

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 Неškовић 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 публикување, 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

ПРИМЕНА ПЕСТИЦИДА У РАТАРСТВУ

МИРЈАНА ЛАЛОШЕВИЋ*, ЖЕЉКО МИЛОВАЦ*,
ГОРАН МАЛИЦА*, ВЕСНА ЖУПУНСКИ*,
СТЕВАН МАШИРЕВИЋ**, РАДИВОЈЕ ЈЕВТИЋ*

С а ж е т а к . – Један од највећих изазова 21. века јесте успостављање одрживе пољопривредне производње која ће моћи да прехрани растућу светску популацију. Саставни део одрживе пољопривредне производње је савремена ратарска производња која је незамислива без употребе пестицида. Од свих пестицида у ратарској производњи, хербициди заузимају доминантну позицију по утрошеним количинама и површинама на којима се примењују. Међутим, повлачење великог броја пестицида, с обзиром на проблеме токсичности одређених група, има растући тренд у земљама ЕУ па и у Србији. Такође, корови резистентни на постојеће хербициде, фитопатогене гљиве на фунгициде и инсекти на инсектициде представљају нарастајући проблем и угрожавају одрживост постојеће праксе сузбијања штетних организама. Научна истраживања и вишедеценијска пракса потврђују да ослањање искључиво или претежно на пестициде није одржив приступ. Решење у будућности неће бити проналазак повољнијих хербицида, фунгицида и инсектицида већ примена интегралног система мера у коме би се њихова примена свела на минимум.

Кључне речи: одржива ратарска производња, хербициди, фунгициди, инсектициди

УВОД

Контрола појаве и ширења штетних организама у ратарству обухвата сложен систем мера које укључују праћење климатских услова повољних за појаву штетних организама, примену хемијских мера заштите и проналажење гена отпорности у циљу стварања супериорних генотипова ратарских биљака. Истраживања која доприносе развоју што ефикаснијих мера заштите веома су сложена, имајући у виду диверзитет и интеракције штетних организама, разлике у патогеним својствима различитих врста, раса и хемотипских група, варијабилност у ефикасности препарата, као и постојање различитих типова отпорности биљке домаћина. Систем контроле је постао додатно сложен и услед климатских промена које доводе до померања гра-

* Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад; mirjana.lalosevic@ifvcns.ns.ac.rs

** Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Нови Сад;
stevanmasirevic5@gmail.com

ница распрострањања штетних организама, штетног утицаја пестицида на здравље људи и животну средину као и услед све актуелнијих проблема који се тичу појаве резистентности штетних врста на примењене пестициде.

Циљ рада је да се укаже на значај и на преглед најчешће употребљаваних пестицида у ратарској производњи и њихове особине, као и да се укаже на потребу познавања начина њиховог деловања у циљу остваривања што продуктивније производње уз смањење загађења животне средине.

ХЕРБИЦИДИ

Од свих пестицида у ратарској производњи, хербициди заузимају доминантну позицију по утрошеним количинама и површинама на којима се примењују. Вредност хербицида на глобалном нивоу је у константном порасту, због повећане потребе у производњи хране, недостатка радне снаге и повећања њене цене за механичко сузбијање корова, нарастајућих проблема са инвазивним и резистентним коровима на хербициде, строжим критеријумима у регулативи и др. У многим земљама практикује се редукована обрада земљишта како би се очували природни ресурси: земљиште, вода и енергенти. Међутим, обрада земљишта представља и једну од мера контроле корова те услед њене редукције долази до повећања употребе хербицида. Примена хербицида може да замени неколико операција за обраду земљишта, а машине за обраду остављају последице на земљиштима и захтевају више енергије од прскалица за хербициде [1].

За разлику од других пестицида, хербициди имају спорији развој, а то потврђује забрињавајућа чињеница да се у последње три деценије на светском тржишту није појавио хербицид новог механизма деловања. Такође, на глобалном нивоу, посебно на америчком континенту, сузбијање корова у економски најзначајнијим ратарским усевима зависи од неколико хербицида који се користе заједно са глифосатом у генетички модификованим усевима кукуруза, соје, уљане репице, памука, шећерне репе и луцерке. Претпоставља се да су основни разлози за спор развој хербицида нових механизма деловања следећи: гајење генетички модификованих усева толерантних на глифосат који су умањили тржишни потенцијал нових хербицида и значајно смањили напоре за откриће нових хербицида, консолидација компанија које производе хербициде, као и доступност јефтинијих генеричких хербицида. У исто време треба имати на уму и да су можда хербициди са најбољим механизмима деловања већ откривени [2]. После дужег периода ослањања на глифосат и успешног сузбијања корова, развој резистентних корова према овом хербициду утицао је у последње време на пораст значаја и употребе хербицида другачијег механизма деловања.

У ЕУ и Србији одавно је тенденција повлачења одређених хербицида са тржишта с обзиром на проблеме токсичности и појаву резистентности коровских врста на поједине хербициде. Интегрално сузбијање корова је приступ који подразумева комбиновање биолошких, агротехничких, физичких

и хемијских мера на одржив начин који умањује економске ризике, ризике по здравље и животну средину. Плодоред, благовремена и квалитетна обрада земљишта, ђубрење и друге мере које обезбеђују оптималне услове за раст усева, предуслови су за успешно сузбијање корова. Поред наведених мера, у конвенционалној ратарској производњи посебну пажњу треба посветити правилном избору и примени хербицида [3, 4].

Иновације у физичком сузбијању корова могу помоћи у смањењу потрошње хербицида и управљању резистентношћу корова на хербициде. За ову намену користе се разне машине, као што су разни типови култиватора, ротационе мотике, дрљаче са опружним зупцима и сл. Чешљасте дрљаче или дрљаче са опружним зупцима, налазе све ширу примену у пракси. Ове машине имају флексибилне челичне зупце, који својим директним утицајем и вибрирањем обезбеђују сузбијање корова пре ницања или њихово чупање непосредно после ницања на целој површини. Пре и после ницања већине ратарских биљака може се користити звездаста дрљача која је, поред сузбијања корова, познатија као оруђе за разбијање покорице. За разлику од чешљасте дрљаче, звездаста дрљача може радити при већим брзинама и уколико су на површини земљишта присутни жетвени остаци. Селективност ових машина се заснива првенствено на различитој дубини са које ничу усеви и корови [5, 6].

Недостатак нових хербицида покушава се ублажити употребом протектаната за поједине хербициде. Протектанти обезбеђују гајеној биљци заштиту од фитотоксичности хербицида, могућност примене хербицида у фазама гајене биљке и другим усевима у којима се не би могао применити без протектанта. Протектанти за хербициде комерцијализовани су само за гајене биљке из фамилије *Poaceae*. Могу да омогуће сузбијање корова исте фамилије као усев, а најилустративнији примери су могућност примене хербицида с-метолахлор у сирку за зрно и метлашу после третирања семена протектантом флуксофеним, као и примене хербицида АЛС и АЦЦ инхибитора са различитим протектантима за сузбијање дивљег овса и других травних корова у пшеници. Захваљујући протектантима за поједине хербициде у последњих десет година је регистровано неколико веома важних препарата за примену у кукурузу [7].

