

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. Miletić 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 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 ЗАШТИТИ УСКЛАДИШТЕНИХ ПРОИЗВОДА

ПЕТАР КЉАЈИЋ*, ГОРАН АНДРИЋ*,
МАРИЈАНА ПРАЖИЋ ГОЛИЋ*

С а ж е т а к. – Значај заштите ускладиштених производа од штетних инсеката на крају друге деценије 21. века постаје есенцијалан. У односу на развијене земље света, у земљама у развоју и даље доминира употреба пестицида над оптимизованом применом осталих мера и метода из интегралног програма, односно над биорационалним приступом управљања складишним штеточинама. Глобално, листа регистрованих активних супстанци пестицида за примену у складишним екосистемима данас је значајно другачија у односу на ранији период, а повећава се и број резистентних популација различитих врста складишних инсеката, због чега је у овом раду, у виду прегледа расположивих података, разматрано постојеће стање и могућности даље примене пестицида/инсектицида и других познатих решења, као и алтернативних мера заштите ускладиштених производа.

Кључне речи: ускладиштени производи, штетни инсекти, пестициди

УВОД

На крају 20. века је концепт интегралног управљања штеточинама, *Integrated Pest Management* – *IPM*, у заштити ускладиштених производа још увек био у фази тежње за масовнијом применом, посебно у земљама у развоју и оним које припадају влажнијим климатским зонама у свету [1]. После увођења пестицида (контактних инсектицида и фумиганата) 70-их година прошлог века, као ефективне технике заштите, очекивало се да ће се интензивирати истраживања и примена алтернативних решења и оптимизованих процедура уз ослањање на мониторинг и процену ризика. Међутим, то се није десило у многим земљама света, али ни у нашој земљи, иако је у СФР Југославији постојало опредељење да се уведе овај концепт заштите ускладиштених производа [2].

На почетку друге деценије 21. века је, као алтернатива примени конвенционалних инсектицида, разматран потенцијал примене биорационалног приступа управљања складишним инсектима како би се смањили

* Институт за пестициде и заштиту животне средине Београд – Земун,
petar.kljajic@pestring.org.rs

већ „устаљени“ послежетвени губици од 9% у развијеним земљама и око 20% у земљама у развоју [3]. Повод за то је, са једне стране, промењен избор регистрованих инсектицида и све раширенија појава резистентности складишних инсеката на контактне инсектициде и фумиганте, а са друге све израженији захтеви тржишта хране за производима без инсеката и остатака пестицида. Према овим ауторима наведени приступ подразумева обавезно спровођење хигијене у складиштима, погонима за прераду и трговину биљним производима и прерађевинама као прве мере заштите, а затим коришћење, у оптимизованом односу, природних непријатеља и температуре, клопки са феромонима/храном, узорковање/прикупљање инсеката при уношењу/елевирању у складишта, уз обједињавање података у компјутерима ради доношења правилних и правовремених одлука са ниским ризиком по здравље људи и животну средину.

На крају друге деценије овог века, значај заштите ускладиштених биљних производа од штеточина све је већи, односно постаје есенцијалан за обезбеђење довољне количине залиха хране у свету, посебно ако се имају у виду подаци Организације за храну и пољопривреду Уједињених нација, *Food and Agriculture Organization (FAO)*, по којима ће људска популација глобално 2050. године достићи 9,8 милијарди, што је око 70% више у односу на 5,6 милијарди људи колико је на нашој планети било 1995. године [4]. То значи да ће за задовољење потребе људи за храном, у зависности од регионалног повећања броја становника, бити неопходно да индустријски развијене земље производњу хране задрже бар на садашњем нивоу, а да је земље у развоју повећају два до пет пута. Исти аутори додају да је то могуће само ако се јавни ресурси употребе и за истраживања о примени програма *IPM* у заштити ускладиштених производа, односно на комбиновање њихових делова, усмеравање и економско организовање, уз одређивање правог времена за деловање/примену у практичним условима и сталну анализу коштања – делотворности предузетих мера.

Очигледно је да у земљама у развоју и, посебно, неразвијеним земљама у односу на развијене земље света још увек постоје велике разлике у приступу и непосредном организовању заштите ускладиштених производа уз, и даље, значајано ослањање на примену пестицида, што ће у овом раду, у виду прегледа расположивих података, бити разматрано.

СКЛАДИШНЕ АРТРОПОДЕ (ИНСЕКТИ И ГРИЊЕ) И ЊИХОВ ЗНАЧАЈ

Инсекти и гриње непосредно праве штету на ускладиштеним производима, а ради разумевања њиховог живота и штетности могу се поделити на врсте које се хране унутрашњим деловима ускладиштених производа, односно на примарне штеточине чије се ларве развијају унутар зрна и заједно са адултима оштећују цела зрна, и на штеточине које се хране спољним делови-

ма, секундарне штеточине, чије су ларве и адулти споља/на производима и хране се оштећеним зрнима, прашином од жита или млевеним производима од жита [3]. Најзначајније врсте које припадају првој групи штеточина су: на ускладиштеној пшеници *Rhyzoperta dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) и *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae), на кукурузу *Sitophilus zeamais* (Motsch.) (Coleoptera: Curculionidae) и *Sitotroga cerealella* (Oliv.) (Lepidoptera: Gelechiidae), и на пиринчу *R. dominica*, *S. oryzae* и *S. cerealella*. Од секундарних врста најзначајније су *Tribolium castaneum* (Herbst) и *Tribolium confusum* (Jacquelin du Val) (Coleoptera: Tenebrionidae), затим *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (Coleoptera: Laemophloeidae) и *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Silvanidae). Такође, значајне су и *Trogoderma granarium* (Everts) (Coleoptera: Dermestidae), позната карантинска врста, затим житна гриња *Acarus siro* (L.) (Acari: Acaridae) и прашна ваш *Liposcelis bostrychophila* (Bado- nnel) (Psocoptera: Liposcelidae) [3, 5, 6, 7, 8].

Статус наведених складишних инсеката у погледу штетности (табела 1) одређен је у складу са принципима које је дефинисао Rees [6], где доминирају деструктивне врсте које проузрокују и потпуну штету, означене бројем 4, а мало је врста које могу да проузрокују штету, означених бројем 2.

Њихово присуство у храни може имати директне и индиректне ефекте и на здравље људи [9], где је контаминација хране деловима артропода, фецесом и сличним контаминантима, који проузрокују алергијске реакције код људи, али и карциногене ефекте, најчешћи директан ефекат, док њихово присуство може да промени услове у складишту (температуру и влажност), као најзначајнији индиректан ефекат, због чега производи могу бити изложени брзом развоју гљива и других микроорганизама од којих неке гљиве могу да произведу токсине опасне по здравље људи (нпр. афлатоксине). Према истим ауторима инсекти могу активно и пасивно да допринесу ширењу микроорганизама, повећавајући контаминацију производа, али и бити домаћини бактерија које су развиле резистентност на антибиотике код људи, као и домаћини и преносиоци предатора или паразитоида, смештених у дигестивном тракту људи.

