

**LABORATORIJSKO PREUČEVANJE INSEKTICIDNEGA DELOVANJA
PRAHOV INVAZIVNIH TUJERODNIH RASTLINSKIH VRST V
SAMOSTOJNI UPORABI IN KOMBINACIJAH Z LESNIM PEPELOM IN
DIATOMEJSKO ZEMLJO NA RIŽEVEGA ŽUŽKA (*Sitophilus oryzae*,
Coleoptera, *Curculionidae*)**

Andrija VASILIC¹, Tanja BOHINC², Stanislav TRDAN³

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana

IZVLEČEK

V laboratorijskih razmerah smo preučevali insekticidno delovanje prahov, pridobljenih iz štirih invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst (navadne amorfe [*Amorpha fruticosa*], velikega pajesena [*Ailanthus altissima*], kanadske zlate rozge [*Solidago canadensis*] in octovca [*Rhus typhina*]) v samostojni uporabi in v kombinacijah z lesnim pepelom in diatomejsko zemljo, za zatiranje riževega žužka (*Sitophilus oryzae*). Pri kombinirani uporabi inertnih prašiv z rastlinskimi prahovi smo le-te mešali v nižji koncentraciji. Poskus je potekal pri dveh temperaturnih vrednostih (20°C in 25°C) in pri dveh vrednostih relativne zračne vlage (55 in 75 %). Smrtnost hroščev smo ocenjevali 7., 14. in 21. dan po nastavitvi poskusa. Najvišjo smrtnost hroščev smo dosegli v obravnavanjih, kjer smo rastlinske prahove mešali z diatomejsko zemljo oziroma lesnim pepelom. Ko smo zmletim listom navadne amorfe (1,25 u%) dodali še lesni pepel (1,25 u%), smo pri 55 % Rh dosegli 65 % smrtnost hroščev, pri 75 % Rh vrednosti je bila smrtnost hroščev le 7 %. Smrtnost hroščev je bila signifikatno najvišja pri nižji vrednosti Rh (31%), v primerjavi z višjo vrednostjo relativne zračne vlage, kjer je smrtnost hroščev znašala le 7 %. V naši raziskavi sta se kot pomembna dejavnika smrtnosti hroščev pokazala temperatura in relativna zračna vlaga. Pri 25°C in 55 % Rh smo v obravnavanjih, kjer smo navadni amorfi in kanadski rozgi dodajali lesni pepel ugotovili 100 % smrtnost. 100 % smrtnost smo ugotovili v obravnavanju lesni pepel, kar je veljajo tudi za lesni pepel v samostojni aplikaciji. Z našo raziskavo ugotavljamo, da uporaba rastlinskih prahov tujerodnih invazivnih rastlinskih vrst sama po sebi ni dovolj učinkovita, zato smo prahovom zmletih listov tujerodnih invazivnih vrst dodajali lesni pepel in diatomejska zemljo, od katerih lesni pepel kaže boljše sinergistično delovanje.

Ključne besede: lesni pepel, diatomejska zemlja, tujerodne invazivne rastlinske vrste, rižev žužek

¹ mag. inž. agr., nekdanji študent MSc študija agronomije na OA BF

² dr., znan. sod., Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana

³ prof. dr., prav tam

ABSTRACT

INVESTIGATION ON INSECTICIDAL EFFICACY OF INVASIVE ALIEN PLANTS POWDERS IN INDIVIDUAL USE AND COMBINATIONS WITH WOOD ASH AND DIATOMACEOUS EARTH AGAINST RICE WEEVIL (*Sitophilus oryzae*, Coleoptera, Curculionidae) UNDER LABORATORY CONDITIONS

In laboratory conditions, we have studied the insecticidal efficacy of plant powders, obtained from four invasive alien plant species (false indigo [*Amorpha fruticosa*], tree of heaven [*Ailanthus altissima*], Canada goldenrod [*Solidago canadensis*] and staghorn sumac [*Rhus typhina*]) in single and combined application with wood ash and diatomaceous earth, for suppression of rice weevil (*Sitophilus oryzae*). In the case of combined use of inert dusts with plant dusts, they were mixed in a lower concentration. The experiment took place at two temperature values (20°C and 25°C) and at two values of relative air humidity (55 and 75%). Mortality of weevils was assessed on days 7th, 14th and 21st after setting up the experiment. The highest mortality of weevils was achieved in treatments where plant powders were mixed with diatomaceous earth or wood ash. When wood ash (1.25 u%) was added to the ground leaves of false indigo (1.25 u%), at 55% Rh we achieved 65% mortality of weevils, at 75% Rh value the mortality of weevils was only 7%. weevil mortality was significantly highest at lower Rh value (31%), compared to higher relative humidity, where beetle mortality was only 7%. In our research, temperature and relative humidity were found to be important factors in weevil mortality. At 25°C and 55% Rh value, we found 100% mortality in treatments where wood ash was added to false indigo, Canada goldenrod. 100 % mortality was also detected, when wood ash was applied as single formulation at 25°C and 55 % Rh value. Through our research, we have detected that the use of plant powders of invasive plant species is not effective enough by itself, so we added wood ash and diatomaceous earth to the powders of ground leaves of invasive alien species, of which wood ash shows a better synergistic efficacy.