Стварањем усева толерантних на поједине хербициде покушава се привремено решити недостатак нових хербицида у ратарству. У последње две деценије хемијско сузбијање корова у ратарским усевима у Србији одликује се употребом хербицида старих механизма деловања и увођењем појединих усева толерантних на поједине хербициде, чиме се делимично проширила могућност хемијског сузбијања корова у овим усевима. Међутим, суштински није направљен значајан корак напред иако ови усеви имају одређене предности које оправдавају њихово гајење. У Србији су на тржишту највише заступљени хибриди сунцокрета толерантни на хербициде из група имидазолинона и трибенурон-метил, хибриди кукуруза толерантни

на циклоксидим, хибриди уљане репице толерантни на имидазолиноне и шећерне репе толерантни на АЛС инхибиторе. Осим кукуруза толерантног на циклоксидим, остали усеви су толерантни на хербициде истог механизма деловања [8, 9]. Предности гајења ових усева су: једноставније и ефикасније сузбијање корова; смањење оштећења усева од хербицида и флексибилно време примене; мања ограничења у смени усева; сузбијање резистентних и паразитских корова; примена мањих количина екотоксиколошки повољних хербицида, погодност за конзервацијске системе производње и др. Због свега поменутог, пољопривредни произвођачи су се углавном ослањали на старе хербициде и „нове толерантне“ усева који су старим хербицидима нашли нову намену. У појединим усевима избор хербицида различитих механизма је веома ограничен и увођење новог механизма деловања захваљујући стварању толерантних хибрида код појединих ратарских биљака је била и остала корисна стратегија [10].

У производњи кукуруза у ЕУ и Србији традиционално се користе хербициди и нехемијске мере, мада се због недостатка радне снаге пољопривредници углавном ослањају на хербициде. Иако се хербициди примењују на преко 90% површина под кукурузом у Европској унији, механичко сузбијање корова добија на већем значају. Између осталог, захваљујући субвенцијама на 90% површина под кукурузом у Холандији примењују се и механичке мере за сузбијање корова. Поред бројних предности, механичко сузбијање корова захтева више времена, може изазвати оштећења усева и смањење приноса у поређењу са хемијским мерама [11]. Од такозваног ДУО система (Duo System) у кукурузу се очекује велики напредак у сузбијању корова. Овај систем представља иновативни тандем хербицида циклоксидима и хибрида кукуруза отпорних на овај хербицид, а који омогућује најефикасније сузбијање корова из фамилије *Roaseae* уз загарантовану селективност хербицида према усеву. Важно је истаћи да особине овог система пружају високу гаранцију за успех у сузбијању усколисних корова у производњи кукуруза. Од бројних предности, потребно је истаћи најважније, а то су: (1) одлична толерантност хибрида која обезбеђује потпуну селективност и флексибилност избора количине и времена примене препарата на бази циклоксидима; (2) одлична ефикасност у сузбијању усколисних корова и јединствена могућност сузбијања резистентног дивљег сирка на АЛС инхибиторе, зубаче и пиревине; (3) погодност за сузбијање усколисних корова у здруженим усевима кукурузом (пасуљ и др.); (4) већа поузданост сузбијања усколисних корова у поређењу са алтернативама у кукурузу, а што посебно долази до изражаја у стресним условима [12, 13].

Произвођачи сунцокрета имају мање хербицидних опција за сузбијање широколисних корова у поређењу са већином ратарских усева. Они су се традиционално ослањали на хербициде после сетве а пре ницања, који захтевају кишу и квалитетну припрему земљишта за квалитетно активирање [14, 15]. Поред тога, строжа регулатива о заштити животне средине

довела је до повлачења са тржишта неких хербицида у Европи [7]. Сузбијање корова хербицидима у хибридикама сунцокрета толерантним према имидазолинонима и трибенурон-метилу нашло је широку примену у већем броју држава које су водећи произвођачи ове уљарице. Овај такозвани „систем чистог поља“ (*Clearfield* систем) уведен је први пут у праксу од европских држава 2004. године у Србији и Шпанији. Површине под овим системом производње су константно бележиле рапидан пораст, првенствено захваљујући могућности сузбијања корова који се не могу ефикасно или никако сузбити у конвенционалној производњи и високој ефикасности и флексибилности примене хербицида уз загарантовану селективност према усеву [16, 17, 18, 19]. У последњих неколико година посебну пажњу привлачи систем сузбијања корова који је веома сличан претходно поменутом систему, а који је заснован на примени толерантних хибрида сунцокрета на хербицид трибенурон-метил. Овај систем производње одликују сличне предности као претходни систем, а издваја га одлична ефикасност и јединствена могућност сузбијања великог броја широколисних корова после ницања. У односу на *Clearfield* систем, омогућава ефикасније сузбијање појединих корова, на основу чега произвођачи сунцокрета најчешће праве коначан избор између ова два система [20]. Упркос расположивим ефикасним хербицидима (имазамокс и трибенурон), хербициди који се примењују после сетве а пре ницања сунцокрета препоручују се као осигурање усева током прве четири до пет недеља раста, обезбеђујући флексибилнију примену хербицида имазамокс или трибенурон-метила после ницања [21]. Искуства у Мађарској потврђују да је примена појединих хербицида после сетве, а пре ницања усева, уз накнадну примену после ницања препарата на бази имазамокса, веома ефикасна и поуздана пракса [22].

Хербициди у шећерној репи имају ограничено деловање преко земљишта и ограничену флексибилност примене, јер је оптимално време за њихову примену углавном када су корови у фази котиледона. У зависности од присутних корова и времена њиховог ницања потребно је заједно применити 2–4 препарата (3–7 активних материја) у 3–4 третирања. Селективност веома зависи од фазе усева, количине хербицида и временских услова. Сузбијање корова у овом усеву доживело је значајну еволуцију увођењем шећерне репе толерантне на хербициде АЛС инхибиторе (такозвани *Conviso Smart* систем производње). Увођењем у праксу сората шећерне репе толерантних на хербициде АЛС инхибиторе и могућност употребе препарата на бази ових хербицида, представља револуционарни напредак у сузбијању доминантних корова у овом усеву. Овај систем може омогућити ефикасније, једноставније, флексибилније и, по усев, безбедније сузбијање корова уз мањи број третмана у односу на друге системе (потребна су свега 1–2 третирања). Иако овај систем омогућује примену мањих количина екотоксиколошки повољнијих хербицида, резистентни корови на АЛС инхибиторе упозоравају и отежавају позиционирање овог система [23, 24, 25].