Инсекти и гриње спадају у организме чија температура тела зависи од спољашње температуре (поиклотерми), због чега су врсте које су се прилагодили животу у складиштима најчешће тропског и субтропског порекла, и не одговарају им велике осцилације температура [7, 10, 11, 12]. Према подацима приказаним у табели 2 оптимална температура за њихово развиће је у распону 25–33°C, субоптималне су 13–25°C и 33–35°C, а леталне ниже од 13°C и више од 35°C, због чега се у складиштима може запазити да се при неповољним условима њихова активност смањује, а метаболизам и развиће успоравају, што, све заједно, значајно утиче и на успешност примене различитих мера и метода сузбијања.

Табела 1. Најзначајније штетне врсте складишних аргропода (инсеката и гриња) [6, 7, 21, 65]

Фамилија	Врста – научни назив	Врста – народни назив	Категорија штеточине	Статус *
Ред Coleoptera – тврдокрилице				
Chrysomelidae: Bruchine	<i>Acanthoscelides obtectus</i> (Say)	пасуљев жижак	Примарна	4
Curculionidae	<i>Sitophilus granarius</i> (Linnaeus)	житни жижак	Примарна	3
Curculionidae	<i>Sitophilus oryzae</i> (Linnaeus)	пиринчани жижак	Примарна	4
Curculionidae	<i>Sitophilus zeamais</i> (Motschulsky)	кукурузов жижак	Примарна	4
Bostriichidae	<i>Rhizopertha dominica</i> (Fabricius)	ризоперта	Примарна	4
Anobiidae	<i>Lasioderma serricorne</i> (Fabricius)	дуванова дуба	Примарна	3
Silvanidae	<i>Oryzaephilus surinamensis</i> (Linnaeus)	суринамски брашнар	Секундарна	4
Laemophloeidae	<i>Cryptolestes ferrugineus</i> (Stephens)	криптолестес	Секундарна	4
Tenebrionidae	<i>Tribolium castaneum</i> (Herbst)	кестењасте брашнар	Секундарна	4
Tenebrionidae	<i>Tribolium confusum</i> (Jacquelin du Val)	мали брашнар	Секундарна	4
Tenebrionidae	<i>Tribolium madens</i> (Charpentier)	мали црни брашнар	Секундарна	2
Trogossitidae	<i>Tenebrioidea mauritanicus</i> (Linnaeus)	мауритански брашнар	Секундарна	2
Dermestidae	<i>Trogoderma granarium</i> (Everts)	трогодерма жита	Примар./Секунд.	4
Ред Lepidoptera – лептири				
Pupalidae: Phycitinae	<i>Plodia interpunctella</i> (Hübner)	бакренасти мољац	Секундарна	4
Pupalidae: Phycitinae	<i>Ephesia kuehniella</i> (Zeller)	брашнени мољац	Секундарна	3
Pupalidae: Phycitinae	<i>Ephesia elutella</i> (Hübner)	дуванов мољац	Секундарна	3
Gelechiidae	<i>Sitotroga cerealella</i> (Olivier)	житни мољац	Примарна	3
Tineidae	<i>Nemapogon granella</i> (Linnaeus)	амбарски мољац	Примарна	/
Ред Psocoptera – праашне ваши				
Liposcelidae	<i>Liposcelis bostrychophila</i> (Badonnel)	/	Секундарна	2
Ред Acari – гриње				
Acaridae: Acarinae	<i>Acarus siro</i> (Linnaeus)	житна гриња	Секундарна	/
Glyciphagidae	<i>Glyciphagus domesticus</i> (de Geer)	кућна гриња	Секундарна	/
Acariidae	<i>Tyrophagus putrescentiae</i> (Schrank)	гриња плесни	Секундарна	/

* 1 = ретко проузрокује значајну штету; 2 = може да проузрокује штету; 3 = може да проузрокује значајну штету; 4 = деструктивна, проузрокује и потпуну штету

Табела 2. Ефекти температура на штетне врсте складишних инсеката [12]

Зона	Температура (°C)	Ефекти
Летална	изнад 62	Угинуће за мање од 1 минута
	50–62	Угинуће за мање од 1 часа
	45–50	Угинуће за мање од 1 дана
	35–42	Популације угињавају напољу, покретни инсекти траже хладнију средину
Субоптимална	35	Максимална температура за размножавање
	33–35	Успорено повећање бројности популације
Оптимална	25–32	Максимално повећање бројности популације
Субоптимална	13–24	Успорено повећање бројности популације
Летална	5–13	Споро угињавање
	3–5	Кретање престаје
	од 0 до -10	Угинуће у недељама, или месецима ако су аклиматизовани
	од -15 до -25	Угинуће за мање од 1 часа

Мониторинг присуства штеточина у складишним екосистемима кључан је елемент примене концепта *IPM*, односно правилног избора и правременог одређивања мера или метода за њихово сузбијање [2, 9]. Због тога је Администрација за храну и лекове из САД, *US FDA – Food and Drug Administration*, 1998. године одредила ниво оштећења жита када треба предузимати мере сузбијања, *Defect Action Level – DAL*. Код пшенице су то 32 оштећена зрна од инсеката у 100 g узорка, а код пшеничног брашна 75 делова инсеката у 50 g узорка. За утврђивање контаминације инсектима преко оштећених зрна *Insect Damaged Kernels – IDK* се најчешће користи више метода, од визуелне преко примене *ELISA* теста, до *PCR* теста. Закључак истих аутора, али и [13], приказаних у табели 3, је да постоје два елемента које треба узимати у обзир приликом одређивања момента за деловање/сузбијање: 1) ниво економског губитка, настао услед пада цене оштећене робе на тржишту, који је већи него цена сузбијања са повезаним трошковима, *Economic Injury Level – EIL*, и 2) економски праг штетности када се процењује да ли ће сузбијање редуковати бројност инсеката, а да не настану наведени економски губици, *Economic Threshold – ET*. У САД је, на пример, код жита важеће да је $EIL \geq 2$ инсекта/kg пшенице, односно $IDK \geq 32$ оштећена зрана/100 g узорка, а код брашна $IDK \geq 5$. У Европи, па и у Србији, за инсекте и њихове делове у ускла-

диштеним производима и храни важи нулта толерантност, што је по оцени [9] нереално, јер се и поред тога њихови делови често детектују у промету производа од жита, брашна и гриза.

