

12 LET (2005-2017) RAZISKOVALNEGA IN STROKOVNEGA DELA NA PODROČJU ZATIRANJA SKLADIŠČNIH ŠKODLJIVCEV V SLOVENIJI

TWELVE YEARS (2005-2017) OF SCIENTIFIC AND PROFESSIONAL WORK IN THE FIELD OF STORED PRODUCTS PESTS PROTECTION IN SLOVENIA

Stanislav TRDAN¹ & Tanja BOHINC¹

<http://dx.doi.org/10.3986/fbg0058>

IZVLEČEK

12 let (2005-2017) raziskovalnega in strokovnega dela na področju zatiranja skladiščnih škodljivcev v Sloveniji

Začetki poglobljenega znanstvenega in strokovnega dela na področju zatiranja skladiščnih škodljivcev v Sloveniji segajo v leto 2005, ko smo v okviru raziskav na področju preučevanja učinkovitosti entomopatogenih ogorčic v laboratorijskih razmerah ugotavljali njihovo delovanje na črnega žitnega žužka (*Sitophilus granarius*) in surinamskega molarja (*Oryzaephilus surinamensis*). Leta 2007 smo bili povabljeni kot partnerji v projekt SEE-ERA.NET "Development of a non-toxic, ecologically compatible, natural-resource based insecticide from diatomaceous earth deposits of South Eastern Europe to control stored-grain insect pests, kjer smo se pod koordinatstvom C. Athanassiou-a prvič seznanili z raziskovalnim delom na področju preučevanja učinkovitosti diatomejske zemlje na hrošče iz rodu *Sitophilus*. Različne aspekte raziskav na področju diatomejske zemlje (vpliv geokemične sestave in abiotičnih dejavnikov na njeno učinkovitost, učinkovitost samostojne in kombinirane uporabe, delovanje na različne vrste škodljivcev idr.) smo ohranili do danes. Z namenom primerjave učinkovitosti z diatomejsko zemljo smo na različnih škodljivih hroščih preučevali insekticidno delovanje kremeno-vega peska in entomopatogenih ogorčic iz Slovenije, rastlinskega praha in eteričnih olj, v zadnjih letih pa v tej zvezi največ časa namenjamo lesnemu pepelu in zeolitom, ki kažejo zadovoljivo delovanje pri zatiranju hroščev iz rodu *Sitophilus*. V navedenem obdobju smo preučili sezonsko dinamiko krhljevega molja (*Plodia interpunctella*), močne večče (*Ephestia kuehniella*) in koruznega molja (*Sitotroga cerealella*) v skladiščih žita, kjer smo iskali tudi morebitne domorodne naravne sovražnike skladiščnih škodljivcev. Našli smo parazitoida *Anisopteromalus calandrae* in *Dibrachys microgastri*. Leta 2017 smo bili organizatorji 11th Conference of the IOBC/wprs Working Group on Inte-

ABSTRACT

Twelve years (2005-2017) of scientific and professional work in the field of stored products pests protection in Slovenia

Scientific and professional work in the field of stored products pests protection in Slovenia began in 2005, when we tested the efficacy of entomopathogenic nematodes against the granary weevil (*Sitophilus granarius*) and the sawtoothed grain beetle (*Oryzaephilus surinamensis*) adults under laboratory conditions. In 2007, we participated as partners in the project SEE-ERA.NET "Development of a non-toxic, ecologically compatible, natural-resource based insecticide from diatomaceous earth deposits of South Eastern Europe to control stored-grain insects pests" (coordinated by C. Athanassiou), and we thus became acquainted with the research work in the field of investigation the efficacy of diatomaceous earth in controlling beetles from the *Sitophilus* genus. We have continued the research of different aspects of diatomaceous earth (the influence of geochemical composition and abiotic factors on its efficiency, the effects of individual and combined application, the effects on various harmful insect pests, etc.). In search for comparable substances to diatomaceous earth (regarding the efficacy), we have studied insecticidal effects of quartz sand and entomopathogenic nematodes from Slovenia, plant powders and essential oils on various harmful beetles. In the recent years, our research work has been mainly dedicated to studying the efficacy of wood ash and zeolites as natural insecticides, which have demonstrated sufficient efficiency in suppressing *Sitophilus* beetles. In the same period, we studied the seasonal dynamics of the Indian mealmoth (*Plodia interpunctella*), the Mediterranean flour moth (*Ephestia kuehniella*) and the Angoumois grain moth (*Sitotroga cerealella*) in cereal stores, where we were also searching for possible indigenous natural enemies of stored product insects pests. We have confirmed the occurrence of two parasitoids, *Anisopteromalus calandrae* and *Dibrachys microgastri*. In

¹ University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Dept. of Agronomy, Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana, Slovenia.
E-mails: stanislav.trdan@bf.uni-lj.si, tanja.bohinc@bf.uni-lj.si

grated Protection of Stored Products (Ljubljana, 3.-5. julij), ki se je udeležilo 136 udeležencev iz 25 držav, tudi domačo strokovno javnost pa izobražujemo o škodljivosti in možnih načinih zatiranja skladiščnih škodljivcev. V tej zvezi smo leta 2014 organizirali delavnico »Od tehnološke zrelosti do skladiščenja žit in stročnic«, leta 2015 pa smo v okviru 12. Slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin z mednarodno udeležbo na Ptuj gostili C. Athanassiou-a kot vabljenega predavatelja. V zadnjih letih v sodelovanju s strokovnjaki iz drugih držav preučujemo tudi delovanje okoljsko sprejemljivejših insekticidov (spinosad, spinetoram) in vpliv tehnologij pridelave žita na njegovo občutljivost na napad škodljivih hroščev iz rodu *Sitophilus*, sodelujemo pa tudi pri preučevanju učinkovitosti novih formulacij insekticidnih pripravkov. V prispevku bo podana kronologija aktivnosti na navedenem področju našega dela.

Ključne besede: skladiščni škodljivci, Slovenija, raziskovalno delo, strokovno delo

2017, we have organized the 11th Conference of the IOBC/wprs Working Group on Integrated Protection of Stored Products (Ljubljana, 3-5 July), which was attended by 136 participants from 25 countries. We also transfer knowledge to Slovenian agricultural specialists about the harmfulness and possible ways of controlling stored products insects pests. In 2014, we have organized a workshop on this topic ("From Technological Maturity to Storing of Cereals and Legumes"). In 2015, we have hosted C. Athanassiou as an invited lecturer at the 12th Slovenian Conference on Plant Protection with international participation in Ptuj. In recent years, we have been working with experts from other countries with the aim of studying the efficacy of environmentally acceptable insecticides (spinosad, spinetoram) and the influence of cereal production technologies on grains' susceptibility to attack by *Sitophilus* beetles. Furthermore, we participate in the research regarding the efficiency of new formulations of insecticidal preparations. The paper presents the chronology of activities in this area of our work.

Keywords: stored products pests, Slovenia, scientific work, professional work

1 UVOD

V Sloveniji smo se sistematično začeli ukvarjati z raziskovalnim in strokovnim delom na področju zatiranja skladiščnih škodljivcev leta 2005, ko smo izbrane skladiščne hrošče v laboratorijskih razmerah izpostavili entomopatogenim ogorčicam, katerih delovanje smo tedaj preizkušali na različnih vrstah škodljivih žuželk.

V naslednjih 12 letih smo tudi s pomočjo tujih strokovnjakov spekter naših raziskav s skladiščnimi škodljivci razširili na druga področja, predvsem na področja njihovega zatiranja s snovmi naravnega izvora. V nadaljevanju predstavljamo rezultate našega dela in popoln pregled referenc na tem področju.

2 KRONOLOGIJA RAZISKOVALNEGA IN STROKOVNEGA DELA NA PODROČJU ZATIRANJA SKLADIŠČNIH ŠKODLJIVCEV

2.1 Prvi poskusi ali uporaba entomopatogenih ogorčic za zatiranje skladiščnih hroščev

Štiri vrste entomopatogenih ogorčic (*Steinernema feltiae*, *S. carpocapsae*, *Heterorhabditis bacteriophora* in *H. megidis*) smo preučevali v laboratorijskih razmerah, da bi preučili njihovo učinkovitost pri zatiranju odraslih osebkov dveh vrst skladiščnih hroščev, črnega žitnega žužka (*Sitophilus granarius*) in zobatega žitnika (*Oryzaephilus surinamensis*). Delovanje ogorčic smo preizkušali pri treh koncentracijah (500, 1000 in 2000 infektivnih ličink [IL] na osebek) in temperaturah (15, 20 in 25°C). Pri črnem žitnem žužku smo ugotovili višjo smrtnost kot pri zobatem žitniku. Ogorčica *Heterorhabditis megidis* je bila najmanj učinkovita pri zatiranju obeh škodljivcev, med ostalimi tremi vrstami biotičnih agensov pa nismo potrdili razlik v de-

lovanju. S poskusom smo dokazali, da so bile entomopatogene ogorčice najbolj učinkovite pri zatiranju vrste *S. granarius* pri 20°C (LC₅₀ po 7 dneh je bila 803-1195 IL/osebek) in 25°C (LC₅₀ 505-1175 IL/osebek). Zadovoljivo delovanje ogorčic na vrsto *O. surinamensis* so ugotovili pri 20°C (LC₅₀ 921-1335 IL/osebek). Koncentracija suspenzije ogorčic je bila malo pomemben dejavnik njihove učinkovitosti pri zatiranju obeh vrst hroščev. Čeprav uporaba entomopatogenih ogorčic pri zatiranju skladiščnih škodljivcev trenutno še ni mogoča v praksi, pa bi jih bilo mogoče v prihodnje v ta namen uporabljati skupaj z nekaterimi drugimi (biotehniškimi) metodami (TRDAN et al., 2005; TRDAN et al., 2006).