У многим регионима света у којима се производи соја, произвођачи се у великој мери ослањају на хербициде, чија је ефикасност у великој мери смањила употребу алтернативних тактика сузбијања корова. Предности које пружају хербициди су огромно смањење употребе људског рада, усвајање разних облика конзервацијске обраде земљишта и повећања величине газдинства [26]. Увођење у праксу сорти соје толерантних на глифосат крајем деведесетих година прошлог века, додатно је довело до драматичних промена у сузбијању корова и повећало ослањање пољопривредника на хербициде [10]. Без обзира на познату негативну репутацију хербицида, они су веома важан ресурс у конвенционалној производњи соје којег је потребно користити само уколико је неопходно. Распрострањени системи за сузбијање корова, који су засновани искључиво на примени хербицида, повећали су продуктивност и омогућили да се одлуке о сузбијању корова изолују од других аспеката производње соје. Међутим, недостатак разноврсности примењених мера у овим системима, омогућавају да се корови брзо прилагоде, и угрози њихова одрживост. Интегрално сузбијање корова захтева веће знање како агротехничке и друге мере утичу на преживљавање и репродукцију корова. Ово знање се мора користити за дизајнирање производног система који ствара окружење које је у дужем периоду неповољно за корове, уместо да се једноставно створи систем који омогућава употребу тактике која обезбеђује краткотрајну високу ефикасност као што је примена хербицида [27].

Резистентни биотипови корова развијају се веома брзо као природни одговор на селекциони притисак узастопног коришћења хербицида истог начина деловања. Резистентност корова на хербициде довешће до диверзификације поступака за сузбијање корова и система гајења ратарских усева. Одрживији системи ће променити фокус са директних хемијских мера сузбијања корова и заштите приноса усева, на управљање банком семена корова у земљишту и стварање окружења које је мање повољно за раст и репродукцију корова. Примарни изазов ће бити замена релативно једноставног система за пољопривреднике са другим сложенијим системом који се ослања на интеграцију више стратегија, где је пољопривредном произвођачу тешко да процени допринос појединих компоненти [28].

ФУНГИЦИДИ

Фитопатогене гљиве проузрокују велики број обољења ратарских култура. Историја примене фунгицида у ратарству, и генерално у пољопривреди, почиње 1807. године открићем ефикасности бакра за сузбијање проузроковача главнице пшенице. Третман семена пшенице бакром користио се преко 100 година, иако је контролисао само појаву проузроковача главнице и имао потенцијално фитотоксичан ефекат [29].

Почетком 20. века синтетисани су прво неоргански, а затим и органски фунгициди на бази живе за третман семена. Поред проузроковача

главнице, њихов спектар деловања обухватао је и патогене семена из родова *Fusarium* и *Dreschlera*. С обзиром на ефикасност и ниску цену коштања, третмани семена жита постали су рутински. Негативне стране фунгицида на бази бакра и живе односиле су се на неефикасност према проузроковачу откривене гари (*Ustilago nuda*), као и појаву резистентности гљива из рода *Dreschlera* на јечму и овсу [30, 31]. Такође, перзистентност и токсичност живе утицали су да многе земље забране ове фунгициде, водећи се принципима заштите животне средине.

Откриће фунгицида на бази дитиокарбамата представља велики напредак за пољопривредну производњу. Први комерцијализовани дитиокарбамат за третирање семена био је тирам 1934. године, а након њега набам, цинеб, манеб, и најзначајнији – манкозед. Први пут, произвођачи су имали на располагању фунгициде ефикасне према економски значајним проузроковачима обољења као што су проузроковач пламењаче кромпира, и проузроковач пегавости листа из родова *Alternaria* и *Septoria* [32]. Предност дитиокарбамата огледа се у ниској токсичности према сисарима, биљкама, и животној средини, као и вишеструком механизму деловања. Вредност ових фунгицида огледа се и у чињеници да је манкозед и пре 10 година био најпродаванији фунгицид у свету [29]. Ипак, дитиокарбамати нису били ефикасни према важним проузроковачима обољења као што су пепелнице и рђе. Такође, њихова строго протективна природа изискивала је честе третмане пре остварења инфекције.

Прекретницу у заштити усева од проузроковача обољења представља увођење првог системичног фунгицида-карбоксона. Карбоксин, који се по механизму деловања сврстава у групу инхибитора сукцинат дехидрогеназе (СДХИ фунгицид), комерцијализован је 1969. године. Овај фунгицид не сузбија само патогене на површини семена, као што је проузроковач главнице, већ продире до ембриона где сузбија и проузроковача гари семена пшенице и јечма (*Ustilago spp.*). Такође, веома је ефикасан и када је у питању рана појава рђа, затим трулеж коју изазивају врсте из рода *Rhizoctonia*, али нижу ефикасност испољава према гљивама из родова *Fusarium* и *Dreschlera*. Након вишегодишње употребе утврђена је резистентност неких популација врсте *Ustilago nuda* [33].

Први системични фунгицид са ширим спектром деловања био је беномил. Ова активна супстанца из групе бензимидазола обезбедила је системично и куративно деловање при нижим дозама, безбедним по здравље сисара и биљака. Први пут, произвођачи су могли да лече постојеће инфекције, продуже интервале између третирања, а с обзиром на системичност овог фунгицида, савршена покривеност усева није била обавезна. Ове карактеристике утицале су на велику популарност беномила [34]. Поред појаве беномила, у наредних пар година на тржиште су доспеле и активне супстанце тиофанат метил и карбендазим, које такође припадају групи бензимидазола. Фунгициди из ове групе ефикасно сузбијају највећи број патогена из класе Ascomycе-

tes, као што су проузроковачи пепелница и обољења приземног дела стабла ратарских култура. Међутим, ови фунгициди нису ефикасни према проузроковачима обољења из класа Oomycetes и Ascomycetes који продукују тамне споре (као што су гљиве из рода *Alternaria* и *Helminthosporium*) [35], као ни према проузроковачима рђа ни врстама из рода *Dreschlera*. С обзиром на специфичан механизам деловања беномила, брзо се јавила резистентност гљива из родова *Erysiphe*, *Botrytis*, *Penicillium*, и *Cercospora* [34].

Увођењем триазола триадимефона у пољопривредну производњу 1976. године, долази до значајног помака у сузбијању проузроковача обољења жита [36]. Спектар деловања овог фунгицида покривао је све економски значајне патогене жита и ратарских култура, укључујући већину из класа Ascomycetes и Basidiomycetes. Међутим, ови фунгициди нису ефикасни према фитопатогеним организмима из класе Oomycetes. У наредних двадесетак година на тржиште су доспели и нови триазоли као што су епоксиконазол, пропиконазол, тебуконазол, дифенконазол, тритиконазол итд. Триазоли чине највећу групу у оквиру инхибитора деметилације при биосинтези стерола (ДМИ фунгициди), и најчешће се користе у житима и шећерној репи као куративни и превентивни препарати.