Табела 3. Економски праг штетности складишних инсеката [13]

Врста инсекта	Врста производа/ складишта	Ниво напада
Непрерађена роба		
<i>Acanthoscelides obtectus</i> (Say)	Пасуљ	4% оштећеног пасуља
<i>Sitophilus zeamais</i> (Motschulsky)	Кукуруз	10–20 инс. /клипови кукуруза
<i>Rhyzoperta dominica</i> (Fabricius)	Елеватор за пшеницу	2 инсекта/kg пшенице
<i>Cryptolestes ferrugineus</i> (Stephens)	Пшеница	2 инсекта/kg пшенице
<i>Tribolium castaneum</i> (Herbst)	Подно складиште пиринча	40 инсеката/клопка са мамком
Биљни производи током прераде		
<i>Sitophilus oryzae</i> (Linnaeus)	Млин за пиринач	0, 5 инсекта/клопка
<i>Lasioderma serricorne</i> (Fabricius)	Дуван	5 инсеката/клопка/1 недеља
<i>Tribolium castaneum</i> (Herbst)	Млин за брашно	2,5 инсекта/клопка/2 недеље
Малопродајни објекти		
<i>Plodia interpunctella</i> (Hübner)	Подно складиште	2 инсекта/клопка/дан
<i>Sitophilus</i> spp.	Храна за кућне љубимце	0,62 инсекта/клопка/1 недеља
<i>Sitophilus zeamais</i> (Motschulsky)	Трговине кукурузом	5–6% штете

ПРИМЕНА ПЕСТИЦИДА (КОНТАКТНИХ ИНСЕКТИЦИДА И ФУМИГАНАТА)

Примена контактних инсектицида и фумиганата у сузбијању складишних инсеката и гриња је, и поред тенденције смањења примене у складишним екосистемима, и даље најзначајнији сегмент интегралног програма управљања овим штеточинама. Такође, контактни инсектициди се издвајају као најефикаснија алтернатива за фумигант метил дромид, који се због негативног утицаја на озонски омотач у развијеним земљама света повлачи из употребе [3, 14].

Примена контактних инсектицида има предност у односу на фумиганте због мање опасности по људе који их примењују, ефективнији су у сузбијању штетних инсеката у објектима који су оштећени или не испуњавају стандарде за примену фумиганата, а сузбијају присутне и нове инсекте који нападају биљне производе при дужем складиштењу [2, 15]. Намењени су за третирање складишног простора и/или директно биљних производа при уношењу у складиште или при њиховом премештању, а најчешће се примењују у течном облику [15, 16]. На глобалном нивоу се најчешће користе органофосфати и пиреториди и, у мањој мери, регулатори раста инсеката, а избор регистрованих препарата, на бази различитих активних супстанци, зависи од интереса произвођача и потреба тржишта [2, 16, 17, 18]. До сада су, од органофосфата најчешће примењивани малатион, дихлорвос, хлорпирифос-метил, пиримифос-метил и фенитропион, а мање метакрифос и етримфос. Од пиретроида су најчешће примењивани делтаметрин и цифлутрин, са и без синергиста пиперонил бутоксида, док се мање користе пиретрин, перметрин, ресметрин, биоресметрин, циперметрин и фенвалерат. Од регулатора раста се најчешће користи метопрен.

У Србији су за ове намене регистровани препарати на бази малатиона, пиримифос-метила, делтаметрина и циперметрина (табела 4) [19], док се из доступних база података земаља Европске уније може видети да су поред познатих инсектицида, дихлорвоса и хлорпирифос-метила, регистровани и препарати природног порекла, на бази диатомејске земље и пиретрина, што указује да је, данас, листа расположивих активних супстанци пестицида значајно другачија него што је то било у ранијем периоду.

Фумиганти су хемијска једињења која у гасовитом стању продиру кроз материјал изложен фумигацији, проузрокујући угинуће свих присутних штетних артропода и њихових развојних стадијума [20]. Немају продужено деловање, а за успех фумигације неопходна је добра херметизација складишног објекта, постизање потребне концентрације гаса за дату количину робе и дужина излагања (експозиција), с тим да температура буде нижа од 30°C, а влажност зрна 2–3% нижа од прописане за складиштење [21, 22]. Од фумиганата се у свету, па и у Србији (табеле 5 и 6), највише користи фосфин из алуминијум или магнезијум фосфида [19, 21, 23], док је у Немачкој регистрован и сулфурил-флуорид.

Табела 4. Контактни инсектициди регистровани за сузбијање складишних инсекага у Србији [19]

Активна супстанца	Препарат (садржај а. с)	Формулација	Количина примене препарата	Начин примене	Штетне врсте *
Циперметрин	Ambarin (200 g/L)	Концентрат за емулзију – ЕС	20 mL/1 L воде/1 t зрна 60 mL /10 L воде/100 m ²	Наношење на зрна меркантилног и семенског жита Наношење на складишне површине (од бетона)	Сви складишни инсекти из реда Coleoptera и Lepidoptera
Делтаметрин + пиперонил бутаоксид (синергист)	K-Obiol ЕС 25 (25 g/L + 225 g/L)	Концентрат за емулзију – ЕС	Меркантилна роба 10 mL/1 L воде/1 t зрна Семенска роба 40 mL/1 L воде/1 t зрна	Наношење на зрна меркантилног и семенског жита, кукуруза и махунарки	Ао, Ос, Rd, Sg
Малатион	Етиол специјал (10 g/kg)	Прашиво за запрашивање – DP	100 g /100 kg зрна	Запрашивање у току елевације зрна	Ао, Sg, Со, Sc, Tc, Tconf
	Етиол течни (600 g/L)	Концентрат за емулзију – ЕС	0,2–0,3% (20–30 mL/1 L воде уз утршак 7–8 L раствора/100 m ³)	Третирање празних складишта	Сви складишни инсекти из реда Coleoptera и Lepidoptera
Пиримифос-метил	Астелис 50 (500 g/L)	Концентрат за емулзију – ЕС	Празна складишта 0,75–1,50 mL/25–150 mL воде/1 m ² Празне вреће 0,5 mL/50 mL воде/1 m ² Зрна жита и кукуруза 8,0 mL/1 L t зрна, уз додатак 0,5–1,0 L воде/1 m ²	Третирање празних складишта, празних врећа, и наношење на зрна жита и кукуруза	Sg, Со, Tconf, Tc, Tmad, Os, Tg, Ek, Sc, Pi

* Ао – *Acanthoscelides obtectus* Say; Sg – *Sitophilus granarius* L.; Со – *Sitophilus oryzae* L.; Tconf – *Tribolium confusum* DuVal.; Tc – *Tribolium castaneum* Herbst; Tmad – *Tribolium madens* Chapr.; Tgran – *Trogoderma granarium* Everts; Rd – *Rhyzopertha dominica* F.; Pi – *Plodia interpunctella* Hbn.; Sc – *Sitotroga cerealella* Oliv.; Ek – *Ephestia kuehniella* Zell.; Os – *Oryzaephilus surinamensis* L.