Key words: wood ash, diatomaceous earth, invasive alien plant species, rice weevil

1 UVOD

Med alternativnimi metodami zatiranja skladiščnih škodljivcev je v zadnjih 20 letih najbolj raziskana uporaba inertnih prašiv, kamor med drugim spadata tudi diatomejska zemlja in lesni pepel. Uporaba diatomejske zemlje ima veliko pozitivnih lastnosti, pa tudi nekaj negativnih (Korunić et al., 2020). Da bi zmanjšali negativne vplive diatomejske zemlje, kot sta zmanjšanje gostote žita in vpliv na pretočnost žita (Korunić and Fields, 2020), so se marsikateri raziskave usmerile v preučevanje sinergističnega delovanja rastlinskih insekticidov in diatomejske zemlje (Korunić et al., 2020). O preučevanju delovanja lesnega pepela za zatiranje skladiščnih škodljivcev lahko preberemo v Jean et al. (2015) in Bohinc et al. (2018).

Cilj naloge je bil preučiti učinkovitost prahov štirih invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst, samostojno in v kombinaciji z lesnim pepelom in diatomejsko zemljo, za zatiranje riževega žužka (*Sitophilus oryzae*) pri dveh različnih temperaturah in dveh različnih vrednostih zračne vlage.

2 MATERIAL IN METODE

2.1 Zasnova poskusa

Poskus je potekal v Laboratoriju za entomologijo fitomedicinskega dela Katedre za fitomedicino, kmetijsko tehniko, poljedelstvo, pašništvo in travništvo Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete. V poskusu smo uporabili 2-4 tedne stare odrasle osebkke riževega žužka (*Sitophilus oryzae*), katere smo namnoževali v laboratorijskih razmerah v temi pri sobni temperaturi ($22\pm 2^{\circ}\text{C}$).

Uporabili smo lesni pepel navadne smreke (*Picea abies* [L.] Karsten), pridobljen v domačem kurišču, in diatomejsko zemljo, pripravek SilicoSec® (dobavitelj: Metrob d.o.o., Začret, Ljubčana). Omenjeni inertni prašivi smo v različnih koncentracijah dodajali prahovom invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst, in sicer: navadne amorfe (*Amorpha fruticosa*), velikega pajesena (*Ailanthus altissima*), kanadske zlate rozge (*Solidago canadensis*) in octovca (*Rhus typhina*). Listi tujerodnih rastlin so bili nabrani na območju Ljubljane. Rastlinski material smo posušili na prostem v senci in ga nato suhega zmleli po treh tednih.

Erlenmajerice volumna 1000 ml smo napolnili z 270 g zrnja ozimne pšenice. Pšenico smo skupaj s prašivi mešali v mešanilniku (Orbital Rotar tip 3040, dobavitelj: Sanolabor) za 15 do 30 min. Pomembno je bilo, da se zrnje pšenice in pripravke dobro premešata. Količino zrnja iz 1000 ml erlenmajeric smo nato enakomerno razporedili v 100 ml erlenmajerice, v devetih ponovitvah. Erlenmajerice so bile zaprte z polipropilenom, ki je hroščem omogočal dihanje, vendar jim je preprečil izhod. Smrtnost smo ocenjevali 7., 14. in 21. dan po nastavitvi poskusa. Negativno kontrolo je predstavljalo čisto žito.

Insekticidno delovanje izbranih prašnatih pripravkov, zmešanih z zrnjem pšenice v erlenmajericah smo preučevali pri dveh različnih temperaturah (20 in 25°C) in pri dveh vrednostih relativne zračne vlage (Rh) (55 in 75 %).

2.2 Statistična analiza podatkov

Korigirano smrtnost hroščev riževega žužka smo izračunali po Abbott-ovi formuli. Rezultate poskusa smo statistično ovrednotili s programom Statgraphics Centurion XVI (Statgraphics Centurion XVI, 2009). Razlike med obravnavanji smo ovrednotili z analizo variance (ANOVA) in Tukey-evim preizkusom mnogoterih primerjav ($P < 0,05$).