Увођењем фениламида на тржиште, а пре свих металаксила 1977. године, постиже се заштита усева и против фитопатогених организама из класе Oomycetes [37]. С обзиром на честу употребу, због низа добрих особина, убрзо се развила резистентност код појединих патогена. Појава резистентности према фениланидима била је од пресудног значаја за формирање Комитета за борбу против резистентности према фунгицидима (Fungicide resistance Action Committee – FRAC) који координира употребу фунгицида и ограничава њихову примену у току сезоне [38]. Активна супстанца металаксил регистрована је данас у фунгицидима за третман семена у већини ратарских култура у Србији за сузбијање патогена из фамилије Peronosporaceae.

Стробилурини односно QoI фунгициди су данас у широкој употреби када је у питању заштита ратарских усева од патогена. Оригиналну су изоловани из сапрофитне гљиве *Strobilurus tenacellus* 1970. године. Сврставају се у фунгициде мањег ризика по здравље људи у односу на фунгициде из других хемијских група. Имају одлично превентивно дејство према широком спектру проузроковача обољења. Још једна добра страна стробилурина јесте дуже задржавање зелене лисне масе, односно одлагање сазревања, што доводи до повећања приноса и при одсуству значајнијег притиска патогена [39, 40]. Широко се употребљавају у житима, а у последње време и у усеву соје.

Висок ризик од појаве резистентности гљива према стробилурини лежи у специфичном механизму деловања. Једна мутација одговорног гена доводи до комплетне резистентности патогена. Честа је појава и укрштене резистентности. Данас, с обзиром на широко распрострањену резистентност северноевропске популације проузроковача сиве пегавости листа пшенице (*Zymoseptoria tritici*) према QoI фунгицидима, циљани специфични

системични фунгициди, као што су фунгициди из група ДМИ и СДХИ најчешће се примењују за сузбијање овог патогена [41]. Такође, утврђена је и резистентност проузроковача пегавости лишћа шећерне репе према стробилуринима у појединим подручјима гајења [42].

Најзначајнију групу фунгицида за сузбијање болести листа ратарских култура чине ДМИ фунгициди. У ову групу убрајају се азоли, који представљају триазоле, затим деривати триазолинтиона протиоконазол и имидазол прохлораз. У зависности од времена, инфекционог притиска патогена, ратарске културе, као и сорте, односно хибрида, примењују се 1–4 пута у сезони [43]. Протиоконазол је у широкој употреби и у свету, и код нас, због добре превентивне активности према проузроковачима фузариозе класа стрних жита, као и плесивости клипа кукуруза. С обзиром на резистентност економски значајних фитопатогених гљива према QoI фунгицидима, азоли су виђени као основа хемијске заштите ратарских култура. Међутим, у последњих неколико година регистроване су и велике промене у осетљивости популације *Z. tritici* према овој групи фунгицида широм Европе [44, 45, 46]. Појава резистентности утврђена је и код проузроковача пегавости лишћа шећерне репе [47, 48, 49, 50].

Друга генерација СДХИ фунгицида појавила се на тржишту 2003. године. У односу на карбоксин, који је имао специфичан механизам деловања, нове активне супстанце из ове групе одликују се ширим спектром деловања. Појавом боскалида решен је проблем сузбијања врста из рода *Botrytis* као и проузроковача беле трулежи *Sclerotinia sclerotiorum* у сунцокрету и соји. Значајну улогу у светској производњи соје има увођење активне супстанце солатенол на тржиште, с обзиром на високу ефикасност у сузбијању проузроковача рђе соје. У Србији, проузроковачи болести соје се јављају спорадично, и за сада немају економски значај, те фунгициди за фолијарну примену у овом усеву нису регистровани.

Резултат честе употребе фунгицида из групе СДХИ, у последње време је појава резистентности *Z. tritici* [51] и *Pyrenophora teres* (проузроковач мрежасте пегавости јечма) према овим једињењима [52]. С обзиром на висок ризик од појаве резистентности и других патогених врста, данас се ови производи најчешће комбинују са једињењима која имају различит механизам деловања.

Када је усев пшенице у питању, примена фолијарних фунгицида веома је значајна са становишта очувања горња три листа, посебно заставичара, који је главни носилац приноса. Углавном се разликују три фунгицидна третмана пшенице у зависности од фенофазе усева: Т1 (ВВСН 31–33), Т2 (ВВСН 39) и Т3 (ВВСН 61–65) [53]. У агроеколошким условима карактеристичним за Србију, најчешћа је примена третмана Т3 када се сузбија проузроковач фузариозе класа, али ови третмани ефикасни су и према проузроковачима пегавости листа. У последњих пар година произвођачи се одлучују и за Т2 третман с обзиром на честу појаву проузроковача пегавости листа почетком пролећног дела вегетације. За разлику од пшенице, у јечму разликујемо

два фунгицидна третмана у зависности од фенофазе: Т1 (ВВСН 30–32) и Т2 (ВВСН 39–49). У Србији се најчешће примењује Т2 третман.

Примена фунгицида у усеву кукуруза односи се првенствено на третман семена. Неколицина фолијарних фунгицида из групе ДМИ и QoI је регистрована за примену од фенофазе интензивног раста до фазе када је свила потпуно развијена. Њихова улога је најчешће превентивна и односи се на патогене гљиве из рода *Fusarium*.

Економски најзначајније обољење лишћа шећерне репе у Србији је пегавост лишћа (проузроковач *Cercospora beticola*). До сада је регистрован велик број фунгицида из група ДМИ, QoI и бензимидазола за сузбијање овог патогена. Време примене фолијарних фунгицида односи се на моменат појаве симптома на око 5% биљака [54]. Следеће третирање треба спровести у зависности од ширења обољења на ново лишће и временских услова [55]. У Србији се примењује 2 до 4 третмана када је у питању ово обољење и с обзиром на честу употребу регистрована је резистентност *C. beticola* према карбендазиму, флутриафолу и тетраконазолу [56].

На територији Србије регистровано је неколико фунгицида за сузбијање проузроковача обољења сунцокрета на бази карбендазима, боскалида, као и фунгицида из групе триазола и стробилурина. Третирање се врши при појави првих симптома обољења и стицању услова за ширење обољења.

У уљаној репици примењују се препарати из групе ДМИ, QoI и СДХИ за сузбијање проузроковача беле и суве трулежи, као и црне пегавости листа. Први третман примењује се у јесен, када је уљана репица у фази 4–6 листова фунгицидом метконазол који је уједно и регулатор раста. Наредни третман примењује се по појави првих симптома током цветања уљане репице.

Упркос великом броју комерцијалних фунгицида на тржишту, постоји јасна потреба за новим, с обзиром на појаву резистентности патогена, затим на појаву нових агресивних патотипова, негативних утицаја на животну средину, као и све већа очекивања произвођача ратарских култура.

Програми за фунгицидни третман за сузбијање и спречавање болести развијају се из значајне количине података које су резултат вишегодишњих истраживања [57]. Међутим, одлуку о примени фолијарних фунгицида у одређеном пољу треба донети тек након сагледавања тренутних и прогнозираних временских услова, развоја болести, утицаја на потенцијални принос усева и финансијске исплативости. Свака појава болести је јединствена, те одлука о употреби фунгицида може варирати у зависности од услова у свакој појединачној ситуацији.