V laboratorijskih razmerah smo preizkušali tudi učinkovitost treh novih ras (B30, B49 and 3162) entomopatogene ogorčice *Steinernema feltiae* pri zatiranju

odraslih osebkov riževega žužka (*Sitophilus oryzae*). Namen naše raziskave je bil preučiti njihovo delovanje na enega od najpomembnejših primarnih skladiščnih škodljivcev, saj bi z uporabo preučevanih biotičnih agensov lahko vplivali na manjše pojavljanje odpornosti tega škodljivca na sintetične insekticide. Patogenost ogorčic smo ugotavljali pri štirih temperaturah (15, 20, 25 in 30°C) in petih koncentracijah suspenzije (125, 250, 500, 1000 in 2000 IJs/osebek). Smrtnost hroščev smo določali 4., 6. in 8. dan po izpostavitvi različnim rasam ogorčic. Rezultati raziskave so pokazali, da so bile vse rase najbolj patogene (42-72 % smrtnost hroščev) pri 25°C in najvišji koncentraciji suspenzije ogorčic, medtem ko smo najmanjšo patogenost (6-11 %) potrdili pri 30°C in najnižji koncentraciji suspenzije ogorčic. Ugotovili smo, da so lahko entomopatogene ogorčice pri visoki koncentraciji suspenzije učinkoviti biotični agensi pri zatiranju odraslih osebkov riževega žužka. Najnižjo vrednost LC_{50} (1165 IL/osebek po 8-dnevni izpostavitvi ogorčicam) smo potrdili pri madžarski rasi 3162 pri 25°C, najnižjo LC_{50} vrednost (2533 IL/osebek po osmih dneh) pa je imela slovenska rasa B30 pri 30°C (LAZNIK et al., 2010; LAZNIK & TRDAN, 2010).

2.2 Sezonska dinamika škodljivih metuljev v skladiščih

V obdobju 2004-2006 smo preučevali sezonsko dinamiko močne vešče (*Ephestia kuehniella*), krljevega molja (*Plodia interpunctella*) in koruznega molja (*Sitotroga cerealella*) v mlinih in skladiščih žita v osrednji Sloveniji. V ta namen smo od aprila do decembra nastavljali feromonske pasti, v katerih smo v dvotedenskih intervalih šteli samce navedenih vrst škodljivcev. Vse tri vrste so razvile dva rodova na leto. V koruzniku na prostem se je najbolj številčno pojavljala močna vešča, krljev molj je bil najštevilčnejši v zaprtem prostoru v mlinih in skladiščih žita, koruzni molj, ki je bil najmanj številčna vrsta v poskusu, pa se je pojavljal le v zaprtem skladišču žita (TRDAN et al., 2010).

2.3 Diatomejska zemlja, kremenov pesek, rastlinski prah, lesni pepel in zeoliti v samostojni ali kombinirani uporabi

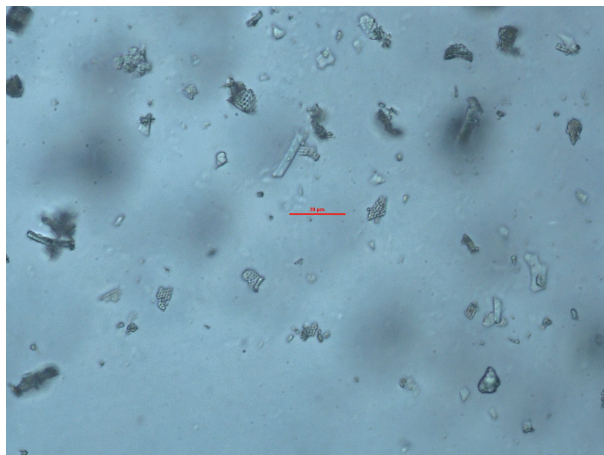
S ciljem določitve učinkovitosti diatomejske zemlje (DZ) različnega izvora pri zatiranju riževega žužka (*S. oryzae*) smo izvedli laboratorijsko raziskavo. V primerjavi s tržnim pripravkom SilicoSec® smo preizkušali insekticidno delovanje DZ iz Srbije, Grčije in Slo-



Slika 1: Lokacija v bližini Bele Cerkve, kjer smo 11. novembra 2007 prvič nabrali diatomejsko zemljo za laboratorijske raziskave (foto: S. Trdan)

Figure 1: Location in the vicinity of village Bela Cerkev, where (at November 11 2007) we acquired the first sample of diatomaceous earth from Slovenia for the purpose of laboratory investigations (photo: S. Trdan)

venije (slika 1) na odrasle osebeke škodljivca. Poskus je bil izveden pri treh temperaturah (20, 25 in 30 °C) in dveh vrednostih relativne zračne vlage (55 in 75 %). Smrtnost hroščev smo ugotavljali 7, 14 in 21 dni po izpostavitvi DZ v koncentracijah 100, 300, 500 in 900 ppm. Smrtnost hroščev se je povečevala z naraščanjem koncentracije DZ in dnevi njihove izpostavljenosti temu inertnemu materialu. Pri vseh vzorcih smo pri koncentraciji DZ 900 ppm 21. dan po izpostavitvi ugotovili več kot 90 % smrtnost hroščev, izjemi sta bili slo-



Slika 2: Delci diatomej v testiranem vzorcu diatomejske zemlje iz Srbije. Fotografija je posneta pod optičnim mikroskopom Nikon Eclipse 80i (foto: H. Rojht)

Figure 2: Diatoms particles in the sample of diatomaceous earth from Serbia. The photo was made under optical microscope Nikon Eclipse 80i (photo: H. Rojht)

venski vzorec pri 20 °C in 55 % relativni zračni vlagi in grški vzorec pri 25 °C in 75 % relativni zračni vlagi, pri katerih smo potrdili 85,3 oz. 67,6 % smrtnost. S 100 % učinkovitostjo je bil 14. dan po izpostavitvi pri koncentraciji 900 ppm najbolj učinkovit pripravek SilicoSec®. Slovenski vzorec DZ je bil 7. dan po izpostavitvi pri vseh temperaturah bolj učinkovit pri 55 % kot pri 75 % relativni zračni vlagi (ROJHT et al., 2008, 2010a; ROJHT et al., 2012a).

V laboratorijskem poskusu smo preučevali tudi vpliv geokemične sestave DZ iz Srbije (slika 2), Grčije in Slovenije na njeno insekticidno delovanje pri zatiranju odraslih osebkov riževega žužka (*S. oryzae*). Poskusi, kjer je pozitivno kontrolo predstavljal pripravek SilicoSec®, so potekali v enakih razmerah kot predhodno predstavljeni poskus. Ugotovljeno je bilo, da je kremenica v obliki SiO₂ in opala-A tista sestavina DZ, ki ima signifikanten vpliv na učinkovitost DZ. Med smrtnostjo hroščev riževega žužka in vsebnostjo MnO in Cao v DZ smo ugotovili šibko pozitivno korelacijo. Vse signifikantne korelacije med smrtnostjo hroščev in vsebnostjo Al₂O₃, Fe₂O₃, K₂O, TiO₂, Cr₂O₃, P₂O₅ in MgOso bile negativne, medtem ko korelacija med

vsebnostjo Na₂O in smrtnostjo hroščev ni bila signifikantna (ROJHT et al., 2010b).

