitors, etc. It is impossible to prevent the resistance of weeds, but it is possible to slow down the spread of this phenomenon and reduce it to an acceptable level. Evolution of weed resistance may be the strongest driving force in the search for herbicides of new mechanisms of action, new technologies in weed control and the promotion of best practices for sustainable crop production. It has long been confirmed that resistance is not a problem of herbicide or genetic engineering, it is already a problem of the behavior of herbicide users. In relation to this, questions arise as to how to reduce the risk and delay the occurrence of resistance, how to react in cases where there is suspicion or when the presence of resistant weeds in the field is confirmed? General recommendations for the management of resistance are related to the reduction of selection pressure and the risk with the diversification of measures in weed control, whereby herbicides are the last option.

Key words: weeds, herbicides, resistance, resistance management