ИНСЕКТИЦИДИ

Примена инсектицида у ратарској производњи има дугу традицију и тешко је рећи када је и који инсектицид први пут примењен. Један од првих

синтетичких инсектицида који је нашао широку примену био је дихлор-ди фенил-трихлоретан (ДДТ). Његова употреба почела је педесетих година прошлог века и због изузетне ефикасности брзо је постао веома заступљен [58]. Поред ДДТ-ија из групе органохлорних једињења у употреби су били линдан, ендосулфан, хлордан и др. Након ере ДДТ-ија у другој половини двадесетог века почиње шира примена органофосфата и карбамата. Инсектициди из ове две групе су, и поред неповољних екотоксиколошких особина, и данас међу заступљенијима са 19% од светског тржишта инсектицида [59].

Истраживања органофосфорних једињења су почела пре више од 150 година да би се интензивирала последњих 70 година. Повољне особине ове групе једињења се огледају у високој инсектицидној и акарицидној активности, широком спектру дејства, одсуству способности нагомилавања у организму, слабој или потпуно одсутној хроничној токсичности, системичном дејству појединих једињења, брзом деловању на штеточине као и у брзом разлагању у земљишту и умереној токсичности за рибе [60]. На инсекте делују контактано и дигестивно, а неки испољавају и инхалационо дејство. Поједине активне супстанце само делимично продиру у биљке док су друге са израженијом системичном активношћу [61].

Примарно дејство органофосфорних инсектицида се заснива на инхибицији ензима ацетилхолинестеразе при чему долази до акумулације ацетилхолина што доводи до хиперактивности или чак парализе [60].

Хлорпирифос је један од најчешће коришћених органофосфорних инсектицида у ратарству. Ради се о несистемичном инсектициду који делује контактано, дигестивно и парама. Користи се за сузбијање тврдокрилаца, лептира и двокрилаца у земљишту, на биљкама или у складиштима. Сам или у комбинацији са пиретроидима користи се за заштиту од инсеката у стрним житима, уљаној репици, кукурузу, сунцокрету, шећерној репи и многим другим усевима. Често се користи и за третман земљишта.

Пиримифос-метил спада у групу органофосфорних инсектицида који поред инсектицидног испољава и акарицидно деловање, делује контактано и респираторно и испољава трансламинарну активност. Користи се у сузбијању великог броја инсеката и гриња у стакленицима, складиштима, шталама, кућама, индустријским објектима, као и на отвореном [60, 62].

Карбаматни инсектициди су деривати карбаминске киселине. Ова група једињења своје инсектицидно дејство остварује инхибицијом ензима холинестеразе. Инхибиција ензима је краткотрајнија него код органофосфата. Користе се у сузбијању лисних ваши, жичара па чак и нематода. Имају изражено системично деловање и на инсекте делују дигестивно, контактано и инхалационо [60]. Активна супстанца метомил је системични инсектицид и акарицид. Делује контактано и дигестивно. Користи се за сузбијање инсеката у ратарству и повртарству као и у ветерини [60]. Најчешће се користи за сузбијање ваши, трипса и гусеница различитих лептира.

Након органофосфата и карбамата седамдесетих година прошлог века долази до масовније примене инсектицида из групе пиретроида са нешто повољнијим екотоксиколошким својствима. У почетку су се користили пиретроиди добијени из биљке духача (*Chrysanthemum cinerariaefolium* Vis.). Са развојем органске хемије и на основу изучавања структуре активних супстанци у природном пиретрину створени су синтетички инсектициди сличне структуре. Пиретроиди су мање токсични инсектициди за топлокрвне организме који су брзо нашли широку примену. Пре десетак година удео ових инсектицида на светском тржишту износио је 17% [58]. У данашње време, са забраном употребе неоникотиноида, у заштити појединих усева, нпр. уљане репице, њихов удео се повећао.

Пиретроиди су нервни отрови који нарушавају пренос нервних надражаја тако што ремете транспорт натријумових јона. Након примене брзо делују изазивајући одмах видљиви, тзв. „knock-down“ ефекат, што је и разлог широке примене поготово у сузбијању појединих тврдокрилаца. Пиретроиди се брзо разграђују и због тога се често комбинују са једињењима на бази органофосфата или карбамата који су перзистентнији. После примене пиретроиди не продиру у саму биљку и немају системично деловање. Ефикасни су у веома ниским дозама и делују првенствено контактано и дигестивно. Имају широк спектар дејства и њиховом применом често бивају захваћени и нештетни организми на које делују веома токсично. Треба их примењивати на нижим температурама у опсегу од 5 до 25°C. Изнад ове температуре испољавају лошију ефикасност [60, 61]. Услед широке примене ове групе једињења честе су и појаве резистентности појединих врста инсеката. Да би се што дуже задржала ефикасност инсектицида, формиран је Комитет за борбу против резистентности инсектицида (InsecticideResistance Action Committee – IRAC) са циљем спровођења стратегија које треба да одложе и ублаже појаву резистентности на инсектициде (<http://www.iras-online.org/>). Један од познатијих случајева је појава резистентности репичиног сјајника (*Brassicogethesaeneus* Fab.) на инсектициде из групе пиретроида [63, 64].

Циперметрин је активна супстанца из групе пиретроида која се користи за сузбијање великог броја инсеката из редова тврдокрилаца, лептира, двокрилаца и полукрилаца. Са или без хлорпирифоса, циперметрин се користи за сузбијање инсеката у стрним житима, уљаној репици, кукурузу, шећерној репи као и многим другим усевима.

Поред ове активне супстанце из групе пиретроида значајну примену у ратарству имају и делтаметрин и бифентрин. Делтаметрин се користи за сузбијање инсеката из реда тврдокрилаца, двокрилаца, полукрилаца, трипса и лептира. Бифентрин испољава поред инсектицидних и акарицидна својства. Ефикасан је у сузбијању великог броја инсеката из редова тврдокрилаца, двокрилаца, полукрилаца, правокрилаца и лептира.

Током последње декаде 20. века на тржишту су се појавили инсектициди из групе неоникотиноида. Назив потиче од сличности са природним никотином. Неоникотиноиди делују контактано и дигестивно изазивајући у централном нервном систему инсеката иреверзибилну блокаду рецептора ацетилхолина. Поред фолијарне примене користе се и за третирање семена. Изразиту ефикасност испољавају према инсектима који сишу биљне сокове. У односу на органофосфате и пиретроиде мање су токсични за човека и топлокрвне животиње [61]. Ова група једињења има изражено системично деловање. Управо ова особина је једна од најзаслужнијих за забрану њихове употребе на подручју већег дела Европе, која је ступила на снагу крајем 2013. године, због негативног утицаја на полинаторе. Прво је забрањен третман семена а касније се ограничење употребе проширило и на остале начине апликација. Током 2008. године неоникотиноиди су на светском тржишту инсектицида били заступљени са 24% [65, 66]. Употребом неоникотиноида кроз третман семена се успешно решавао проблем инсеката у почетним фазама вегетације у усевима сунцокрета, кукуруза, уљане репице, шећерне репе и др. Фолијарном апликацијом сузбијани су инсекти који сисају биљне сокове попут лисних ваши. Забрана употребе неоникотиноида изазвала је повећану употребу инсектицида из других група једињења, пре свих пиретроида.