Za zatiranje riževega žužka (*S. oryzae*) (slika 3) pa smo v laboratorijskih razmerah preučevali tudi učinkovitost petih vzorcev kremenovega peska iz Slovenije (slika 4). V šestih različnih koncentracijah (100, 300, 500, 900, 1200 in 1500 ppm) smo ugotavljali insekticidno delovanje vzorcev iz lokacij Raka-Ravno in Moravče (v obeh primerih neočiščenega in očiščenega vzorca) ter tržno dostopnega kremenovega peska iz Puconcev (Plantella). Vsebnost SiO₂ je bila v vseh vzorcih visoka in je znašala od 91,52 do 99,24 %. Insekticidno delovanje kremenovega peska, ki smo ga primešali zrnju pšenice, smo preučevali pri temperaturah 20, 25, 30 in 35 °C in pri 55 in 75 % relativni zračni vlagi. Smrtnost hroščev smo ugotavljali 7, 14 in 21 dni po nastavitvi. Vsi vzorci so imeli samo majhen insekticidni učinek na odrasle osebkke riževega žužka in se niso izkazali kot ustrezni za širšo uporabo v skladiščih žita. Najvišjo smrtnost (15 %) hroščev smo potrdili 21. dan po nastavitvi poskusa pri koncentraciji 900 ppm, 30 °C and 55 % relativni zračni vlagi pri neočiščenem vzorcu kremenovega peska iz Moravč (ROJHT et al., 2010c; ROJHT et al., 2011).



Slika 3: Zrnje pšenice s poškodbami zaradi riževega žužka (foto: S. Trdan)
Figure 3: Wheat grains with injuries caused by rice weevil (photo: S. Trdan)



Slika 4: Jemanje vzorca kremenovega peska v kamnolomu v Moravčah za laboratorijske raziskave njegovega insekticidnega delovanja na riževega žužka (foto: Ž. Laznik) Figure 4: Taking the sample of quartz sand in quartz quarry in Moravče, which was used for laboratory investigations of its insecticidal activity against the rice weevil (photo: Ž. Laznik)

V iskanju učinkovitih (in) okoljsko sprejemljivih načinov zatiranja odraslih osebkov fižolarja (*Acanthoscelides obtectus*) smo preučevali insekticidno delovanje dveh rastlinskih prahov (slika 5) in DZ v laboratorijskih razmerah. Delovanje prahov navadne sivke (*Lavandula angustifolia*) in njivske preslice (*Equisetum arvense*) smo primerjali s pripravkom SilicoSec pri petih temperaturah (15, 20, 25, 30 in 35°C), dveh vrednostih relativne zračne vlage (55 in 75 %) in štirih koncentracijah prahov (100, 300, 500 in 900 ppm). Smrtnost hroščev smo ugotavljali 1, 2, 4 in 7 dni po nastavitvi poskusa.

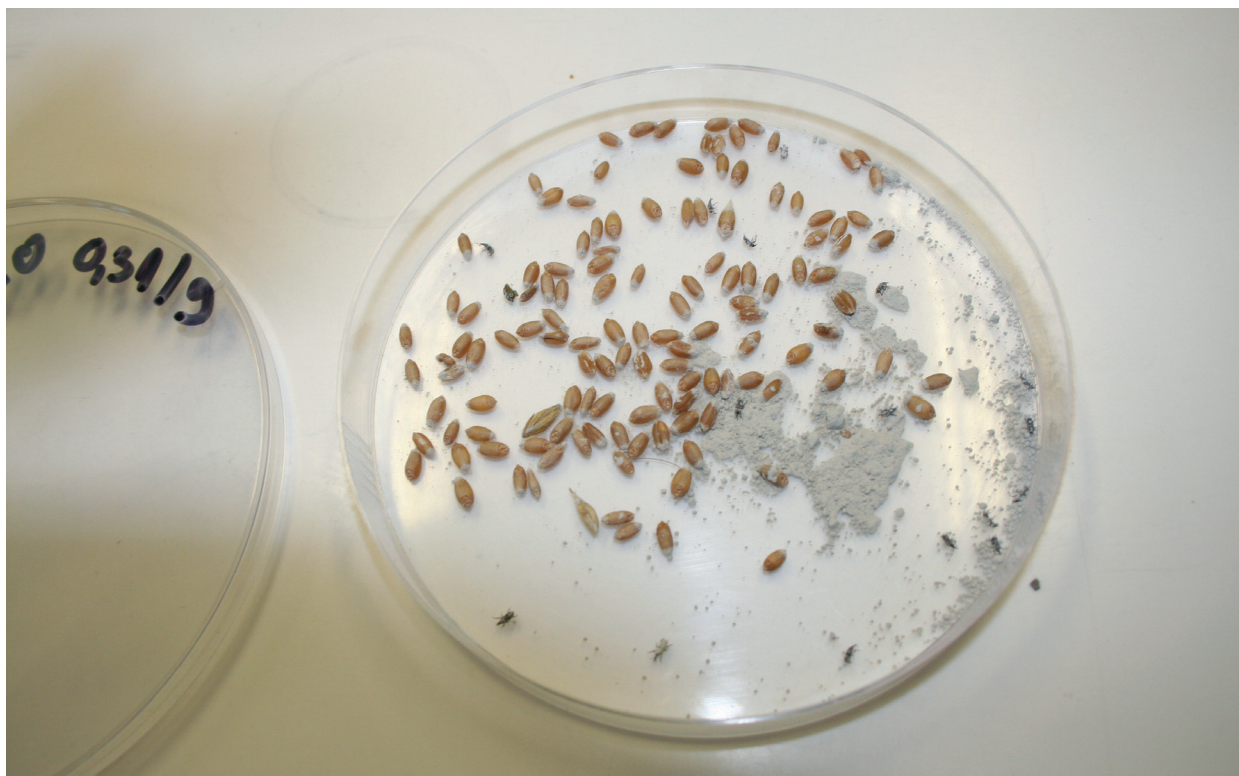
Učinkovitost prahov je naraščala s temperaturo, relativna zračna vlaga pa ni imela signifikantnega vpliva na smrtnost hroščev. Ob upoštevanju dejstev o najpogostejšem načinu skadiščenja fižola v praksi, za zatiranje fižolarja predlagamo uporabo DZ, saj je pokazala največjo insekticidno učinkovitost pri nižjih temperaturah in koncentracijah. Za morebitno širšo uporaba prahov navadne sivke in njivske preslice, pa predlagamo preučitev njunega delovanja proti fižolarju v mešanicah ali kombinacijah z drugimi okoljsko sprejemljivi-

vimi načini zatiranja škodljivcev, saj menimo, da bi na ta način lahko dosegli sinergistično delovanje in boljše insekticidno učinkovitost (TRDAN & BOHINC, 2011; BOHINC et al., 2013).

V laboratorijskih razmerah pa smo iskali tudi učinkovit in okoljsko sprejemljiv način zatiranja koruznega žužka (*Sitophilus zeamais*), ki je v Sloveniji vse pomembnejši skladiščni škodljivec. V ta namen smo zrnju pšenice primešali kremenov pesek, zeolite in diatomejsko zemljo. Uporabili smo inertne prahove različnega izvora, in sicer DZ iz Slovenije in pripravek SilicoSec®, kremenov pesek iz dveh lokacij v Sloveniji in tri različne vzorce zeolitov, dva naravna iz Slovenije in sintetični zeolit Asorbio®. Kontrolno obravnavanje je predstavljalo netretirano zrnje pšenice. Vse snovi smo preizkušali pri treh temperaturah (15, 20 in 25 °C), dveh vrednostih relativne zračne vlage (55 in 75 %) in dveh koncentracijah prahov (450 in 900 ppm). Smrtnost hroščev smo ugotavljali 7, 14 in 21 dni po nastavitvi poskusa. Z generalno analizo smo potrdili signifikantno največjo smrtnost hroščev v obravnavanjih s pripravkom SilicoSec® (52,31 ± 2,07%) in enim tipom



Slika 5: Odrasla osebkca fižolarja v poskusu ugotavljanja insekticidnega delovanja rastlinskih prahov (foto: T. Bohinc)
Figure 5: Bean weevil adults in the investigation of insecticidal efficacy of plant powders (photo: T. Bohinc)



Slika 6: Petrijevka, v kateri smo preizkušali kontaktno delovanje zeolitov proti koruznemu žužku (foto: T. Bohinc)
Figure 6: Petri dish, in which we tested the contact activity of zeolites against the maize weevil (photo: T. Bohinc)

naravnega zeolita iz Slovenije ($31,48 \pm 1,42\%$), najmanjšo smrtnost pa smo ugotovili v obeh obravnavanih s kremenovim peskom iz Slovenije, iz Moravč ($18,84 \pm 1,31\%$) in lokacije Raka-Ravno ($9,12 \pm 0,66\%$). Smrtnost odraslih osebkov vrste *S. zeamais* je bila signifikantno največja pri $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($28,32 \pm 1,16\%$) in največji koncentraciji prahov (900 ppm, $27,30 \pm 0,87\%$). Rezultati pričujoče raziskave so bili za nas zanimivi zlasti zaradi zadovoljivega insekticidnega delovanja zeolitov, ki so se pokazali kot ena od alternativ diatomske zemlji (TRDAN et al., 2015).