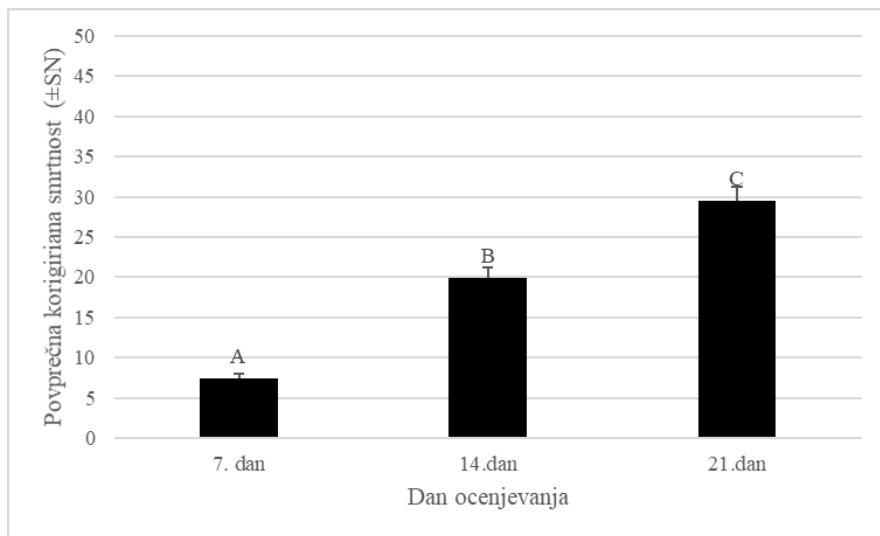
3 REZULTATI IN RAZPRAVA

3.1 Povprečna korigirana smrtnost hroščev

Ugotovili smo, da je na smrtnost hroščev signifikantno vplival dan izpostavljenosti prašivom ($F=729.49$, $Df=2$, $P < 0,005$), relativna zračna vlaga ($F=2640.87$, $Df=1$, $P < 0,005$), temperatura ($F=382.64$, $Df=1$, $P < 0,005$) in vrsta obravnavanja ($F=320.33$, $Df=13$, $P < 0,005$). Prav tako smo ugotovili, da so na povprečno korigirano smrtnost hroščev signifikantno vplivale interakcije med dnevom izpostavljenosti in relativno zračno vlago ($F=283.36$, $Df=2$, $P < 0,005$), dnevom izpostavljenosti in temperaturo ($F=4.01$, $Df=2$, $P=0.0183$), dnevom izpostavljenosti in obravnavanjem ($F=38.62$, $Df=26$, $P < 0,005$), relativno zračno vlago in temperaturo ($F=237.75$, $Df=13$, $P < 0,005$),

temperaturo in obravnavanjem ($F=20.77$, $Df=13$, $P<0,005$), dnevom izpostavljenosti, relativno zračno vlago in temperaturo ($F=14.93$, $Df=2$, $P<0,005$), dnevom izpostavljenosti, relativno zračno vlago in obravnavanjem ($F=30.26$, $Df=26$, $P<0.005$), relativno zračno vlago, temperaturo in obravnavanjem ($F=12.74$, $Df=13$, $P<0.005$).

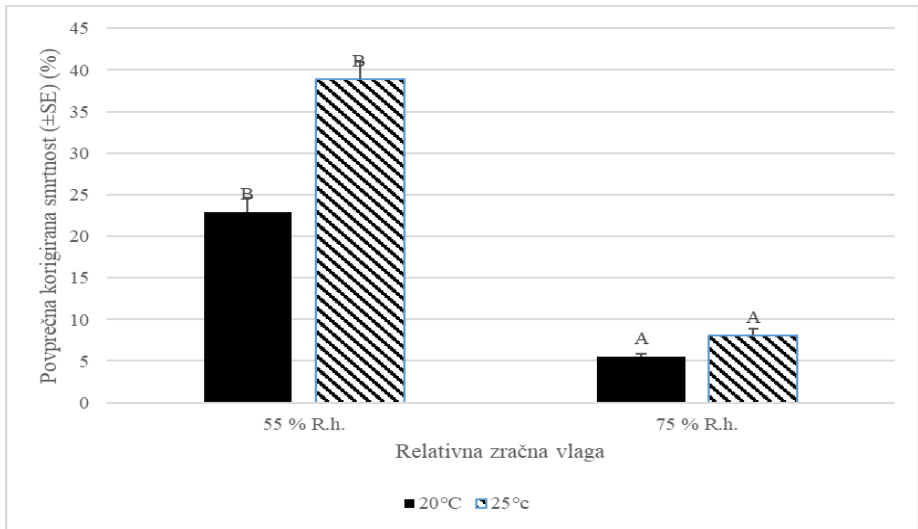
Glede na časovni interval izpostavljenosti, smo najnižjo smrtnost ugotovili po 7. dnevu izpostavljenosti (manj kot 8 %), medtem, ko je smrtnost po 21. dnevu znašala skoraj 30 %. Podrobnosti so predstavljene v sliki 1.



Slika 1: Povprečna korigirana smrtnost hrpščev riževega žužka glede na časovni interval izpostavljenosti (črke prikazujejo razlike med dnevi izpostavljenosti).