Имидаклоприд је системичан инсектицид са трансламинарном активношћу и са контактним и дигестивним деловањем. Добро се усваја путем корена и преноси акропетално. Сузбија инсекте који се хране сисањем. Може се користити за фолијарно третирање, третирање земљишта као и третман семена. Штетан је за пчеле при директном контакту али не и при третирањима која нису у фази цветања или третирањем семена [67, 62].

Тиаметоксам се брзо усваја од стране биљака и акропетално транспортује ксилемом. Успешно сузбија и смањује штете проузроковане вашима, трипсима, бувачима, жичарима, грчицама и другим земљишним штеточинама [67].

Диамиди су новија група инсектицида која своју ефикасност остварује модулацијом ријанодинских рецептора. Добро сузбијају лептире и тврдокрилце. Слабије утичу на ријанодинске рецепторе кичмењака што их чини екотоксиколошки повољним [66, 62]. Међу најзаступљенијим инсектицидима из групе диамида је хлорантранилипрол, ограничени системик са израженим трансламинарним кретањем. Делује дигестивно и контактано уз добро овицидно и ларвицидно деловање [62]. Користи се у различитим усевима првенствено за сузбијање гусеница попут кукурузног пламенца у семенском усеву кукуруза.

Инсектициде би требало користити само онда када је то оправдано тј. када је бројност инсеката изнад прага штетности и не постоје друге методе за њихово сузбијање. Неправилна и неодговорна употреба инсектицида доводи до већег загађења животне средине, повећаног ризика од појаве резистентности и негативно утиче на нециљане организме.

ЗАКЉУЧАК

Савремена пољопривредна производња је незамислива без употребе пестицида. Последњих година законска регулатива многих држава укључује смањење употребе пестицида у производњи ратарских култура [68]. Смањење употребе пестицида једна је од кључних тачака у очувању животне средине и здравља људи [69]. Међутим, тиме се модерно друштво нашло у парадоксалној ситуацији у којој се са једне стране ради на повећању продуктивности производње како би се одговорило потребама све веће људске популације, док се са друге стране ради на редукцији примене пестицида који су довели до повећања приноса и продуктивности производње ратарских усева у последњих неколико деценија. Примена интегралних мера заштите представља окосницу производње ратарских биљних врста јер укључује различите мере контроле економски значајних штетних врста са циљем да се омогући продуктивна производња уз очување здравља људи и животне средине. Имајући у виду да се до 2050. године очекује повећање људске популације на 9,4–10 милијарди [70], као и да ће се потребе за производњом хране повећати и до 70%, примена интегралних мера заштите постаје императив одрживе производње свих ратарских биљних врста не само у садашњости већ и у будућности.

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] Gianessi, L. P. (2013): The increasing importance of herbicides in worldwide crop production. *Pest Management Science*, 69, 1099–1105.
- [2] Duke, S. O. (2012): *Why have no new herbicide modes of action appeared in recent years?* *Pest Management Science*, 68(4), 505–512.
- [3] Swanton, C. J., Mahoney, K. J., Chandler, K., Gulden, R. H. (2008): *Integrated Weed Management: Knowledge-Based Weed Management Systems*. *Weed Science*, 56 (1), 168–172.
- [4] Malidža, G., Vrbničanin S. (2015): *Integrated weed management in field crops: sustainability and practical implementation*. In: Marčić, D., Glavendekić, M., Nicot P. (Eds.) *Proceedings of the 7th Congress on Plant Protection*. Plant Protection Society of Serbia, IOBC–EPRS, IOBC–WPRS, Belgrade, pp. 33–41.
- [5] Fogelberg, F., Gustavsson, A. M. (1998): *Resistance against uprooting in carrots (Daucus carota) and annual weeds: A basis for selective mechanical weed control*. *Weed Research*, 38 (3), 183–190.
- [6] Малица, Г., Васиљевић, М., Марић, Д., Рајковић, М. (2016): Ефикасност механичких мера у сузбијању корова у органској производњи соје. Зборник резимеа. Десети конгрес о коровима, 21–23. септембар 2016. године, Врдник, Србија, 86.
- [7] Kraehmer, H., van Almsick, A., Beffa, R., Dietrich, H., Eckes, P., Hacker, E., Hain, R., Streck, H.J., Stuebler, H., Willms, L. (2014): *Herbicides as weed control agents: state of the art. II. Recent achievements*. *Plant Physiology*, 166, 1132–1148.

- [8] Јањић, В., Малица, Г. (2014): Генетички модификоване биљке отпорне на хербициде. Генетички модификовани организми: Чињенице и изазови, Зборник радова научног скупа, 22–23. октобра 2013. у Београду, Српска академија наука и уметности, 67–77.
- [9] Малица, Г. (2016): Усеви толерантни према хербицидима у Србији: изазови и стратегије. Зборник резимеа. Десети конгрес о коровима, 21–23. септембар 2016. године, Врдник, Србија, 18.
- [10] Green, J. M. (2012): *The benefits of herbicide-resistant crops*. Pest Management Science, 68(10), 1323–1331.
- [11] European Network for Durable Exploitation of crop protection strategies (ENDURE) *Integrated weed management (IWM) case study – report on field studies, literature review, general conclusions and recommendations and future IWM research*. Deliverable DR1.6, 2007.
- [12] Малица, Г., Орбовић, Б. (2004): Сузбијање *Sorghum halepense* из ризома у кукурузу толерантном према циклоксимиду. Acta herbologica, 13 (2), 475–482.
- [13] Малица, Г., Бекавац, Г., Орбовић, Б. (2007): Реакција толерантног кукуруза према циклоксимиду у зависности од количине и времена примене хербицида. Acta herbologica, 16 (2), 127–136.
- [14] Kerr, G. W., Stahlman, P. W., Dille, J. A. (2004): *Soil pH and cation exchange capacity affects sunflower tolerance to sulfentrazone*. Weed Technology, 18, 243–247.
- [15] Малица, Г. (2006): Сузбијање корова у сунцокрету. Биљни лекар, 4–5, 398–411.
- [16] Malidza, G., Jovic, S., Skoric, D. (2003): *Weed and broomrape (Orobancha cernua) control in Clearfield sunflower*. European Weed Research Society (EWRS) 7th Mediterranean Symposium, Cukurova Univ. Adana – Turkey, 51–52.
- [17] Malidža, G., Vrbničanin, S., Božić, D., Jocić, S. (2016): *Integrated weed management in sunflower: challenges and opportunities*. Proc. International Sunflower Conference (Edirne, 2016). International Sunflower Association, p. 90–99.
- [18] Pfenning, M., Palfay, G., Guillet, T. (2008): *The CLEARFIELD® technology – A new broad-spectrum post-emergence weed control system for European sunflower growers*. Journal of Plant Diseases and Protect. Special Issue., 649–654.
- [19] Kukorelli, G., Reisinger, P., Torma, M., Ádamszki, T. (2011): *Experiments with the control of common ragweed in imidazolinone-resistant and tribenuron-methyl-resistant sunflower*. Herbologia, 12, 15–22.
- [20] Малица, Г., Јоцић, С., Шкорић, Д. (2006): Сунцокрет толерантан према трибенурон-метилу. Биљни лекар, 4–5, 411–419.
- [21] Knežević, S., Elezović, I., Datta, A., Vrbničanin, S., Glamočlija, D., Simić, M., Malidža, G. (2013): *Delay in the critical time for weed removal in imidazolinone-resistant sunflower (Helianthus annuus) caused by application of pre-emergence herbicide*. Int J Pest Manag, 3, 229–235.
- [22] Nagy, S., Reisinger, P., Pomsár, P. (2006): *Experiences of introduction of imidazolinone-resistant sunflower in Hungary from herbological point of view*. Journal of Plant Diseases and Protection, Special Issue, 20, 31–37.
- [23] Petersen, J. (2004): *A review on weed control in sugarbeet – from tolerance zero to period threshold*. In Inderjit ed., Weed Biology and Management. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers, p. 467–483.
- [24] Malidža, G., Rajković, M., Čurčić, Ž. (2015): *Weed control with foramsulfuron and thien carbazono-methyl in sugar beet tolerant to ALS-inhibiting herbicides*. Plant