V laboratorijskem poskusu pa smo ugotavljali tudi insekticidno delovanje različnih zeolitov na odrasle osebe koruznega žužka. V ta namen smo v poskus vključili dva vzorca naravnega zeolita (iz Slovenije in Srbije) in sintetični zeolit Asorbio®, katerih učinkovitost smo pri treh temperaturah (15 , 20 in $25\text{ }^{\circ}\text{C}$) in 55 ter 75% relativni zračni vlagi primerjali s pripravkom SilicoSec®. Površinski nanos (slika 6) snovi je bil izveden v koncentracijah 10 in 20 g/m^2 , v mešanici s pšeničnim zrnjem (slika 7) pa smo snovi uporabili v koncentracijah 450 in 900 ppm . Smrtnost hroščev pri po-

vršinskem nanosu snovi smo dnevno ugotavljali do 7. dneva po nanosu, nato pa smo od 8. do 14. dneva po nanosu ugotavljali še t.i. zapoznelo smrtnost odraslih osebkov. Insekticidno delovanje zeolitov, primešanih zrnju pšenice, smo določevali 7., 14. in 21. dan po začetku poskusa. Ugotavljamo, da sta na večjo smrtnost hroščev vplivala višja temperatura in nižja relativna zračna vlaga. Pri mešanju naravnega zeolita iz Slovenije z zrnjem pšenice v koncentraciji 900 ppm , smo pri $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ in 55% relativni zračni potrdili $69,69 \pm 7,04\%$ smrtnost hroščev 21 dni po nastavitvi poskusa, medtem, ko smo pri $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ugotovili $83,66 \pm 3,21\%$ smrtnost hroščev. 100% smrtnost hroščev smo pri uporabi zeolita iz Slovenije ugotovili pri površinskem nanosu že 7 dni po začetku poskusa pri $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Koncentracija zeolita ni imela vpliva na smrtnost hroščev. Vzorca naravnega zeolita iz Srbije in Slovenije sta imela primerljivo delovanje na odrasle osebe koruznega hrošča, najslabše insekticidno delovanje pa je imel sintetični zeolit Asorbio®. Ugotavljamo, da naravni zeoliti imajo potencial za uporabo pri zatiranju skladiščnih škodljivcev, pred njihovo implementacijo v sisteme skladišče-



Slika 7: Erjenmajerice s zrnjem pšenice in zeoliti pred mešanjem (foto: T. Bohinc)

Figure 7: Glass erlenmeyer flasks with wheat grains and zeolites before mixing (photo: T. Bohinc)

nja žit pa vseeno predlagamo nadaljevanje raziskav (BOHINC et al., 2017b).

Proti 2-4 tedne starim odraslim osebkom koruznega žužka smo preizkušali tudi delovanje treh lesnih pepelov (slika 8), navadne robinije (*Robinia pseudoacacia*), navadne bukve (*Fagus sylvatica*) in navadne smreke (*Picea abies*). Obravnavanje s DZ je predstavljalo pozitivno kontrolo. Lesni pepel smo preizkušali kot prašivo za površinsko uporabo (10 in 20 g/m²) in v mešanici z zrnjem pšenice (2,5 in 5 utežnih %). Smrtnost hroščev pri površinskem nanosu pepela smo dnevno ugotavljali do sedmega dne po nanosu, nato pa še dnevno do 14. dne po nanosu (kot zapoznala smrtnost). V mešanici z zrnjem pšenice pa smo delovanje lesnih pepelov na hrošče ugotavljali 7, 14 in 21 dni po izpostavitvi. Na podlagi rezultatov naše raziskave, ki je potekala pri 55 in 75 % relativni zračni vlagi in treh

temperaturah (15, 20 in 25 °C), ugotavljamo, da so na smrtnost hroščev koruznega žužka vplivali vrsta lesnega pepela, temperatura zraka in relativna zračna vlaga. Pri površinski uporabi lesnega pepela navadne smreke smo 7. dan pri 25 °C potrdili 99,69 ± 0,31 % smrtnost hroščev, pri mešanju z zrnjem pšenice pa smo pri isti temperaturi 14. dan ugotovili njihovo 100 % smrtnost. Lesni pepel se je izkazal kot zelo učinkovita snov za zatiranje skladiščnih hroščev, zato priporočamo še nadaljnje raziskave in čim prejšnjo vpeljavo v sisteme skladiščenja žita (BOHINC et al., 2017a).

Za zatiranje črnega žitnega žužka (*S. granarius*) smo v laboratorijskih razmerah preučevali učinkovitost različnih okoljsko sprejemljivih snovi. Zrnju pšenice smo pred vnosom škodljivca v erlenmajerice v ločenih obravnavanjih primešali diatomejsko zemljo (pripravek SilicoSec®), kremenov pesek, listni prah dre-



Slika 8: Petrijevke, v katerih smo v rastni komori preizkušali insekticidno delovanje lesnega pepela in zeolitov na koruznega žužka (foto: S. Trdan)

Figure 8: Petri dishes, in which we tested the insecticidal efficacy of wood ashes and zeolites against the maize weevil (photo: S. Trdan)

vesa neem (aktivna snov azadirachtin, pripravek Neem listni prah[®]) in lesni pepel. Zrnju pšenice smo primešali tudi mešanice DZ in lesnega pepela, listnega praha drevesa neem in lesnega pepela, kremenovega peska in lesnega pepela ter mešanico vseh štirih snovi. Preizkušane snovi in njihove kombinacije smo uporabili v različnih koncentracijah pri temperaturah 20, 25 in 30°C in relativni zračni vlagi 55 in 75 %. Smrtnost hroščev smo določali 7, 14 in 21 dni po nastavitvi poskusa. Med številnimi obravnavanji smo ugotovili signifikantne razlike v insekticidnem delovanju na hrošče. Signifikantno največjo smrtnost hroščev smo potrdili v obravnavanjih s samostojno in kombinirano uporabo lesnega pepela, in sicer s samostojno uporabo 2,5 ut. % lesnega pepela (69,73±2,52%), mešanico DZ (450 ppm) in 2,5 ut. % lesnega pepela (71,94±2,40 %), mešanico kremenovega peska (450 ppm) in 2,5 ut. % lesnega

pepela (68,72±2,80 %) in mešanico DZ (225 ppm), lesnega pepela (1,25 ut. %), listnega prahu drevesa neem (0,625 ut. %), in kremenovega peska (225 ppm) (68,76±2,75%). Lesni pepel v samostojni ali kombinirani uporabi z drugimi okoljsko sprejemljivimi snovmi predstavlja okoljsko sprejemljivo alternativo sintetičnim insekticidom pri zatiranju odraslih osebkov črnega žitnega žužka, pred vpeljavo lesnega pepela v sisteme skladiščenja žita pa bo potrebno preučiti še njegovo delovanje na jajčeca in ličinke tega škodljivca (TRDAN & BOHINC, 2013, 2014; BOHINC & TRDAN, 2017).

2.4 Eterična olja in rastlinski izvlečki

V petrijevkah s fižolovim zrnjem smo preučevali fumigantno delovanje eteričnih olj (slika 9) navadnega



Slika 9: Perforirana mikrocentrifugirka v petrijevki, v kateri smo preučevali fumigantno delovanje eteričnih olj na fižolarja (foto: S. Trdan)

Figure 9: Perforated Eppendorf tube in Petri dish, where we investigated the fumigant activity of essential oils in controlling bean weevil (photo: S. Trdan)

rožmarina (*Rosmarinus officinalis*), žajblja (*Salvia officinalis*), navadnega lovora (*Laurus nobilis*), bergamota (*Citrus bergamia*) in kafrovca (*Cinamomum camphora*) na odrasle osebkke fižolarja (*A. obtectus*). Eterična olja smo uporabili v dveh koncentracijah (245 in 980 $\mu\text{l/l}$), njihovo delovanje pa smo preučevali pri petih različnih temperaturah (15, 20, 25, 30 in 35°C) in dvema vrednostima relativne zračne vlage (55 in 75 %). Na smrtnost hroščev je vplivala vrsta eteričnega olja, čas izpostavitve hroščev, koncentracija eteričnega olja in oba abiotična okoljska parametra. Tri dni po izpostavitvi smo ugotovili prek 90 % smrtnost hroščev, največjo učinkovitost (nad 94 %) pa smo ugotovili pri eteričnem olju navadnega rožmarina. Pri višji relativni zračni vlagi smo ugotovili boljše delovanje eteričnih olj kot pri nižji vlagi. Eterična olja vseh petih rastlinskih vrst so pokazala potencial za zatiranje fižolarja v skladiščih (TRDAN & BOHINC, 2012; BOHINC & TRDAN, 2013).