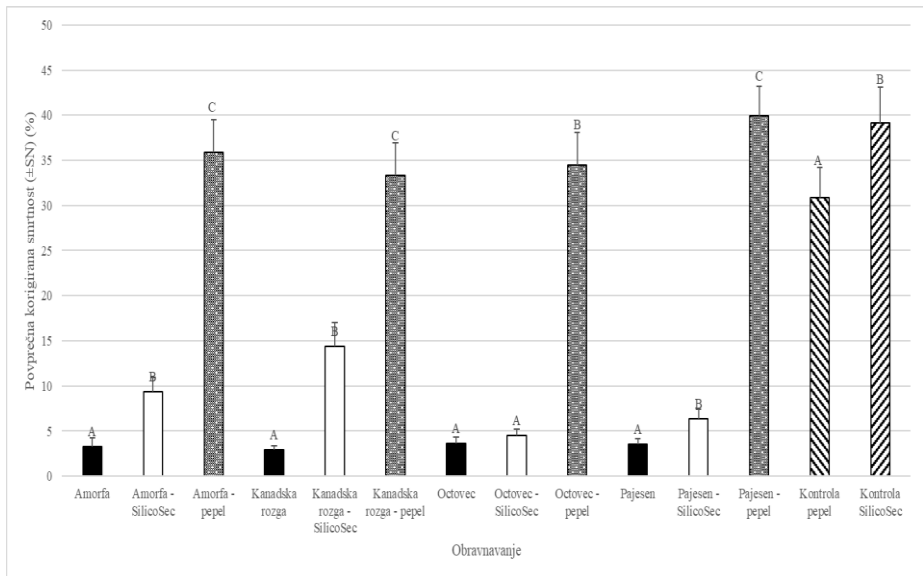
Pri obeh temperaturnih vrednostih smo signifikantno višjo smrtnost zabeležili pri 55 % relativni zračni vlagi, in sicer pri 20°C je povprečna smrtnost znašala dobrih 22 %, medtem ko je pri 25°C znašala povprečna korigirana smrtnost skoraj 40 %. Več podrobnosti je predstavljenih v sliki 2.

Ko smo navadno amorfo (grafično amorfa) uporabili v samostojni uporabi, smo dosegli 3 % smrtnost, medtem ko smo omenjenemu prašivju dodajali lesni pepel, je smrtnost znašala 35 %. Prav tako je smrtnost hroščev pri kombinaciji lesnega pepela in zmletih listov kanadske rozge znašala 33 %. Ko smo kombinirali zmlete liste velikega pajesena in lesnega pepela smo dosegli skoraj 40 % smrtnost. Samostojna uporaba lesnega pepela je povzročila 30 % smrtnost. Ko smo pripravek SilicoSec aplicirali v samostojni uporabi, smo dosegli 40 % smrtnost ($39,18 \pm 3,9\%$), medtem ko smrtnost v kombinacijah, kjer smo pripravek dodajali prašivom iz tujerodnih invazivnih rastlinskih vrst, ni presegla 15 % (slika 3).



Slika 2: Povprečna korigirana smrtnost glede na temperaturo v odvisnosti od relativne zračne vlage (črke prikazujejo razlike znotraj temperature med vrednostmi relativne zračne vlage).

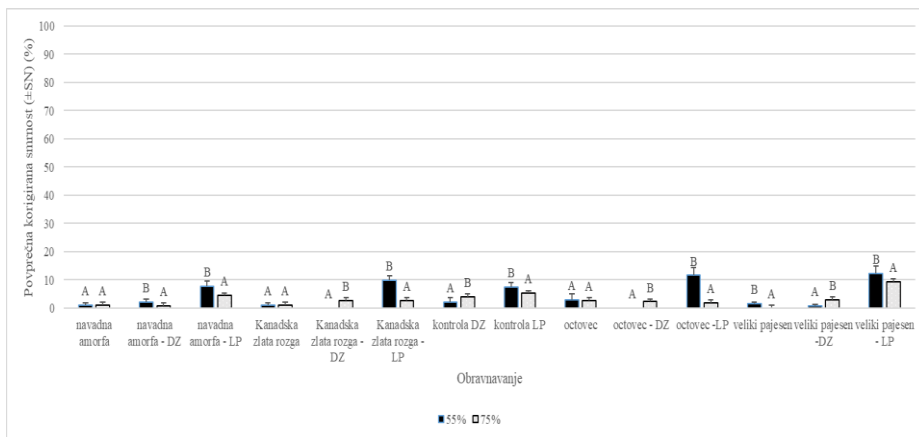
454



Slika 3: Povprečna korigirana smrtnost glede na obravnavanje (črke prikazujejo razlike znotraj posamezne kombinacije, tj. prašiva tujerodnih invazivnih rastlinskih vrst z dvema različnima inertnima prašivoma).