- health for sustainable agriculture: book of abstracts: scientific conference in the frame of Cropsustain project, 11–12 May 2015, Ljubljana, Slovenia, p. 98
- [25] Balgheim, N., Wegener, M., Mumme, H., Stibbe, C., Holtshulte, B. (2016): *CONVISO SMART – ein neues System zur erfolgreichen Kontrolle von Ungräsern und Unkräutern in ALS-toleranten Zuckerrüben*. 27. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und – bekämpfung, 23.–25. Februar 2016 in Braunschweig, p. 327–334.
- [26] Gianessi, L. P., Reigner, N. P. (2007): *The value of herbicides in U.S. crop production*. Weed Technology, 21(2), 559–566.
- [27] Hartzler, B. (2018): *Integrated weed management in soybean cultivation*. In: Nguyen, H.T., editor. Achieving sustainable cultivation of soybeans, Volume 2: Diseases, pests, food and other uses. Cambridge, UK: Burleigh Dodds Science Publishing, p. 175–192.
- [28] Heap, I. (2014): *Global perspective of herbicide-resistant weeds*, Pest Management Science, 70(9), 1306–1315.
- [29] Klittich, C. J. (2008): *Milestones in fungicide discovery: Chemistry that changed agriculture*. Online. Plant Health Progress.
- [30] Noble, M., Macgarvie, Q. D., Hams, A.F. (1966): *Resistance to mercury of Pyrenophora teres in Scottish seed oats*. Plant Pathology, 15(1), 23–28.
- [31] Sheridan, J. E., Tickle, J. H., Chin, Y. S. (1968): *Resistance to mercury of Pyrenophora avenae (conidial state Helminthosporium avenae) in New Zealand seed oats*, New Zealand Journal of Agricultural Research, 11, 3, 601–606.
- [32] Hewitt, H. G. (1998): *Fungicides in Crop Protection*. CAB Intn'l, Wallingford, UK.
- [33] Kulka, M., von Schmeling, B. (1987): *Carboxin fungicides and related compounds*. Pages 133–147 in: Modern Selective Fungicides, 2nd Edn. H. Lyr, ed. Gustav Fisher Verlag, Jena, Germany.
- [34] Smith, C. M. (1988): *History of benzimidazole use and resistance*. Pages 23–24 in: Fungicide Resistance in North America. C. J. Delp, ed. American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
- [35] Delp, C. J. (1987): *Benzimidazole and related fungicides*. Pages 291–303 in: Modern Selective Fungicides, 2nd Edn. H. Lyr, ed. Gustav Fisher Verlag, Jena, Germany.
- [36] Kuck, K. H., Scheinpflug, H., Pontzen, R. (1987): *DMI fungicides*. Pages 205–258 in: Modern Selective Fungicides, 2nd Edn. H. Lyr, ed. Gustav Fisher Verlag, Jena, Germany.
- [37] Morton H. V., Urech P. A., *History of the development of resistance to phenylamide fungicides*. Pages 59–60 in: Fungicide Resistance in North America, 1988.
- [38] Schwinn, F., Staub, T. (1987): *Phenylamides and other fungicides against Oomycetes*. Pages 323–346 in: Modern Selective Fungicides, 2nd Edn. H. Lyr, ed. Gustav Fisher Verlag, Jena, Germany.
- [39] Bartlett, D. W., Clough, J. M., Godwin, J. R., Hall, A. A., Hamer, M., Parr–Dobranski, B. (2002): *The strobilurin fungicides*. Pest Management Science, 58, 649–662.
- [40] Gullino, M. L., Leroux, P., Smith, C. M. (2000): *Uses and challenges of novel compounds for plant disease control*, Crop Protection, 19, 1–11.
- [41] Fraaije, B. A., Cools, H. J., Kim, S. H., Motteram, J., Clark, W. S., Lucas, J. A. (2007): *A novel substitution I381V in the sterol 14 alpha-demethylase (CYP51) of Mycosphaerella graminicola is differentially selected by azole fungicides*. Molecular Plant Pathology, 8, 245–254.