Табела 5. Фумиганти на бази фосфина из алуминијум-фосфида регистровани у Србији [19]

Активна супстанца	Препарат (садржај а. с)	Формулација	Количина примене препарата	Наčin примене	Штетне врсте*
Фосфин из алуминијум-фосфида	Deti gas EX B (570 g/kg)	Прашиво у порозним кесицама – РW	<u>Празно складиште/силос</u> 1 кесица или трака/5-120 m ³ <u>Силос са робом/Расута роба</u> 1 кесица, трака, прекривач/2-600 t/ 1 кесица, трака, прекривач/1-300 t <u>Роба у врећама са перадом/без пераде</u> 1 кесица или трака/4-120 m ³ / 1 кесица, трака или прекривач/1-500 m ³ <u>Дуван (у балама и сандуцима)</u> 2 кесице, траке или прекривача/28-2831 m ³ Брод са робом 1 прекривач/1000 m ³ <u>Експозиција 4-5 дана</u>	Третирање празних складишта; третирање зрна жита, махунарки и дувана у складишту/ броду/ врећама	<u>Инсекти</u> <i>Ao, Sg, So, Trib, Tmaurit, Trgran, Rd, Ls, Ee, Ek, Sc, Pi</i> <u>Гриње</u> <i>As, Gd, Gdom, Gpriv, Tr, Pl</i>
Phostec (560 g/kg)	Пелете за директну примену – РТ		<u>Празно складиште/силос</u> 8-15 пелета/1 m ³ <u>Складиште са робом</u> 15-40 пелета/1 t	Третирање празних складишта; третирање зрна жита	<u>Инсекти</u> <i>Ao, Sg, Sz, Tmol, Tc, Tconf, Tmaurit, Trgran, Ee, Ek, Pi, Ls</i>
Phostoxin kuglice (560 g/kg)	Округле таблете – ТВ		<u>Празно складиште/млин</u> 1-3 култице/1 m ³ <u>Складиште са робом</u> 2-6 култица/1 t <u>Роба у врећама</u> 1-3 култице/1 m ³ <u>Дуван (у балама и сандуцима)</u> ½ култице/1 m ³ <u>Експозиција 4 дана</u>	Третирање празних складишта; третирање зрна жита, махунарки и дувана у складишту/ броду/врећама	<u>Инсекти</u> <i>Ao, Sg, So, Trib, Os, Tmol, Tmaurit, Trgran, Rd, Ls, Ee, Ek, Sc, Pi</i> <u>Гриње</u> <i>As, Gd, Gdom, Gpriv, Tr, Pl</i>

Активна супстанца	Препарат (садржај а. с)	Формулација	Количина примене препарата	Начин примене	Штетне врсте*
Фосфин из алуминијум-фосфида	Phostoxin pelete (560 g/kg)	Пелете за директну примену – РТ	<u>Празно складиште</u> 5-15 пелета/1 m ³ <u>Складиште са робом</u> 10-25 пелета/1 m ³ Роба у врећама 5-25 пелета/1 m ³ <i>Ексийозиција 4-5 дана</i>	Третирање празних складишта; третирање зрна жита и махунарки у складишту/ врећама	Инсекти Ao, Sg, So, Trib, Os, <i>Tmol, Tmaurit, Tgrgran, Rd, Ls, Ee, Ek, Sc, Pi</i> Првиње As, Gd, Gdom, <i>Gpriv, Tr, Tl</i>
	Phostoxin tablete (560 g/kg)	Округле таблете – ТВ	<u>Празно складиште</u> 1-3 таблете/1 m ³ <u>Складиште са робом</u> 2-5 таблета/1 m ³ Роба у врећама 1-5 таблета/1 m ³ <i>Ексийозиција 4-5 дана</i>	Третирање празних складишта; третирање зрна жита и махунарки у складишту/ врећама	Инсекти Ao, Sg, So, Trib, Os, <i>Tmol, Tmaurit, Tgrgran, Rd, Ls, Ee, Ek, Sc, Pi</i> Првиње As, Gd, Gdom, <i>Gpriv, Tr, Tl</i>
	Quickphos (560 g/kg)	Пелете за директну примену – РТ	<u>Празно складиште</u> 5-15 пелета/1 m ² <u>Силос са робом</u> 10-25 пелета/1 t <u>Складиште са упукованом робом</u> 5-10 пелета/1 m ³ <i>Ексийозиција 3-7 дана</i>	Третирање празних складишта; третирање зрна жита и махунарки у складишту/ врећама	Инсекти Ao, Sg, So, Trib, Os, <i>Tmol, Tmaurit, Tgrgran, Rd, Ls, Ee, Ek, Sc, Pi</i> Првиње As, Gd, Gdom, <i>Gpriv, Tr, Tl</i>

* Ao – *Acanthoscelides obtectus* Say; Sg – *Sitophilus granarius* L.; So – *Sitophilus oryzae* L.; Sz – *Sitophilus zeamais* Motsch.; Trib – *Tribolium spp.*; Tconf – *Tribolium confusum* DuVal.; Tc – *Tribolium castaneum* Herbst; Tmad – *Tribolium madens* Sharp; Tmol – *Tenebrio molitor* L.; Tmaurit – *Tenebrioides mauritanicus* L.; Tgrgran – *Trogoderma granarium* Everts; Rd – *Rhyzopertha dominica* F.; Ls – *Lasioderma serricorne* F.; Pi – *Plodia interpunctella* Hbn.; Sc – *Sitotroga cerealella* Oliv.; Ee – *Ephesia elutella* Hbn.; Ek – *Ephesia kuehniella* Zell.; As – *Acarus siro* L.; Gd – *Glycophagus destructor* Sch.; Gdom – *Glycophagus domesticus* DeGeer; Gpriv – *Glycophagus privatus* Oud.; Tr – *Tyrophagus putrescentiae* Sch.; Tl – *Tyrophagus longior* Gerv.

Табела 6. Фумиганти на бази фосфина из магнезијум-фосфида регистровани у Србији [19]

Активна сулстанца	Препарат (садржај а. с)	Формулација	Количина примене препарата	Начин примене	Штетне врсте *
Фосфин из магнезијум-фосфида	Degesch ploče (560 g/kg)	Плоче за директну примену – PL	Празно складиште/млин 2-3 плоче/30 m ³ Роба у врећама 1-2 плоче/30 m ³ Дуван (у балама и сандуцима) 1 плоча/30 m ³ Експозиција 3-4 дана	Третирање празних складишта; третирање зрна жита, махунарки и дувана у складишту/врећама	<u>Инсекти</u> Ao, Sg, So, Trib, Tmaurit, Trgran, Rd, Ls, Ee, Ek, Sc, Pi Гриње As, Gd, Gdom, Gpriv, Tr, Tl
Magtoxin granule (960 g/kg)	Грануле – GR	Празно складиште/млин 2-6 g гранула/1 m ³ Складиште са робом/силос и вреће 4-10 g гранула/ 1 m ³ /t Експозиција 3-5 дана	Третирање празних складишта; третирање зрна жита, махунарки и дувана у складишту/врећама	<u>Инсекти</u> Ao, Sg, So, Trib, Tmaurit, Trgran, Rd, Ls, Ee, Ek, Sc, Pi Гриње As, Gd, Gdom, Gpriv, Tr, Tl	
Magtoxin pelete (660 g/kg)	Пелете за директну примену – PT	Празно складиште/млин 5-15 пелета/1 m ³ Складиште са робом/силос и вреће 25 пелета/1 m ³ Складиште са дуваном 25 пелета/1 m ³ Експозиција 4-5 дана	Третирање празних складишта; третирање зрна жита, махунарки и дувана у складишту/врећама	<u>Инсекти</u> Ao, Sg, So, Trib, Os, Tmol, Tmaurit, Trgran, Rd, Ls, Ee, Ek, Sc, Pi Гриње As, Gd, Gdom, Gpriv, Tr, Tl	