3.2 Povprečna korigirana smrtnost hroščev po 7. dneh

Povprečna smrtnost hroščev je pri 20°C in 55 % relativni zračni vlagi pri kombinaciji octovca in lesnega pepela znašala 11%, medtem kot je pri 75 % pri omenjenem obravnavanju smrtnost znašala slaba 2 %. Podrobnejši podatki so predstavljeni v sliki 4.



455

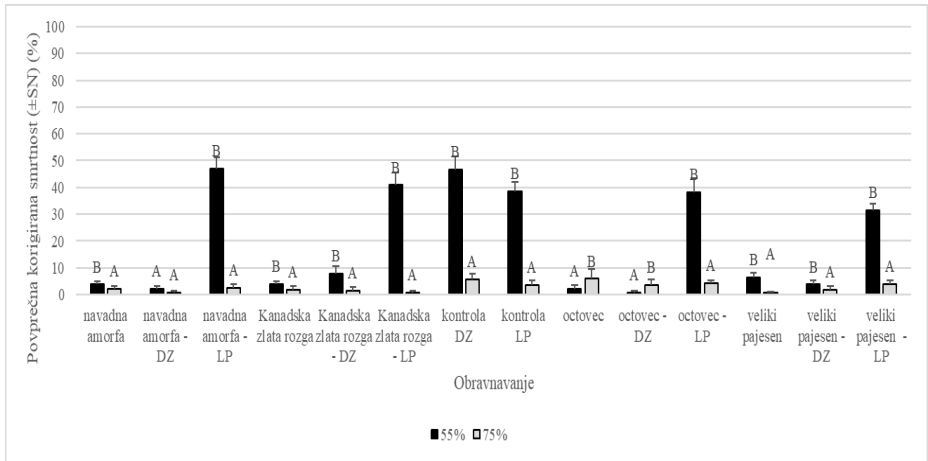
Slika 4: Povprečna korigirana smrtnost hroščev pri 20°C po 7. dnevu izpostavljenosti (črke prikazujejo razlike znotraj obravnavanja med posameznimi vrednostmi relativne zračne vlage; legenda: DZ-diatomejska zemlja, LP-lesni pepel).

Pri 25°C in 55 % relativni zračni vlagi so povprečne smrtnosti pri kombinacijah lesnega pepela in navadne amorfe oziroma octovca in lesnega pepel znašale 47 % oziroma 38 %, medtem ko smo pri samostojni uporabi navadne amorfe in octovca dosegli skoraj 4 % smrtnost oziroma dobra 2%. več podrobnosti je predstavljenih v sliki 5.

3.3 Povprečna korigirana smrtnost hroščev po 14. dneh

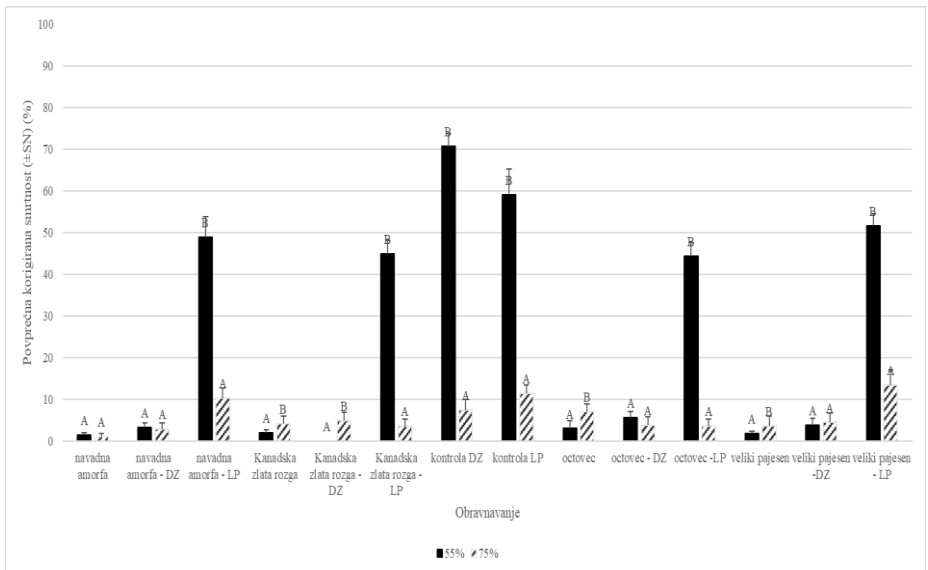
Pri samostojni uporabi pripravka SilicoSec® smo pri 20°C in 55 % Rh dosegli že 70 % smrtnost, samostojna uporaba lesnega pepela pa je povzročila 59 % smrtnost. Podrobnejši rezultati so predstavljeni v sliki 6.