Za zatiranje odraslih osebkov črnega žitnega žužka (*S. granarius*) pa smo preučevali fumigantno delovanje eteričnih olj navadnega rožmarina, žajblja, prave sivke (*Lavandula angustifolia*) in poprove mete (*Mentha balsamea*). Smrtnost hroščev smo ugotavljali 1, 2 in 3 dni po njihovi izpostavitvi plinu pri dveh koncentracijah (2,4 in 7,4 ml/L zraka) in temperaturah 20, 25, 30, 35 in 40 °C. Učinkovitost eteričnih olj pri 40 °C je bila 95 %, pri nižji temperaturi pa je bila znatno manjša (od 12 do 36 %). Najbolj učinkovito delovanje na hrošče je imelo eterično olje navadnega rožmarina z več kot 60 % generalno učinkovitostjo. Pri 35 °C smo pri eteričnem olju rožmarina ugotovili 89 % smrtnost hroščev, pri 40 °C pa 99 % smrtnost. Eterična olja prave sivke, poprove mete in žajblja so bila zadovoljivo učinkovita (90, 97 in 94 %) le pri najvišji temperaturi. Olja so imela boljše fumigantno delovanje pri višji koncentraciji. Z izračunom vrednosti LD₅₀ in LD₉₀ smo najboljše fumigantno delovanje pri zatiranju črnega žitnega žužka potrdili pri navadnem rožmarinu. Rezultati naše laboratorijske raziskave bodo pridobili tudi praktični pomen, ko bomo njihovo delovanje na skladiščne hrošče dokazali tudi v skladiščih žita (LAZNIK et al., 2012).

V laboratorijskih razmerah smo preučevali delovanje etanolnih ekstraktov navadnega rožmarina, prave sivke in vinske rutice (*Ruta graveolens*) na odrasle osebkke fižolarja. Z uporabo na novo razvitega računalniškega programa za analizo premikanja žuželk v prostoru smo pri vseh ekstraktih potrdili repelentno delovanje na hrošče. Najboljše repelentno delovanje je imel etanolni izvleček vinske rutice, ki je mešanica več hlapljivih snovi. Vsi trije ekstrakti so imeli insekticidno delovanje na odrasle osebkke fižolarja, vplivali na manjše število potomcev škodljivca, na kalitev fižola pa niso vplivali (ROJHT et al., 2012b).

2.5 Naravni sovražniki (biotični agensi) skladiščnih škodljivcev

V Sloveniji se naravni sovražniki, katerih vnos, gojenje in praktična uporaba je dovoljena s Pravilnikom o biotičnem varstvu rastlin (Uradni list RS, št. 45/06), nahajajo na Seznamu domorodnih vrst organizmov za biotično varstvo rastlin. Od leta 2006, ko je bil objavljen navedeni pravilnik, do leta 2015, se je število biotičnih agensov na seznamu povečalo za 11 vrst, do tedanjih 25. Informacije o zastopanosti in razširjenosti domorodnih vrst naravnih sovražnikov so torej ključni dejavniki za njihovo implementacijo in sisteme pridelave hrane in okrasnih rastlin (TRDAN & BOHINC, 2016).

Leta 2012 smo v Sloveniji prvič našli parazitoidno oso *Dibrachys microgastri*. Najezdnik je bil najden v Laboratoriju za entomologijo (Oddelek za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani), in sicer v gojitvenih posodah za črnega žitnega žužka, napolnjenih z zrnjem pšenice (Trdan et al., 2013). V obdobju 2013-2014 smo v Sloveniji prvič potrdili najdbo devetih koristnih vrst, med njimi je bila tudi parazitoidna osa *Anisopteromalus calandrae*. Menimo, da ima ta biotični agens potencial za prihodnjo implementacijo v sisteme skladiščenja žita, saj ga v nekaterih evropskih državah že uporabljajo za zatiranje skladiščnih hroščev, na primer hroščev iz rodu *Sitophilus* in žitnega kutarja (*Rhyzopertha dominica*) (BOHINC & TRDAN, 2015).

2.6 Okoljsko sprejemljivi insekticidi

V laboratorijski raziskavi smo preizkušali učinkovitost spinetorama in spinosada pri zatiranju 2-4 tedne starih odraslih osebkov iz rodu *Sitophilus*. Spinetoram in spinosad smo uporabili v treh koncentracijah (0,5, 1 in 2 mg/kg zrnja pšenice). Poskus je potekal pri 25 °C in 65 % relativni zračni vlagi na štirih sortah ozimne pšenice. Smrtnost hroščev smo ugotavljali 7, 14 in 21 dni po nastavitvi poskusa. Ugotovili smo, da so na smrtnost hroščev vplivali sorta pšenice, koncentracija insekticidov in čas po tretiranju. V obravnavanjih s spinetoramom smo ugotovili večjo smrtnost hroščev (90,19 \pm 0,48 %). 21. dan po izpostavitvi hroščev je spinosad vplival na njihovo 91,64 \pm 0,93 % smrtnost, spinetoram pa na 96,13 \pm 0,51 % smrtnost hroščev. Pri koncentraciji 2 mg/kg smo pri uporabi spinosada potrdili 96,35 \pm 0,44% smrtnost hroščev, pri uporabi spinetorama pa 96,79 \pm 0,38 % smrtnost. Insekticidno delovanje spinosada (69,47 \pm 1,87%) in spinetorama (78,23 \pm 0,83%) je bilo najslabše na sorti 'Fidelius'. Spinosad je vplival na največjo smrtnost hroščev v obravnavanjih s koruznim žužkom (96,64 \pm 0,31%), spinetoram pa v

obravnanih z riževim žužkom ($94,58 \pm 0,77\%$) in črnim žitnih žužkom ($94,07 \pm 0,64\%$). Vse tri vrste so bile po poreklu iz Srbije. Gre za prvo domačo raziskavo preučevanja spinetoroma in spinosada proti skladiščnih škodljivcem, njeni rezultati pa so dobra podlaga za nadaljevanje sorodnih raziskav in morebitno prihodnjo vpeljavo obeh snovi v sisteme skladiščenja (TRDAN et al., 2017).

2.7 Ostale raziskave

V laboratorijski raziskavi smo ugotavljali vpliv tehnologije pridelave ozimne pšenice na smrtnost, številčnost potomstva in preferenco koruznega žužka (*S. zeamais*). V poskus smo vključili zrnje iz integrirane, ekološke, biodinamične in konvencionalne pridelave, katerega pridelava se je razlikovala v programih varstva rastlin in gnojenja v rastni dobi žita. Poskus je bil izveden pri temperaturah 20, 25 in 30° C, relativni zračni vlagi 55 in 75 %, smrtnost hroščev pa smo ugotavljali 7,

14 in 21 dni po nastavitvi poskusa. V večini obravnavanj smo potrdili, da se je 7. dan po nastavitvi poskusa z naraščanjem temperature povečevala smrtnost hroščev, z naraščanjem vlage pa se je zmanjševala. 7 dni po začetku poskusa je bila smrtnost hroščev večja na zrnju iz ekološke pridelave kot na zrnju iz integrirane pridelave. Potomce koruznega hrošča smo v zrnju našli 56 dni po odstranitvi hroščev, več pa jih je bilo pri 75 % relativni zračni vlagi. Pri 55 % relativni zračni vlagi in 20°C je bilo potomstvo škodljivca na zrnju v ekološki pridelavi za 60,8 % večje kot v integrirani pridelavi. Smrtnost hroščev je bila v optimalnih razmerah skladiščenja večja na zrnju iz alternativnih oblik pridelave pšenice kot na zrnju iz integrirane pridelave. Ugotavljamo, da je razumevanje agronomskih tehnologij, biotičnih in abiotičnih dejavnikov, ki vplivajo na pojavljanje skladiščnih škodljivcev, lahko zelo uporabno pri uporabi oz. razvoju strategij zatiranja škodljivcev (TURINEK et al., 2016).



Slika 10: Udeleženci 11. konference IOBC/wprs delovne skupine za integrirano varstvo uskladiščenih pridelkov, ki je bila v Ljubljani med 3. in 5. julijem 2017 (foto: J. Rupnik)

Figure 10: Participants of the 11th Conference of the IOBC/wprs Working Group on Integrated Protection of Stored Products, which was held in Ljubljana from July 3 to 5 2017 (photo: J. Rupnik)

2.8 Organizacija delavnic za kmetijske strokovnjake in konference IOBC

Leta 2017 smo v Ljubljani med 3. in 5. julijem organizirali 11. konferenco IOBC/wprs delovne skupine za integrirano varstvo uskladiščenih pridelkov (slika 10). Mednarodno odmevnega dogodka se je udeležilo 136 strokovnjakov iz 25 držav (Trdan and Trematerra, 2017; Trematerra and Trdan, 2018). Naše znanje iz področja zatiranja skladiščnih škodljivcev pa prenašamo tudi na domače kmetijske strokovnjake. Tako smo leta 2014 na Oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete organizirali delavnico z naslovom »Od tehnološke zrelosti do skladiščenja žit in stročnic« (Trdan, 2014ab) (slika 11), podobno srečanje z nekoliko širšo vsebino pa smo organizirali že tri leta prej (Trdan and Bohinc, 2011). Leta 2015 smo na 12. slovenskem posvetovanju o varstvu rastlin z mednarodno udeležbo na Ptuj kot vabljenega predavatelja gostili prof. dr. C. Athanassiou-a (slika 12) (ATHANASSIOU, 2015; TRDAN, 2015ab).