* Ao – *Acanthoscelides obtectus* Say; Sg – *Sitophilus granarius* L.; So – *Sitophilus oryzae* L.; Sz – *Sitophilus zeamais* Motsch.; Trib – *Tribolium* spp.; Tconf – *Tribolium confusum* DuVal.; Tc – *Tribolium castaneum* Herbst; Tmad – *Tribolium madens* Chapr.; Tmol – *Tenebrio molitor* L.; Tmaurit – *Tenebrio mauritanicus* L.; Trgran – *Trogoderma granarium* Everts; Rd – *Rhyzopertha dominica* F.; Ls – *Lasioderma serricorne* F.; Pi – *Plodia interpunctella* Hbn.; Sc – *Sitotroga cerealella* Oliv.; Ee – *Ephesia elutella* Hbn.; Ek – *Ephesia kuehniella* Zell.; As – *Acarus siro* L.; Gd – *Glycophagus destructor* Sch.; Gdom – *Glycophagus domesticus* DeGeer; Gpriv – *Glycophagus privatus* Oud.; Tr – *Tyrophagus putrescentiae* Sch.; Tl – *Tyrophagus longior* Gerv.

РЕЗИСТЕНТНОСТ СКЛАДИШНИХ ИНСЕКТА НА ИНСЕКТИЦИДЕ

На почетку разматрања ове појаве, као глобалног проблема, важно је истаћи да складишни инсекти испољавају различиту природну осетљивост на контактне инсектициде [24, 25]. На пример, врсте из рода *Sitophilus* су значајно осетљивије на органофосфате него на пиретроиде, док су *R. dominica* веома осетљива на пиретроиде, а мање на органофосфате, посебно на пиримифос-метил. Врста *T. castaneum* је осетљивија на пиретроиде, а мање на органофосфате, нарочито на малатион на који овај инсект брзо развија резистентност. Такође, треба имати у виду и могућност преживљавања складишних инсеката услед наношења сублеталне дозе контактних инсектицида, које могу стимулисати продукцију потомства, односно индуковати хормезу код жижака *S. granarius* [26] и *S. zeamais* [27, 28].

Резистентност складишних инсеката је, најчешће, израженија код контактних инсектицида него код фумиганата [29, 30, 31]. Вишегодишња примена једног и/или сродних инсектицида је довела до појаве промењене осетљивости/резистентности појединих популација складишних инсеката на те инсектициде. На развој резистентности поред селекционог притиска утичу и особине врста складишних инсеката уз активну улогу услова средине, где посебан значај има температура [29, 30, 32].

До сада је, рачунајући од 1976. године и првог обимнијег прикупљања података у организацији *FAO* о стању резистентности складишних инсеката на контактне инсектициде [33], код највећег броја тестираних популација констатована резистентност на један инсектицид са једним механизмом деловања, где се по распрострањености издваја резистентност *T. castaneum* на малатион, позната као специфична резистентност [24, 29, 30]. Укрштена и мултирезистентност, као опаснији типови резистентности, најчешће су утврђивани у топлијим подручјима, код популација *S. zeamais* из Бразила и Мексика, и популација *R. dominica*, *O. surinamensis* и *T. castaneum* из Аустралије [34, 35, 36, 37, 38]. Резистентност је у Србији утврђена на делтаметрин и пиримифос-метил код неколико популација *S. granarius*, и на малатион код више популација *T. castaneum*, док код тестираних популација *S. oryzae* није утврђена резистентност [32, 39, 40, 41].

На фумиганте је код складишних инсеката, по подацима из 1976. године датим од стране организације *FAO*, само код 4,7% тестираних врста утврђена резистентност на метил-бромид, а код 9,7% на фофин [33]. Резистентност на оба ова фумиганта је најчешће утврђивана код *T. confusum*, док је резистентност на фосфин била израженија код популација из топлијих климатских подручја, код *S. oryzae*, *T. castaneum* и *T. confusum* из Индије, Гвајане и САД, и код појединих популација *R. dominica* из Индије.

Почетком овог века су високи нивои резистентности на фосфин најчешће утврђивани код популација *T. castaneum* и *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) из САД, и код популација *R. dominica* и *S. oryzae* из

Индије и Кине и, посебно, Аустралије [17, 42, 43]. Најновији подаци из Аустралије показују да је све више популација *S. oryzae* са слабом и јаком резистентношћу на фосфин [44]. Слична ситуација је утврђена и у САД, у Калифорнији, Флориди и Оклахоми, код популација *R. dominica*, *T. castaneum* и *C. ferrugineus*, док, на пример, у складиштима у Канади није утврђена резистентност популација ових врста складишних инсеката [45, 46, 47]. У Турској су регистровани високи нивои резистентности код *S. oryzae* и, посебно, *O. surinamensis* и *R. dominica* [48, 49].

МОГУЋА РЕШЕЊА РЕЗИСТЕНТНОСТИ СКЛАДИШНИХ ИНСЕКАТА

Познато је да је у оквиру тактике управљања овом појавом, као саставног дела примене програма ИРМ, основни задатак спречавање настанка и развоја резистентности код популација штеточина [50, 51]. И код складишних инсеката се превазилажење проблема резистентности у суштини ослања на правовремену детекцију, утврђивањем на самом почетку њеног развоја, и мониторингу, сагледавањем достигнутог нивоа промена до којих долази током времена [33, 39, 52, 53].

Једно од решења може да буде самостална или комбинована примена посебно формулисаних познатих активних супстанци, као што су, на пример, пиримифос-метил, делтаметрин и хлорпирифос-метил, и/или њихових препарата [54, 55, 56]. Последњих година се све више испитује могућност примене нових инсектицида као што су неоникотиноиди имидаклоприд и тиаметоксам, затим спинеторам, самостално или у комбинацији са тиаметоксамом [57, 58, 59], и синтетисани инсектициди природног порекла, абамектин и спиносад [57, 60, 61], те се ускоро може очекивати њихова регистрација за примену у складиштима.

Новији фумигант сулфурил-флуорид може да буде адекватно решење за популације складишних тврдокрилаца резистентне на фосфин, с тим да је при његовој примени неопходна дужа експозиција ради избегавања преживљавања јаја инсеката и каснијег опоравка популација [62, 63, 64].