- [42] Kirk, W. W., Hanson, L. E., Franc, G. D., Stump, W. L., Gachango, E. N., Clark, G., Stewart, J. (2012): *First report of strobilurin resistance in Cercospora beticola in 142 sugar beet (Beta vulgaris) in Michigan and Nebraska, USA*. New Disease Reports, 26, 3.
- [43] Jørgensen, L. N., Matzena, N., Hansena, J. G., Semaskieneb, R., Korbasc, M., Danielewicz, J., Glazek, M., Maumenee, C., Rodemannf, B., Weigandg, S., Hessh, M., Blakei, J., Clarkj, B., Kildeak, S., Bataillesl, C., Banm, R., Havisn, N., Treikaleo, O. (2018): *Four azoles' profile in the control of Septoria, yellow rust and brown rust in wheat across Europe*. Crop Protection, 105, 16–27.
- [44] Dooley, H., Shaw, M. W., Spink, J., Kildea, S. (2016a): *Effect of azole fungicide mixtures, alternations and dose on azole sensitivity in the wheat pathogen Zymoseptoria tritici*, Plant Pathology, 65, 124–136.
- [45] Stammler, G., Semar, M. (2011): *Sensitivity of Mycosphaerella graminicola (anamorph: Septoria tritici) to DMI fungicides across Europe and impact on field performance*. EPPPO Bulletin, 48, 149–155.
- [46] Heick, T. M., Justersen, A. F., Jørgensen, L. N. (2017): *Resistance of winter wheat pathogen Zymoseptoria tritici to DMI and QoI fungicides in the Nordic-Baltic region – a status*. European Journal of Plant Pathology, 99, 108–117.
- [47] Karaoglanidis, S. G., Ioannidis, P. M., Thanassouloupoulos, C. C. (2000): *Reduced sensitivity of Cercospora beticola isolates to sterol-demethylation-inhibiting fungicides*. Plant Pathology, 49, 567–572.
- [48] Secor, G. A., Rivera, V. V., Khan, M. F. R., Gudmestad, N. C. (2010): *Monitoring fungicide sensitivity of Cercospora beticola of sugar beet for disease management decisions*. Plant Disease, 94, 1272–1282.
- [49] Trkulja, N., Milosavljević, A., Stanisavljević, R., Mitrović, M., Jović, J., Toševski, I., Bošković, J. (2015): *Occurrence of Cercospora beticola populations resistant to benzimidazoles and demethylation-inhibiting fungicides in Serbia and their impact on disease management*. Crop Protection, 75, 80–87.
- [50] Trueman, C. L., Hanson, L. E., Somohano, P., Rosenzweig, N. (2017): *First report of DMI-insensitive Cercospora beticola on sugar beet in Ontario, Canada*. New Disease Reports, 36, 20.
- [51] Dooley, H., Shaw, M. W., Mehenni–Ciz, J., Spink, J., Kildea, S. (2016b): *Detection of Zymoseptoria tritici SDHI-insensitive field isolates carrying the SdhC–H152R and SdhD–R47W substitutions*, Pest Management Science, 72, 2203–2207.
- [52] Rehfus, A., Miessner, S., Achenbach, J., Strobel, D., Bryson, R., Stammler, G. (2016): *Emergence of succinate dehydrogenase inhibitor resistance of Pyrenophora teres in Europe*. Pest Management Science, 72, 1977–1988.
- [53] Јевтић, Р., Телечки, М., Лалић, Б., Михаиловић, Д., Малешевић, М. (2012): *Верификација модела њроїнозе фузариозе класа њшенице*. Биљни лекар, 4, 335–345.
- [54] Wolf, P. F. J., Veerret, J. A. (2000): *An Integrated Pest Management System in Germany for the Control of Fungal Leaf Diseases in Sugar Beet: The IPM Sugar Beet Model*. Plant Disease, 86, 336–344.
- [55] Балаж, Ф., Балаж, Ј., Тошић, М., Стојшин, В., Баги, Ф. (2010): *Фитопатологија – Болести ратарских и њовртарских диљака*, Пољопривредни факултет, Универзитет у Новом Саду.

- [56] Будаков, Д. (2014): *Осејљивосић Cercospora beticola (Sacc.) љроузроковача љејавосићи лишића шећерне рејје љрема фунљицидима*. Нови Сад: Докторска дисертација, Пољопривредни факултет, Универзитет у Новом Саду.
- [57] McDougall, P. (2000): *The Cost of New Agrochemical Product Discovery, Development and Registration in 1995, 2000 and 2005–8*, Available at http://www.croplife.org/view_document.aspx?docId=2478
- [58] Davies, T. G, Field, L. M., Usherwood, P. N., Williamson, M. S. 82007): *DDT, pyrethrins, pyrethroids and insect sodium channels*, IUBMB Life, 59 (3), 151–162.
- [59] Casida, J. E., Durkin, K. A. (2013): *Anticholinesterase insecticide retrospective*. Chemico-Biological Interactions, 203 (1), 221–225.
- [60] Јањић, В. 82005): Фитофармација, Београд, Друштво за заштиту биља Србије.
- [61] Секулић, Р., Спасић, Р., Кереш, Т. (2008): Штеточине поврћа и њихово сузбијање, Пољопривредни факултет, Нови Сад и Земун, Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад.
- [62] Алексић, Г. и сарадници. (2016): Пестициди у пољопривреди и шумарству у Србији 2016, Београд, Друштво за заштиту биља Србије.
- [63] Thieme, T., Heimbach, U., Müller, A. (2010): *Chemical control of insect pests and insecticide resistance in oilseed rape*, in Biocontrol-based Integrated Management of Oilseed Rape Pests, ed. by Williams H. Springer, pp 313–337.
- [64] Heimbach, U., Müller, A. (2013): *Incidence of pyrethroid-resistant oilseed rape pests in Germany*, Pest Management Science, 69, 209–216.
- [65] Jeschke, P., Nauen, R., Schindler, M., Elbert, A. (2011): *Overview of the status and global strategy for neonicotinoids*, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59 (7), 2897–2908.
- [66] Oberemok, V. V., Laikova, V. K., Gninenko, I. Y., Zaitsev, S. A., Nyadar, M. P., Adeyemi, A. T. (2015): *A short history of insecticides*, Journal of Plant Protection Research, 55 (3), 221–226.
- [67] Tomlin, C. D. S. (2006): *The pesticide manual*, The 14th edition. British Crop Protection Council. Alton, Hampshire, UK.
- [68] Hossard, L. et al. (2014): *Effects of halving pesticide use on wheat production*. Sci. Rep. 4, 4405.
- [69] Lechenet, M., Dessaint, F., Guillaume, P., Makowski, D., Munier-Jolain, N. (2017): *Reducing pesticide use while preserving crop productivity and profitability on arable farms*, Nature Plants, 3, 17008.
- [70] <http://www.un.org/en/development/desa/publications/world-population-prospects-2015-revision.html>

*Mirjana Lalošević, Željko Milovac, Goran Malidža,
Vesna Župunski, Stevan Maširević, Radivoje Jevtić*

PESTICIDE USE IN FIELD CROPS

S u m m a r y

One of the greatest challenges of the 21st century is the establishment of sustainable agricultural production that will be able to feed the growing world population. An integral part of the sustainable agricultural production is modern crop production that could not be accomplished without the use of pesticides. Of all pesticides in crop production, herbicides occupy a dominant position in terms of consumed quantities and areas in which they are applied. However, the withdrawal of a large number of pesticides from the market, with respect to the problems of toxicity of certain pesticide groups, has a growing trend in EU countries and in Serbia as well. Also, weeds that are resistant to existing herbicides, phytopathogenic fungi to fungicides and insects to insecticides are growing problem and endanger the existing practice of combating harmful organisms. Scientific research and multi-year practice confirm that reliance solely or predominantly on pesticides is not a sustainable approach. The solution in the future will not be to synthesize more favorable herbicides, fungicides and insecticides, but to implement an integrated pest management in which their application would be minimized.

Key words: sustainable crop production, herbicides, fungicides, insecticides