Pri 25°C in 55 % relativni zračni vlagi smo pri kombinaciji zmlatih listov navadne amorfe in lesnega pepela zabeležili več kot 90 % smrtnost, medtem ko je pri kombinaciji lesnega pepela in velikega pajesena smrtnost znašala 70 %. samostojna uporaba lesnega pepela je pri omenjeni kombinaciji temperature in zračne vlage povzročila manj kot 90 % smrtnost. Podrobnejši podatki so predstavljeni v sliki 7.

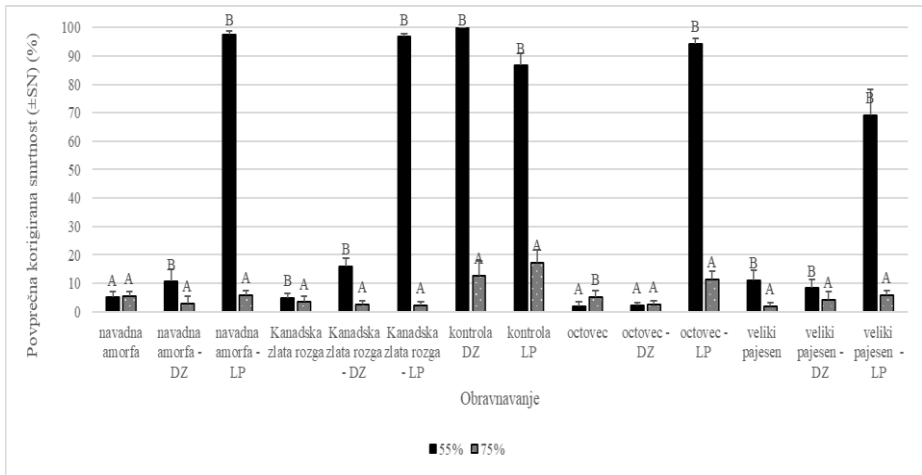


Slika 5: Povprečna korigirana smrtnost hroščev pri 25°C po 7. dnevju izpostavljenosti (črke prikazujejo razlike znotraj obravnavanja med posameznimi vrednostmi relativne zračne vlage; legenda: DZ-diatomejska zemlja, LP-lesni pepel).

456

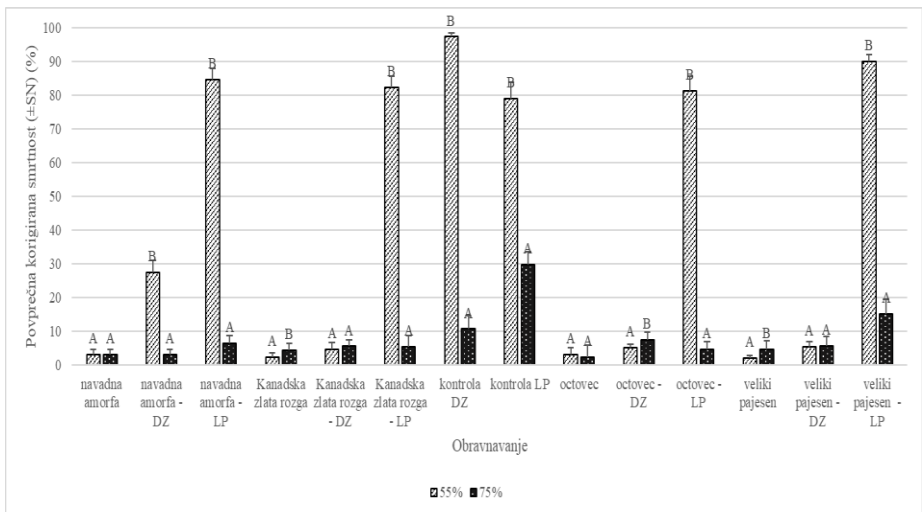


Slika 6: Povprečna korigirana smrtnost hroščev pri 20°C po 14. dnevju izpostavljenosti (črke prikazujejo razlike znotraj obravnavanja med posameznimi vrednostmi relativne zračne vlage; legenda: DZ-diatomejska zemlja, LP-lesni pepel).



Slika 7: Povprečna korigirana smrtnost hroščev pri 25°C po 14. dnevu izpostavljenosti (črke prikazujejo razlike znotraj obravnavanja med posameznimi vrednostmi relativne zračne vlage; legenda: DZ-diatomejska zemlja, LP-lesni pepel).