Примена високих и ниских температура, као физичке мере сузбијања складишних инсеката, ефективна је за популације резистентне на инсектициде, не оставља штетне резидуе у биљним производима и храни, а ризик за оператере је минималан [12, 65]. Директна примена температуре 50°C, као минималне ефективне температуре за сузбијање складишних инсеката, је скупа и ризична мера, јер при дужим излагањима може да проузрокује оштећење опреме и осетљивих материјала [12]. Температура 5°C, током три месеца излагања, може успешно да заустави развој присутних популација штетних инсеката у ускладиштеном житу, док је за њихову потпуну елиминацију потребно знатно дуже излагање, око 10 месеци [66].

Инсекти на вишим температурама, због промена у физиолошко-биохемијским процесима, брже усвајају инсектициде, услед чега се повећава

брзина деловања [67], што је важно при избору одговарајуће комбинације за њихово сузбијање. Тако је утврђено да применом нижих количина делтаметрина и тиаметоксама на 50°C може успешно да се заштити пшеница од *S. oryzae*, али и, супротно, да се применом нижих количина бифентрина и, посебно, спиносада на 50°C стимулише продукција потомства [68].

Од инертних прашива као инсектицида природног порекла ефикасних за популације резистентне на инсектициде највећи значај имају диатомејска земља и природни зеолит [69, 70, 71], с тим да треба имати у виду да им се ефикасност значајно смањује при већој влажности ваздуха или супстрата, а када се примене у количини > 1 g/kg могу да смање хектолитарску масу жита и повећају запрашеност зрна [71, 72, 73, 74, 75], због чега се ређе користе у силосима.

ЗАКЉУЧЦИ

Савремена заштита ускладиштених производа састоји се од хармонизоване и оптимизоване примене различитих мера и метода које, уз мониторинг присуства штетних инсеката у складиштима, треба да обезбеде успешну примену пестицида, а да се избегне непотребна контаминација хране и животне средине.

Примена инсектицида у складишним екосистемима је, и поред низа недостатака, и даље најзначајнији сегмент интегралног програма сузбијања складишних инсеката.

Листа расположивих регистрованих активних супстанци инсектицида за заштиту ускладиштених производа је данас значајно другачија него у ранијем периоду.

Могућа решења резистентности популација складишних инсеката на инсектициде је увођење у примену нових активних супстанци и/или комбинација постојећих активних супстанци, али и примена алтернативних мера сузбијања, првенствено физичких мера, самостално и/или у комбинацији са синтетисаним инсектицидима или инсектицидима природног порекла.

Захвалница

Овај рад је резултат ангажовања аутора на Пројекту ИИИ 46008 који финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] Haines, C. P. (2000): IPM for food storage in developing countries: 20th century aspirations for the 21st century, Crop Protection, 19, pp. 825-830.

- [2] Кљајић, П. (2008): Сузбијање штетних инсеката ускладиштеног жита, У: Заштита ускладиштених биљних производа од штетних организама (П. Кљајић, уредник), Београд: Институт за пестициде и заштиту животне средине, стр. 67-101.
- [3] Phillips, T.W., Throne, J.E. (2010): Biorational approaches to managing stored-product insects, *Annual Review of Entomology*, 55, 375-397.
- [4] Hagstrum, D. W., Phillips, T. W. (2017): Evolution of stored-product entomology: protecting the world food supply, *Annual Review of Entomology*, 62, 379-397.
- [5] Boczek, J. (1991): Mite pests in stored food, In: *Ecology and management of food-industry pests* (J.R. Gorham, editor), Virginia, USA: Association of Official Analytical Chemists, pp. 441-457.
- [6] Rees, D. (2004): *Insects of stored products*, Collingwood, Australia: CSIRO Publishing, p. 181.
- [7] Алмаши, Р. (2008): Штетне артропode ускладиштеног жита и производа од жита, У: Заштита ускладиштених биљних производа од штетних организама (П. Кљајић, уредник), Београд: Институт за пестициде и заштиту животне средине, str. 9-38.
- [8] Hagstrum, D. W., Phillips, T. W., Cuperus, G. (2012): *Stored product protection*, Manhattan, USA: Kansas State University, Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, p. 350. <http://www.ksre.ksu.edu/bookstore/pubs/S156.pdf>
- [9] Hubert, J., Stejskal, V., Athanassiou, C. G., Throne, J. E. (2018): Health hazards associated with arthropod infestation of stored products, *Annual Review of Entomology*, 63, 353-373.
- [10] Howe, R. W. (1965): A summary of optimal and minimal conditions for population increase of some stored products insects, *Journal of Stored Products Research*, 1, 177-184.
- [11] Fields, P. (1992): The control of stored-product insects and mites with extreme temperatures, *Journal of Stored Products Research*, 28, 89-118.
- [12] Fields, P., Subramanyam, B., Hulasare, R. (2012): Extreme temperatures, In: *Stored product protection* (D.W. Hagstrum, T.W. Phillips, G. Cuperus, G), Manhattan, USA: Kansas State University, Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, pp. 179-190. <http://www.ksre.ksu.edu/bookstore/pubs/S156.pdf>
- [13] Hagstrum, D. W., Flinn, P. W. (2014): Modern stored-product insect pest management, *Journal of Plant Protection Research*, 54, 205-210.
- [14] Arthur, F. H. (2012): Aerosols and contact insecticides as alternatives to methyl bromide in flour mills food production facilities and food warehouses, *Journal of Pest Science*, 85, 323-329.
- [15] Arthur, F. H., Subramanyam, B. (2012): Chemical Control in Stored Products, In: *Stored product protection* (D.W. Hagstrum, T.W. Phillips, G. Cuperus, G), Manhattan, USA: Kansas State University, Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, pp. 95-100. <http://www.ksre.ksu.edu/bookstore/pubs/S156.pdf>
- [16] White, N.D.G., Leesch, J.G. (1996): Chemical control, In: *Integrated management of insects in stored products* (B. Subramanyam, D.W. Hagstrum, editors). New York-Basel-Hong Kong: Marcel Dekker, Inc., pp. 287-330.