2.9 Sodelovanje s tujimi strokovnjaki

Leta 2007 smo se kot partnerji vključili v mednarodni projekt SEE-ERA.NET "Development of a non-toxic, ecologically compatible, natural-resource based insecticide from diatomaceous earth deposits of South Eastern Europe to control stored-grain insects pests" (koordinator je bil C. Athanassiou) in takrat smo se prvič seznanili z raziskovalnim delom na področju zatiranja hroščev iz rodu *Sitophilus* z diatomejsko zemljo (ATHANASSIOU et al., 2009, 2011).

Pod koordinatrstvom C. Athanassiou-a, v kateri sva bila tudi slovenski raziskovalec in študentka, je mednarodna raziskovalna skupina preučevala delovanje pirimifos-metila, formuliranega kot elektrostatični prah, da bi s tem zmanjšali količino te aktivne snovi na zrnju. Učinkovitost insekticida v tej formulaciji so primerjali z njegovim delovanjem v formulaciji koncentrata za emulzijo (EC) pri zatiranju hroščev *Sitophilus oryzae*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Rhyzopertha domi-*



Slika 11: Delavnica »Od tehnološke zrelosti do skladiščenja žit in stročnic«, ki je bila 27. novembra 2014 na Biotehniški fakulteti v Ljubljani (foto: J. Rupnik)

Figure 11: Workshop »From technological maturity to storing of cereals and legumes«, organized in the Biotechnical Faculty on November 27, 2014 (photo: J. Rupnik)

nica in *Tribolium confusum*. Preučevali so tudi obstojnost elektrostatičnega prahu na zrnju riža, koruze in pšenice ter njegov vpliv na lastnosti moke pri pripravi kruha in testenin. Pirimifos-metil v formulaciji elektrostatičnega prahu je učinkoviteje zatiral odrasle osebkne hroščev *O. surinamensis* in *T. confusum*, pri hroščih vrste *R. dominica* pa med formulacijama nismo ugotovili razlik v insekticidni učinkovitosti. Številčnost potomcev preučevanih hroščev je bilo vedno manjše na zrnju, tretiranem z insekticidom v formulaciji elektrostatičnega prahu. Dodajanje elektrostatičnega prahu na zrnje žita ni vplivalo na spremembo lastnosti moke, kruha in testenin. Ugotavlja-

mo, da je mogoče z pirimifos-metilom v formulaciji elektrostatičnega prahu učinkovito zatirati skladiščne hrošče, ne da bi pri tem vplivali na kakovost žitnega zrnja (ATHANASSIOU et al., 2016, 2017).

V okviru našega sodelovanja s srbskimi strokovnjaki smo preučevali delovanje spinosada in spinetorama na odrasle osebkne hroščev iz rodu *Sitophilus* in njun vpliv na številčnost potomstva. Rezultati te raziskave (ANDRIĆ et al., 2016, 2017), ki so bili začetek sodelovanja te mednarodne skupine, so predstavljeni v poglavju 2.6. in so bili podlaga za skupne raziskave, ki so sledile (delovanje lesnega pepela in zeolitov na skladiščne hrošče).

3 ZAKLJUČEK

V 12 letih našega dela na področju zatiranja skladiščnih škodljivcev smo v naše laboratorijske raziskave največkrat vključili tri vrste iz rodu *Sitophilus* (*S. granarius*, *S.*

oryzae in *S. zeamais*) in fižolarja (*A. obtectus*), torej škodljivce, ki imajo v Sloveniji velik gospodarski pomen. Gospodarsko škodljive metulje (*E. kuehniella*,



Slika 12: Prof. dr. Christos Athanassiou med vabljenim predavanjem na 12. slovenskem posvetovanju o varstvu rastlin z mednarodno udeležbo 3. marca 2015 na Ptujju (foto: J. Rupnik)

Figure 12: Prof. Dr. Christos Athanassiou during invited lecture in the 12th Slovenian Conference on Plant Protection with international participation in Ptuj, 3th March 2015 (photo: J. Rupnik)

P. interpunctella in *S. cerealella*) smo doslej obravnavali le v eni raziskavi. Glavnina našega raziskovalnega dela je vključevala preučevanje insekticidne učinkovitosti diatomejske zemlje in drugih inertnih prahov, kot so kremenov pesek, rastlinski prah, lesni pepel, in zeoliti. Diatomejsko zemljo smo zaradi učinkovitosti velikokrat uporabili tudi kot pozitivno kontrolo pri preučevanju učinkovitosti drugih inertnih prahov. Precejšnje fumigantno učinkovitost na škodljive hrošče so v naših laboratorijskih poskusih pokazala tudi nekatera eterična olja, zlasti eterično olje rožmarina. V sklopu našega strokovnega dela, kjer že več kot 10 let sistematično vzorčimo domorodne naravne sovražnike, smo našli dva parazitoida skladiščnih hroščev. Večji pomen pripisujemo vrsti *Anisopteromalus calandrae*, ki se v nekaterih državah v Evropi že načrtno vnaša v skladišča žit, a slovenska zakonodaja na področju biotičnega varstva še ne omogoča njene uporabe v praksi. Z orga-

nizacijo strokovnih srečanj za potrebe domačih strokovnjakov na področju pomena in zatiranja skladiščnih škodljivcev skrbimo za prenos strokovnih informacij v prakso, nadvse veseli pa smo bili tudi, da nam je IOBC-WPRS zaupala organizacijo 11th Conference of the IOBC/wprs (OILB/srop) Working Group on Integrated Protection of Stored Products (Ljubljana, Slovenija, 3.-5. julij 2017), kar je tudi rezultat naše prepoznavnosti in našega dobrega sodelovanja s tujimi strokovnjaki. Tudi v prihodnje bo del naših raziskovalno-strokovnih aktivnosti namenjen raziskavam na področju monitoringa in zatiranja skladiščnih škodljivcev, saj bo ta skupina škodljivcev zaradi večanja števila svetovnega prebivalstva, intenzivne mednarodne trgovine z rastlinskim materialom, podnebnih sprememb in nekaterih drugih dejavnikov tudi v prihodnosti predstavljala eno od gospodarsko najpomembnejših skupin rastlinskih škodljivcev.

4 CONCLUSIONS

In 12 years of our work in the field of stored product pest control, our laboratory studies most often included three species from the genus *Sitophilus* (*S. granarius*, *S. oryzae* and *S. zeamais*) and the bean weevil (*A. obtectus*), i.e. harmful organisms which are in Slovenia of great economic significance. The economically harmful butterflies (*E. kuehniella*, *P. interpunctella* and *S. cerealella*) have been so far addressed in only one study. The main body of our research work included studying insecticidal properties of diatomaceous earth and other inert dusts, e.g. quartz sand, plant powders, wood ashes and zeolites. Diatomaceous earth was due to its efficiency often used as a positive control when studying the efficiency of other inert dusts. Considerable fumigant effects on harmful beetles were in our laboratory experiments displayed also by some essential oils, particularly rosemary essential oil. In our professional work, in which we have been systematically sampling autochthonous natural enemies for more than 10 let years, we found two parasitoids of stored products beetles. In our view, the more important of these two is *Anisoptero-*

malus calandrae, which is already being systematically introduced in cereal storages in some European countries, while the Slovenian legislation in the field of biological control do not yet enable its use in practice. By organising expert meetings for the needs of the domestic experts who study the significance and control of stored product pests, we provide implementation of expert knowledge into practice, and we were delighted when the IOBCWPRS entrusted us with the organisation of the 11th Conference of the IOBC/wprs (OILB/srop) Working Group on Integrated Protection of Stored Products (Ljubljana, Slovenia, 3-5 July 2017), which is also a result of our recognisability and our good cooperation with foreign experts. Studies in the field of monitoring and control of stored product pests will remain a part of our research professional activities, as this group of harmful organisms will be also in future, due to the increasing world population, intense international trading in plant materials, climate changes and some other factors, one of the economically most important groups of plant pests.

5 ZAHVALA

Ta pregledni članek je nastal v okviru strokovnih nalog iz področja zdravstvenega varstva rastlin, ki jih financira Uprava RS za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin.