457

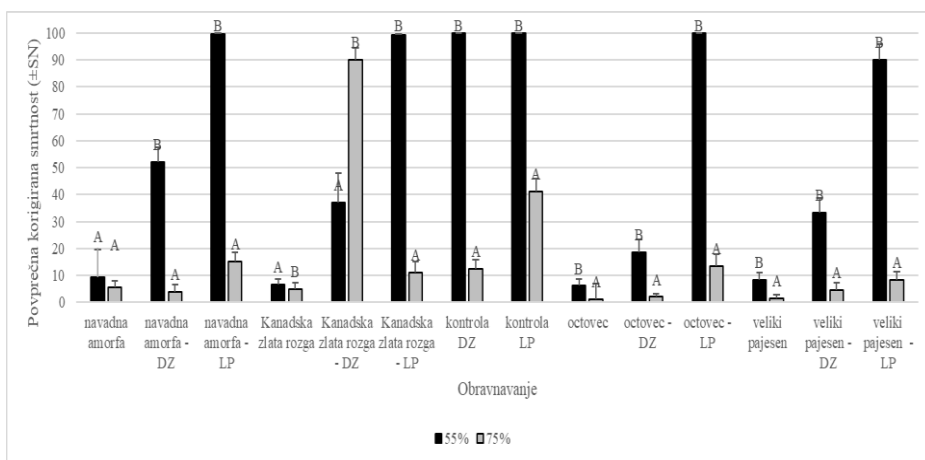


Slika 8: Povprečna korigirana smrtnost hroščev pri 20°C po 21. dnevu izpostavljenosti (črke prikazujejo razlike znotraj obravnavanja med posameznimi vrednostmi relativne zračne vlage; legenda: DZ-diatomejska zemlja, LP-lesni pepel).

3.4 Povprečna korigirana smrtnost hroščev po 21. dneh

Pri 20°C in 55 % smo pri kombinaciji zmletih listov velikega pajesena in lesnega pepela ugotovili 90 % smrtnost, medtem ko je bila smrtnost pri isti kombinaciji prašiv in 75 % relativni zračni vlagi 15 %. Samostojna uporaba lesnega pepela je pri 20°C in 55 % povzročila 78 % smrtnost, medtem ko je bila smrtnost pri višji vrednosti relativne zračne vlage 29 %. Podrobnejši podatki so predstavljeni v sliki 8.

Samostojna uporaba lesnega pepela in pripravka SilicoSec je pri 25°C in 55 % povzročila 100 % smrtnost. Prav tako smo 100 % smrtnost pri nižji vrednosti relativne zračne vlage ugotovili v obravnavanjih, kjer smo uporabili kombinacijo navadne amorfe in lesnega pepela, kanadske zlate rozge in lesnega pepela ter octovca in lesnega pepela. Podrobnosti so predstavljene v sliki 9.



Slika 9: Povprečna korigirana smrtnost hroščev pri 25°C po 21. dnevu izpostavljenosti (črke prikazujejo razlike znotraj obravnavanja med posameznimi vrednostmi relativne zračne vlage; legenda: DZ-diatomejska zemlja, LP-lesni pepel).

V raziskavi ugotavljamo, da sta na smrtnost hroščev izrazito vplivali relativna zračna vlaga in temperatura. Omenjeno velja za obravnavanja, kjer smo uporabili zmlete liste tujerodnih invazivnih rastlin kot tudi za obravnavanja, kjer smo preučevali sinergistično delovanje zmletih listov z dvema vrstama inertnih prašiv v zmanjšanem odmerku. Da višanje temperature in nižanje relativne zračne vlage vpliva na boljše delovanje (višjo smrtnost hroščev) pri uporabi inertnih prašivih (lesni pepel, diatomejska zemlja, zeoliti,...) so v preteklosti že potrdili Athanassiou *et al.* (2014), Bohinc *et al.* (2018) in Eroglu *et al.* (2019). Dosedanje raziskave, kjer so preučevali delovanje zmletega rastlinskega materiala v samostojni uporabi, prav tako poročajo o nizki smrtnosti hroščev (Lampiri *et al.*, 2020), kakor smo ugotovili v prvem delu naše raziskave. Zaradi že znanih negativnih vplivov inertnih prašiv na skladiščeno zrnje, je zmanjševanje količine inertnih prašiv ključnega pomena.

Sinergistično delovanje inertnih prašiv z rastlinskimi insekticidi so potrdili že v nekaterih raziskavah, predvsem pa se omenjeno delovanje navezuje na uporabo eteričnih olj (Korunić et al., 2020) in tudi zmletih rastlinskih prašiv. Kombinacija eteričnih olj in diatomejske zemlje naj bi na skladiščne škodljivce povzročala dodatni stres, saj eterična olja vplivajo na več gibanja škodljivcev, in posledično lažjega delovanje diatomejske zemlje. Adarkwah in sod. (2017) v svoji raziskavi potrjujejo, da so z dodajanjem diatomejske zemlje k prašivom iz rastlinskih vrst *Piper guineense* in *Senna siamea* izboljšali delovanje prašiv, in dosegli višjo smrtnost kot pri samostojni uporabi. Ob nižji zračni vlagi in višji temperaturi, smo v naši raziskavi dosegli primerljivo smrtnost (več kot 90 %) med obravnavanji, kjer smo zmletim prašivom dodajali nižjo koncentracijo lesnega pepela z obravnavanjem, kjer smo uporabili pepel v višji koncentraciji. Primerljivo insekticidno delovanje med samostojno uporabo lesnega pepela in kombinacijami pepela in štirih prašiv iz IAPs smo dosegli tudi pri nižji temperaturi in nižji zračni vlagi, vendar smrtnost po 21. dnevu izpostavljenosti ni presegla 95 %. Pri višji relativni zračni vlagi smo šele po 21. dneh dosegli smrtnost pri posameznih obravnavanjih, ki je bila višja od 40 % (kontrolno obravnavanje pepel) in 90 % (kombinacija pepela in kanadske rozge). Dodajanje diatomejske zemlje zmletim listom IAPs je izboljšalo insekticidno delovanje prašiv, vendar ne tako izrazito, kot pri dodajanju pepela.