- [17] Collins, P. J. (2006): Resistance to chemical treatments in insect pests of stored grain and its management, *Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored Product Protection*, Campinas, Brazil: ABRAPOS-Brazilian Post-harvest Association, pp. 277–282.
- [18] Athanassiou, C. G., Arthur, F.H., Kavallieratos, N. G., Throne, J.E. (2011): Efficacy of spinosad and methoprene, applied alone or in combination, against six stored-product insect species, *Journal of Pest Science*, 84, 61–67.
- [19] Тим приређивача, (2016): Пестициди у пољопривреди и шумарству у Србији, Осамнаесто, измењено и допуњено издање. Београд: Друштво за заштиту биља Србије, стр. 729.
- [20] Bond, E. J. (1984): *Manual of fumigation for insect control*. Zagreb: "Ekosan" (Preveo dr Zlatko Korunić)
- [21] Reichmuth, C., Scholler, M., Ulrichs, C. (2007): *Stored product pests in grain, morphology-biology-damage-control*. Bonn: AgroConcept Verlagsgesellschaft, p. 170.
- [22] Phillips, T. W., Thoms, E. M., DeMark, J., Walse, S.(2012): Fumigation, In: *Stored product protection* (D.W. Hagstrum, T.W. Phillips, G. Cuperus, G), Manhattan, USA: Kansas State University, Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, pp. 157-178. <http://www.ksre.ksu.edu/bookstore/pubs/S156.pdf>
- [23] MacBean, C. (2012): *A World Compendium The Pesticide manual*, 16th edition (C. MacBean, editor), British Crop Protection Council, p. 1439.
- [24] Кљајић, П., Перић, И. (2005): Резистентност складишних инсеката према инсектицидима, Пестициди и фитомедицина, 20, 9-28.
- [25] Кљајић, П., Андрић, Г., Пражић Голић, М., Јокић, Г., Вуковић, С. (2016): Штеточине ускладиштеног жита и њихово сузбијање, Биљни лекар, 44, 527-540.
- [26] Кљајић, П., Перић, И. (2010): Ефекти сублеталних доза контактних инсектицида на продукцију потомства различитих популација житног жишка, Пестициди и фитомедицина, 25, 79-85.
- [27] Guedes, N.M.P., Tolledo, J., Correa, A.S., Guedes, N.C. (2010): Insecticide-induced hormesis in an insecticide-resistant strain of the maize weevil, *Sitophilus zeamais*, *Journal of Applied Entomology*, 134, 142–148.
- [28] Velez, M., Botina, L. L., Turchen, L. M., Barbosa, W.F., Guedes, R.N.C. (2018): Spinosad- and deltamethrin-induced impact on mating and reproductive output of the maize weevil, *Sitophilus zeamais*, *Journal of Economic Entomology*, 111, 950–958.
- [29] Subramanyam, B., Hagstrum, D.W. (1996): Resistance measurement and management, In: *Integrated Management of Insects in Stored Products* (Bh. Subramanyam, D.W. Hagstrum, editors). New York–Basel–Hong Kong: Marcel Dekker, Inc., pp. 331-397.
- [30] Boyer, S., Zhang, H., Lempérière, G. (2012): A review of control methods and resistance mechanisms in stored-product insects, *Bulletin of Entomological Research*, 102, 213–229.
- [31] Shi, M., Collins, P. J., Ridsdill-Smith, J. T., Emery, R. N., Renton, M. (2013): Dosage consistency is the key factor in avoiding evolution of resistance to phosphine and population increase in stored-grain pests, *Pest Management Science*, 69, 1049–1060.
- [32] Kljajić, P., Perić, I. (2007): Altered susceptibility of granary weevil *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) populations to insecticides after selection with pirimiphos-methyl and deltamethrin, *Journal of Stored Products Research*, 43, 134-141.

- [33] Champ, B.R., Dyte, C.E. (1976): Report of the FAO Global Survey of Pesticide Susceptibility of Stored Grain Pests. Rome: FAO of the UN, FAO Plant Production and Protection Paper, Series No. 5, p. 297.
- [34] Collins, P.J. (1990): A new resistance to pyrethroid in *Tribolium castaneum* (Herbst), *Pesticide Science*, 28, 101-105.
- [35] Guedes, R.N.C., Dover, B.A., Kambhampti, S. (1996): Resistance to chlorpyrifos-methyl, pirimiphos-methyl and malation in Brazilian and U.S. populations of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae), *Journal of Economic Entomology*, 89, 27-32.
- [36] Perez-Mendoza, J. (1999): Survey of insecticide resistance in Mexican populations of maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae), *Journal of Stored Products Research*, 35, 107-115.
- [37] Ribeiro, B.M., Guedes, R.N.C., Oliveira, E.E., Santos, J.P. (2003): Insecticide resistance and synergism in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), *Journal of Stored Products Research*, 39, 21-31.
- [38] Daglish, G.J. (2006): Opportunities and barriers to the adoption of potential new grain protectants and fumigants, *Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored Product Protection*. Campinas, Brazil: ABRAPOS-Brazilian Post-harvest Association, pp. 209-216.
- [39] Kljajić, P., Perić, I. (2006): Susceptibility to contact insecticides of granary weevil *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) originating from different locations in the former Yugoslavia, *Journal of Stored Products Research*, 42, 149-161.
- [40] Andrić, G., Kljajić, P., Perić, I., Pražić Golić, M. (2010): Susceptibility of red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst) populations from Serbia to contact insecticides, *Proceedings of the 10th International Working Conference on Stored Product Protection*. Berlin, Germany: Julius-Kühn-Archiv, Estoril, Portugal, pp. 868-872.
- [41] Pražić Golić, M., Kljajić, P., Andrić, G. (2014): Susceptibility of *Sitophilus oryzae* (L.) populations collected from storage facilities in Serbia on contact insecticides. *Book of Abstracts VII Congress on Plant Protection*, Beograd: Plant Protection Society of Serbia, Zlatibor, Serbia, pp. 146-147.
- [42] Collins, P.J., Daglish, G.J., Bengston, M., Lambkin, T.M., Pavic, H. (2002): Genetics of resistance to phosphine in *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae), *Journal of Economic Entomology*, 95, 862-869.
- [43] Collins, P.J., Emery, R.N., Wallbank, B.E. (2003): Two decades of monitoring and managing phosphine resistance in Australia, *Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored Product Protection*. United Kingdom: CABI Publishing, York, UK, pp. 570-575.
- [44] Holloway, J. C., Falk, M. G., Emery, R. N., Collins, P. J., Nayak, M. K. (2016): Resistance to phosphine in *Sitophilus oryzae* in Australia: A national analysis of trends and frequencies over time and geographical spread, *Journal of Stored Products Research*, 69, 129-137.
- [45] Afful, E., Elliot, B., Nayak, M. K., Phillips, T. W. (2017): Phosphine resistance in North American field populations of the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae), *Journal of Economic Entomology*, 111, 463-469.
- [46] Cato, A. J., Elliot, B., Nayak, M. K., Phillips, T. W. (2017): Geographic variation in phosphine resistance among North American Populations of the red flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae), *Journal of Economic Entomology*, 110, 1359-1365.