6 LITERATURA-REFERENCES

- ANDRIĆ, G., KLJAJIĆ, P., PRAŽIĆ GOLIC, M., TRDAN, S., LAZNIK, Ž. 2016: Efikasnost spinosada i spinetorama za žitnog i pirinčanog žiška u tretiranoj pšenici u zrnu. In: Zbornik rezimea radova, XV. Simpozijum o zaštiti bilja, Zlatibor, 28 November - 2 December 2016. Beograd, Društvo za zaštitu bilja Srbije, p. 46.
- ANDRIĆ, G., KLJAJIĆ, P., PRAŽIĆ GOLIC, M., LAZNIK, Ž., BOHINC, T., TRDAN, S. 2017. Influence of spinosad and spinetoram on *Sitophilus granarius* (L.) and *Sitophilus oryzae* (L.) offspring production and wheat grain damage rates. In: Trdan, S. (ed.). Abstract volume, 13th Slovenian Conference on Plant Protection with International Participation, 7-8. March 2017, Rimske Toplice, Slovenia. Ljubljana: Plant Protection Society of Slovenia, p. 85-86.
- ATHANASSIOU, C., KAVALLIERATOS, N., VAYIAS, B., TOMANOVIĆ, Ž., PETROVIĆ, A., TRDAN, S., ADLER, C., KORUNIĆ, Z., ROZMAN, V. 2009. Development of non-toxic, ecologically compatible, natural-resource based insecticide from diatomaceous earth deposits of South Eastern Europe to control stored-grain insect pests. In: Athanassiou, C. (ed.). Conference [of the] IOBC/WPRS working group Integrated protection of stored products, Compobasso, Italy, June 29-July 2, 2009. Book of abstracts, IOBC/WPRS, 1 p.
- ATHANASSIOU, C., KAVALLIERATOS, N., VAYIAS, B., TOMANOVIĆ, Ž., PETROVIĆ, A., TRDAN, S., ADLER, C., ROZMAN, V. 2011. Development of a non-toxic, ecologically compatible, natural-resource based insecticide from diatomaceous earth deposits of South Eastern Europe to control stored grain insect pests. In: Macháčova, J. (ed.), Rohsmann, K. (ed.). Scientific results of the SEE-ERA.NET - pilot joint call. 1st ed. Vienna, Centre for Social Innovation, 2009, 83-93.
- ATHANASSIOU, C. G. 2015. The long jump from chemical to non-chemical control in stored product protection: which are the viable alternatives to neurotoxic insecticides in this meta-pesticide era? In: Trdan, S. (ed.). Lectures and papers presented at the 12th Slovenian Conference on Plant Protection with International Participation, Ptuj, March 3-4 2015. Ljubljana, Plant Protection Society of Slovenia, 14-19.
- ATHANASSIOU, C. G., VASSILAKOS, T. N., DUTTON, A.-C., JESSOP, N., SHERWOOD, D., PEASE, G., BRGLEZ, A., STORM, C., TRDAN, S. 2016. Combining electrostatic powder with an insecticide: effect on stored product beetles and on the commodity. *Pest management science*, 72, 12, 2208-2217. DOI 10.1002/ps.4255
- ATHANASSIOU, C. G., VASSILAKOS, T. N., DUTTON, A.-C., JESSOP, N., SHERWOOD, D., PEASE, G., BRGLEZ, A., STORM, C., TRDAN, S. 2017. Novel insecticide formulations using Entostat powder technology: effects on stored product beetles and on the commodity. In: Trematerra, P. (ed.), Hamel, D. (ed.). Proceedings of the meeting [of the] IOBC-WPRS working group „Integrated protection of stored products“, Zagreb (Croatia), June 28- July 1, 2015 (IOBC-WPRS Bulletin, Vol. 111, 2015). Darmstadt, IOBC-WPRS. cop. 2015, p. 105.
- BOHINC, T., TRDAN, S. 2013. Insecticidal efficacy of five essential oils against bean weevil (*Acanthoscelides obtectus*, Coleoptera, Chrysomelidae) adults. In Trdan, S. (ed.), Maček, J. (ed.). Lectures and papers presented at the 11th Slovenian Conference on Plant Protection with International Participation (and The Round Table of Risks Reduction in Phyto-pharmaceutical Products Use in the Frame of CropSustaIn Project), Bled, March 5-6 2013. Ljubljana, Plant Protection Society of Slovenia, 313-319 [Slovenian]
- BOHINC, T., VAYIAS, B. J., BARTOL, T., TRDAN, S. 2013. Assessment of insecticidal efficacy of diatomaceous earth and powders of common lavender and field horsetail against bean weevil adults. *Neotropical Entomology* 42, 6, 642-648. DOI 10.1007/s13744-013-0168-7
- BOHINC, T., TRDAN, S. 2015. New records of biological control agents in Slovenia in the period 2013-2014. In: Trdan, S. (ed.). Lectures and papers presented at the 12th Slovenian Conference on Plant Protection with International Participation, Ptuj, March 3-4 2015. Ljubljana, Plant Protection Society of Slovenia, 289-294 [Slovenian]
- BOHINC, T., TRDAN, S. 2017. Comparison of insecticidal efficacy of four natural substances against granary weevil (*Sitophilus granarius* [L.]) adults: does the combined use of the substances improve their efficacy? *Spanish journal of agricultural research*, 15, 3, 1-8 (e1009). DOI 10.5424/sjar/2017153-11172.
- BOHINC, T., JELNIKAR, J., HORVAT, A., KLJAJIĆ, P., ANDRIĆ, G., PRAŽIĆ GOLIC, M., TRDAN, S. 2017a. Research on insecticidal efficacy of three different wood ashes against maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky, Coleoptera, Curculionidae) adults under laboratory conditions. In: Trdan, S. (ed.), Trematerra, P. (ed.). Book of abstracts, 11th Conference of the IOBC/wprs (OILB/srop) Working Group on Integrated Protection of Stored Products, Ljubljana, Slovenia, 3-5 July 2017. Ljubljana: Biotechnical Faculty; Zürich: IOBC. 2017, p. 86.

- BOHINC, T., DERVIĆ, A., HORVAT, A., KLJAJIĆ, P., ANDRIĆ, G., PRAŽIĆ GOLIĆ, M., TRDAN, S. 2017b. Effects of natural and synthetic zeolites against maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky, Coleoptera, Curculionidae) adults under laboratory conditions. In: Trdan, S. (ed.), Trematerra, P. (ed.). Book of abstracts, 11th Conference of the IOBC/wprs (OILB/srop) Working Group on Integrated Protection of Stored Products, Ljubljana, Slovenia, 3-5 July 2017. Ljubljana: Biotechnical Faculty; Zürich: IOBC. 2017, p. 87.
- LAZNIK, Ž., TÓTH, T., LAKATOS, T., VIDRIH, M., TRDAN, S. 2010. The activity of three new strains of *Steinernema feltiae* against adults of *Sitophilus oryzae* under laboratory conditions. International journal of food, agriculture & environment, 8, 1: 150-154.
- LAZNIK, Ž., TRDAN, S. 2010. Intraspecific variability of *Steinernema feltiae* (Filipjev) (Rhabditida: Steinernematidae) as biological control agent of rice weevil (*Sitophilus oryzae* [L.], Coleoptera, Curculionidae) adults. Acta agriculturae Slovenica, 95, 1: 51-59.
- LAZNIK, Ž., VIDRIH, M., TRDAN, S. 2012. Efficacy of four essential oils against *Sitophilus granarius* (L.) adults after short-term exposure. African journal of agricultural research, 7, 21, 3175-3181.
- ROJHT, H., KOS, K., TRDAN, S. 2008. Research on insecticidal activity of diatomaceous earth against of rice weevil (*Sitophilus oryzae*, Curculionidae, Coleoptera). In: Tajnšek, A. (ed.). New challenges in field crop production 2008. Proceedings of symposium, Rogaška Slatina, 4-5 December 2008. Ljubljana, Slovenian Society for Agronomy, 263-270 [Slovenian]
- ROJHT, H., ATHANASSIOU, C., VAYIAS, B., KAVALLIERATOS, N., TOMANOVIĆ, Ž., VIDRIH, M., KOS, K., TRDAN, S. 2010a. The effect of diatomaceous earth of different origin, temperature and relative humidity against adults of rice weevil (*Sitophilus oryzae* [L.], Coleoptera, Curculionidae) in stored wheat. Acta agriculturae Slovenica, 95, 1: 13-20 [Slovenian]
- ROJHT, H., HORVAT, A., ATHANASSIOU, C. G., VAYIAS, B. J., TOMANOVIĆ, Ž., TRDAN, S. 2010b. Impact of geochemical composition of diatomaceous earth on its insecticidal activity against adults of *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). Journal of pest science, 83, 4, 429-436. DOI 10.1007/s10340-010-0313-6
- ROJHT, H., HORVAT, A., TRDAN, S. 2010c. Local Slovenian quartz sands have low insecticidal activity against rice weevil (*Sitophilus oryzae* [L.], Coleoptera, Curculionidae) adults. International journal of food, agriculture & environment, 8, 3 & 4, 500-505.
- ROJHT, H., HORVAT, A., TRDAN, S. 2011. Efficacy of five Slovenian natural quartz sands admixed with wheat grains against *Sitophilus oryzae*. In: Athanassiou, C. G. (ed.), Adler, C. (ed.), Trematerra, P. (ed.). Proceedings of the meeting [of the] IOBC/WPRS Working group „Integrated protection of stored products“ at Campobasso, Italy, June 29 - July 2, 2009, (IOBC/WPRS Bulletin, Vol. 69). Darmstadt, Germany, IOBC/WPRS, 439-444.
- ROJHT, H., HORVAT, A., TRDAN, S. 2012a. Characteristics of diatomaceous earth as biopesticide for control of stored pests. Acta agriculturae Slovenica, 99, 1, 99-105 [Slovenian]
- ROJHT, H., KOŠIR, I. J., TRDAN, S. 2012b. Chemical analysis of three herbal extracts and observation of their activity against adults of *Acanthoscelides obtectus* and *Leptinotarsa decemlineata* using a video tracking system. Journal of plant diseases and protection, 119, 2, 59-67.
- TRDAN, S., VALIČ, N., UREK, G., MILEVOJ, L. 2005. Concentration of suspension and temperature as factors of pathogenicity of entomopathogenic nematodes for the control of granary weevil, *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). Acta agriculturae Slovenica, 85, 1, 117-124.
- TRDAN, S., VIDRIH, M., VALIČ, N. 2006. Activity of four entomopathogenic nematode species against young adults of *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) and *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae) under laboratory conditions. Journal of plant diseases and protection, 113, 4, 168-173.
- TRDAN, S., KAČ, M., VIDRIH, M., LAZNIK, Ž. 2010. Seasonal dynamics of three lepidopteran stored grain pests in Slovenia. In: Carvalho, M. O. (ed.). Proceedings of the 10th International working conference on Stored products protection, 27 June to 2 July 2010, Estoril, Portugal (Julius Kühn Archiv, No. 425, 2010). Berlin, Julius Kühn-Institut, 197-201.
- TRDAN, S., BOHINC, T. 2011. Results of laboratory trials on environmentally acceptable control measures against stored products pests (diatomaceous earth, essential oils ...). In: Trdan, S. (ed.). Abstracts of presentations. Workshop »Possibilities of environmentally acceptable production of field crops, industrial and fodder plants and sustainable use of grasslands in Slovenia. Ljubljana, 10-11 May 2011. Ljubljana, Biotechnical Faculty, Dept. of Agronomy, p. 17. [Slovenian]
- TRDAN, S., BOHINC, T. 2011. Testing the insecticidal activity of diatomaceous earth, and dusts of lavender and field horsetail against bean weevil (*Acanthoscelides obtectus* [Say], Coleoptera, Bruchidae) under laboratory condi-

- tions. In: Maček, J. (ed.), Trdan, S. (ed.). Lectures and papers presented at the 10th Slovenian Conference on Plant Protection, Podčetrtek, March 1-2 2011. Ljubljana, Plant Protection Society of Slovenia, 197-202.
- TRDAN, S., BOHINC, T. 2012. Testing the insecticidal activity of five different essential oils against bean weevil (*Acanthoscelides obtectus* [Say], Coleoptera, Chrysomelidae) adults under laboratory conditions. In: Athanassiou, C. G. (ed.), Kavallieratos, N. (ed.), Weintraub, P. G. (ed.). Proceedings of the meeting [of the] IOBC-WPRS Working group „Integrated protection of stored products“, Volos, Greece, 4 - 7 July, 2011, (IOBC wprs bulletin, Vol. 81, 2012). Darmstadt, Germany, IOBC/WPRS. cop. 2012, 123-131.
- TRDAN, S., BOHINC, T. 2013. Research on insecticidal efficacy of single and combined use of different natural substances against the granary weevil (*Sitophilus granarius* L.). In: Trdan, S. (ed.), Maček, J. (ed.). Lectures and papers presented at the 11th Slovenian Conference on Plant Protection with International Participation (and The Round Table of Risks Reduction in Phyto-pharmaceutical Products Use in the Frame of CropSustaIn Project), Bled, March 5-6 2013. Ljubljana, Plant Protection Society of Slovenia, 160-167 [Slovenian]
- TRDAN, S., KAVALLIERATOS, N., STATHAKIS, T., KREITER, S., STOJANOVIĆ, A., TOMANOVIĆ, Ž., BOHINC, T. 2013. First records of three natural enemies in Slovenia: predatory mite *Neoseiulus californicus* (Arachnida, Acari, Phytoseiidae) and parasitoid wasps *Neochrysocharis formosus* (Insecta, Hymenoptera, Eulophidae) and *Dibrachys microgastri* (Insecta, Hymenoptera: Pteromalidae). In: Trdan, S. (ed.), Maček, J. (ed.). Lectures and papers presented at the 11th Slovenian Conference on Plant Protection with International Participation (and The Round Table of Risks Reduction in Phyto-pharmaceutical Products Use in the Frame of CropSustaIn Project), Bled, March 5-6 2013. Ljubljana, Plant Protection Society of Slovenia, 286-294 [Slovenian]
- TRDAN, S., BOHINC, T. 2014. Testing the insecticidal efficacy of individual and combined use of four different natural substances against granary weevil (*Sitophilus granarius* L.) adults under laboratory conditions. In: Athanassiou, C. G. (ed.), et al. Proceedings of the meeting [of the] IOBC-WPRS working group „Integrated protection of stored products“, Bordeaux, France, July 1-4, 2013, (IOBC-WPRS Bulletin, Vol. 98, 2014). Darmstadt, IOBC-WPRS. cop. 2014, 235-241.
- TRDAN, S. (ED.). 2014a. Workshop »From technological maturity to storing of cereals and legumes«. Abstracts of presentations, Ljubljana, 27 November 2014. Ljubljana, Biotechnical Faculty, Dept. of Agronomy, 23 p. [Slovenian]
- TRDAN, S. 2014b. Pests of stored cereals and legumes: presentation and control measures. In: Trdan, S. (ed.). Abstracts of presentations. Workshop »From technological maturity to storing of cereals and legumes«. Ljubljana, 27 November 2014. Ljubljana, Biotechnical Faculty, Dept. of Agronomy, 10-12 [Slovenian]
- TRDAN, S. (ED.). 2015a. 12. Slovenian Conference on Plant Protection with International Participation, Ptuj, March 3-4 2015. Abstract volume. Ljubljana, Plant Protection Society of Slovenia, 127 p. [Slovenian]
- TRDAN, S. (ED.). 2015b. Lectures and papers presented at the 12th Slovenian Conference on Plant Protection with International Participation, Ptuj, March 3-4 2015. Ljubljana, Plant Protection Society of Slovenia, 398 p.
- TRDAN, S., HORVAT, A., BOHINC, T. 2015. Research on insecticidal efficacy of different inert dusts against the maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky, Coleoptera, Curculionidae) adults. In: Trematerra, P. (ed.), Hamel, D. (ed.). Proceedings of the meeting [of the] IOBC-WPRS working group „Integrated protection of stored products“, Zagreb (Croatia), June 28- July 1, 2015, (IOBC-WPRS Bulletin, Vol. 111, 2015). Darmstadt, IOBC-WPRS. cop. 2015, str. 141-145.
- TRDAN, S., BOHINC, T. 2016. New records of biological control agents in Slovenia in the period 2012-2014. In: Boeckx, P. (ed.). Proceedings [of the] 68th International symposium on crop protection, Gent, May 17, 2016, (Communications in agricultural and applied biological sciences, 81(3), 2016), Gent, Gent University, 375-380.
- TRDAN, S., BOHINC, T., SNOJ, M., PRAŽIĆ GOLIĆ, M., KLJAJIĆ, P., ANDRIĆ, G. 2017. Assessment of the efficacy of spinetoram and spinosad against adults of three *Sitophilus* species reared of four different winter wheat varieties. In: Trdan, S. (ed.), Trematerra, P. (ed.). Book of abstracts, 11th Conference of the IOBC/wprs (OILB/srop) Working Group on Integrated Protection of Stored Products, Ljubljana, Slovenia, 3-5 July 2017. Ljubljana: Biotechnical Faculty; Zürich: IOBC. 2017, p. 89.
- TRDAN, S., TREMATERRA, P. (EDS.). 2017. 11th Conference of the IOBC/wprs (OILB/srop) Working Group on Integrated Protection of Stored Products, Ljubljana, Slovenia, 3-5 July 2017. Book of abstracts. Ljubljana: Biotechnical Faculty; Zürich: IOBC, 2017. 126 p.
- TREMATERRA, P., TRDAN, S. (EDS.). 2018. Proceedings of the meeting [of the] IOBC-WPRS Working group „Integrated protection of stored products“, Ljubljana, July 3-5, 2017 (IOBC WPRS Bulletin, Vol. 130, 2018). Darmstadt, Germany, IOBC/WPRS, 404 p.

TURINEK, M., BAVEC, F., REPIČ, M., BAVEC, M., ATHANASSIOU, C. G., TURINEK, M., LEITNER, E., TREMATERRA, P., TRDAN, S. 2016. Mortality, progeny production and preference of *Sitophilus zeamais* adults to wheat from integrated and alternative production systems. *Acta agriculturæ Scandinavica. Section B, Soil and plant science*, 66, 5, 443-451.