- [47] Konemann, C. E., Hubhachen, Z., Opit, G. P., Gautam, S., Bajracharya, N. S. (2017): Phosphine resistance in *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera: Laemophloeidae) collected from grain storage facilities in Oklahoma, USA, *Journal of Economic Entomology*, 110, 1377-1383.
- [48] Kocak, E., Yilmaz, A., AlpKent, N., Erturk, S. (2017): Phosphine resistance to some pests in stored grains across Turkey. Book of Abstracts of the Conference of the IOBC-wprs (OILB-srop) Working Group on „Integrated Protection of Stored Products“, Ljubljana, Slovenia: Biotechnical Faculty of the University of Ljubljana & IOBC (Zurich), pp. 61.
- [49] Yilmaz, A., Kocak, E. (2017): Phosphine resistance in the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae) populations from Turkey. Book of Abstracts of the Conference of the IOBC-wprs (OILB-srop) Working Group on „Integrated Protection of Stored Products“, Ljubljana, Slovenia: Biotechnical Faculty of the University of Ljubljana & IOBC (Zurich), pp. 62.
- [50] Metcalf, R.L. (1989): Insect resistance to insecticides, *Pesticide Science*, 26, 333-358.
- [51] Croft, B. A. (1990): Developing a philosophy and program of pesticide resistance management, In: *Pesticide resistance in arthropods* (R. T. Rousch, B. E. Tabashnik, editors). New York and London: Chapman and Hall Inc., pp. 277-296.
- [52] Busvine, J. R. (1980): Recommended methods for measurement of pest resistance to pesticides. Rome: FAO of the UN, FAO Plant Production and Protection Paper No. 21, p. 131.
- [53] Tabashnik, B. E. (1990): Modeling and evaluation of resistance management tactics, In: *Pesticide resistance in arthropods* (R. T. Rousch, B. E. Tabashnik, editors). New York and London: Chapman and Hall Inc., pp. 153-182.
- [54] Kljajić, P., Kavallieratos, N. G., Athanassiou, C. G., Andrić, G. (2014): Is combining different grain protectants a solution to problems with resistant populations of stored-product insects? *Proceedings of the 11th Interantional Working Conference on Stored Product Protection*, Thailand: Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives Entomology and Zoology Association of Thailand Thai Phytopathological Society, Chiang Mai, Thailand, pp. 781-793.
- [55] Rumbos, C. I., Dutton, A. C., Athanassiou, C. G. (2014): Comparison of two pirimiphos-methyl formulations against major stored-product insect species, *Journal of Stored Products Research*, 55, 106-115.
- [56] Kavallieratos, N. G., Athanassiou, C. G., Arthur, F. H. (2015): Efficacy of deltamethrin against stored-product beetles at short exposure intervals or on a partially treated rice mass, *Journal of Economic Entomology*, 108, 1416-1421.
- [57] Hertlein, M. B., Thompson, G. D., Subramanyam, B., Athanassiou, C. G. (2011): Spinosad: A new natural product for stored grain protection, *Journal of Stored Products Research*, 47, 131-146.
- [58] Vassilakos, T. N., Athanassiou, C. G. (2015): Long-term residual efficacy of spinetoram on concrete and steel surfaces for the management of three stored product beetle species, *Journal of Economic Entomology*, 108, 2090-2097.
- [59] Rumbos, C. I., Dutton, A. C., Athanassiou, C. G. (2018): Insecticidal effect of spinetoram and thiamethoxam applied alone or in combination for the control of major stored-product beetle species, *Journal of Stored Products Research*, 75, 56-63.

- [60] Andrić, G., Kljajić, P., Pražić-Golić, M. (2011): Effects of spinosad and abamectin on different populations of rice weevil *Sitophilus oryzae* (L.) in treated wheat grain, *Pesticides & Phytomedicine*, 26, 377-384.
- [61] Andrić, G., Kljajić, P., Pražić-Golić, M. (2013): Efficacy of spinosad and abamectin against different populations of red flour beetle (*Tribolium castaneum* Herbst) in treated wheat grain, *Pesticides & Phytomedicine*, 28, 103-110.
- [62] Jagadeesan, R., Nayak, M. K., Pavic, H., Chandra, K., Collins, P. J. (2015): Susceptibility to sulfuryl fluoride and lack of cross-resistance to phosphine in developmental stages of the red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae), *Pest Management Science*, 71, 1379-1386.
- [63] Jagadeesan, R., Nayak, M. K. (2017): Phosphine resistance does not confer cross-resistance to sulfuryl fluoride in flour major stored grain insect pests, *Pest Management Science*, 73, 1391-1401.
- [64] Opit, G. P., Thoms, E., Phillips, T. W., Payton, M. E. (2016): Effectiveness of sulfuryl fluoride fumigation for the control of phosphine-resistance grain insects infesting stored wheat, *Journal of Economic Entomology*, 109, 930-941.
- [65] Hagstrum, D. W., Subramanyam, Bh. (2006): *Fundamentals of stored-product entomology*. St. Paul, USA: AACCI International, p. 323.
- [66] Bareil, N., Crepon, K., Piraux, F. (2018): Prediction of insect mortality in cooled stored grain, *Journal of Stored Products Research*, 78, 110-117.
- [67] Busvine, J. R. (1971): *A critical review of the techniques for testing insecticides*, Slough: Commonwealth Agricultural Bureaux, England, p. 345.
- [68] Pražić Golić, M., Andrić, G., Kljajić, P. (2016): Combined effects of contact insecticides and 50°C temperature on *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) in wheat grain, *Journal of Stored Products Research*, 69, 245-251.
- [69] Subramanyam, Bh., Roesli, R. (2000): Inert dusts, In: *Alternatives to pesticides in stored-product IPM* (Bh. Subramanyam, D.W. Hagstrum, editors), Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 321-380.
- [70] Andrić, G., Marković, M., Adamović, M., Daković, A., Pražić Golić, M., Kljajić, P. (2012): Insecticidal potential of natural zeolite and diatomaceous earth formulations against Rice Weevil (Coleoptera: Curculionidae) and Red Flour Beetle (Coleoptera: Tenebrionidae), *Journal of Economic Entomology*, 105, 670-678.
- [71] Athanassiou, C. G., Arthur, F. H. (2018): Bacterial insecticides and inert materials, In: *Recent advances in stored product protection* (C.G. Athanassiou, F.H. Arthur, editors), Springer-Verlag GmbH Germany, pp. 83-98.
- [72] Fields, P. G., Korunic, Z. (2000): The effect of grain moisture content and temperature on the efficacy of diatomaceous earths from different geographical locations against stored-product beetles, *Journal of Stored Products Research*, 36, 1-13.
- [73] Athanassiou, C. G., Korunić, Z. (2007): Evaluation of two new diatomaceous earth formulations, enhanced with abamectin and bitterbarkomycin, against four stored-grain beetle species, *Journal of Stored Products Research*, 43, 468-473.
- [74] Korunić, Z. (2013): Diatomaceous earths-natural insecticides, *Pesticides & Phytomedicine*, 28, 77-95.
- [75] Korunić, Z. (2016): Overview of undesirable effects of using diatomaceous earths for direct mixing with grains, *Pesticides & Phytomedicine*, 31, 9-18.

Petar Kljajić, Goran Andrić, Marijana Pražić Golić

APPLICATION OF PESTICIDES IN STORED PRODUCT PROTECTION

S u m m a r y

The significance of stored product protection from harmful insects is becoming essential, by the end of second decade in 21st century. Compared to developed countries the use of pesticides in developing countries is still dominating above biorational storage pest management approach which implies optimized implementation of other measures in IPM programme. Today, the list of registered active pesticide substances for application in storage ecosystems is globally significantly different in relation to earlier period. Also, the number of resistant populations of different storage insect pests is increasing. Therefore, the current situation and possibilities of further application of pesticides/insecticides and other known solutions as well as alternative stored product protection measures are discussed in this paper, in a manner of reviewing the available data.

Key words: stored products, harmful insects, pesticides