Kombinirano uporabo rastlinskih insekticidov (zmletih rastlinskih delov) s pepelom v svoji raziskavi priporočajo že Ntonifor et al. (2011), in naj bi bila predvsem uporabna za kmetije v manj razvitih delih sveta, kjer bi si s takšnim načinom uporabe bistveno znižali stroške zatiranja škodljivcev. V dosedanjih raziskavah uporabe lesnega pepela pri zatiranju skladiščnih škodljivcev ne ugotavljajo negativnih vplivov na skladiščeno žito (Jean et al., 2015), prav tako na smrtnost hroščev ni vplivala koncentracija lesnega pepela (Bohinc et al., 2018). Na drugi strani je vse več raziskav, ki dokazujejo, da je smiselno zniževanje količine uporabljene diatomejske zemlje (Korunić, 2016; Korunić et al., 2020) zaradi dokazanih negativnih vplivov, kot so zniževanje kvalitete zrnja, ... Zato smo v naši študiji napram predhodnim podatkom še nižali odmerke izbranih inertnih prašiv, tj. diatomejske zemlje in lesnega pepela smreke. Pri samostojni uporabi diatomejske zemlje smo ugotovili visoko smrtnost, kar ugotavljajo že Athanassiou et al. (2005). Kombinacije diatomejske zemlje in zmletih listov tujerodnih invazivnih rastlin niso pokazale visoke smrtnosti. Da je pomemben tudi čas izpostavljenosti inertnim prašivom smo ugotovili v naši raziskavi, kot tudi že v preteklih raziskavah (Athanassiou et al., 2005; Bohinc et al., 2018, Perišić et al., 2018).

4 SKLEPI

Na podlagi rezultatov naše raziskave, v kateri smo preučevali insekticidno delovanje prahov tujerodnih invazivnih rastlinskih vrst na odrasle osebkke riževega žužka v samostojni uporabi in v kombinacijah z diatomejsko zemljo in lesnim pepelom ugotavljamo, da samostojna uporaba tujerodnih invazivnih rastlin sama po sebi ni dovolj učinkovita. S kombinirano uporabo inertnih in rastlinskih prašiv smo delovanje slednjih izboljšali.

5 ZAHVALA

Raziskava je bila izvedena v okviru projekta L4-3178 »Razvoj in optimizacija nekemičnih načinov zatiranja rastlinskih škodljivcev z namenom njihove implementacije v sisteme trajnostnega kmetijstva«, katerega sofinancerja sta Javna agencija Republike Slovenije za raziskovalno dejavnost in Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije.

6 LITERATURA

- Abbott, W.S. 1925. A method for computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*. 18: 265-267.
- Adarkwah, C., Obeng-Ofori, D., Prozell, S., Asante, V., Hörman, V., Ulrich, C., Scholler, M. 2017. Toxicity and protectant potential of *Piper guineense* (Piperaceae) and *Senna siamea* (Fabaceae) mixed with diatomaceous earth for the management of three major stored product beetle pests. *International Journal of Pest Management*. 64:2, 128-139.
- Athanassiou, C.G., Vayias, B.J., Dimizas, C.B., Kavallieratos, N.G., Papagregoriou, A.S., Buchelos, C.T. 2005. Insecticidal efficacy of diatomaceous earth against *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* du Val (Coleoptera: tenebrionidae) on stored wheat: influence of dose rate, temperature and exposure interval. *Journal of Stored Product Research*. 41: 47-55.
- Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G., Lazzari, F. A. 2014. Insecticidal effect of Keepdry® for the control of *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae) on wheat under laboratory conditions. *Journal of Stored Product Research*. 59: 133-139.
- Bohinc, T., Horvat, A., Andrić, G., Pražić Golić, M., Kljajić, P., Trdan, S. 2018. Comparison of three different wood ashes and diatomaceous earth in controlling the maize weevil under laboratory conditions. *Journal of Stored Product Research*. 79: 1-8.
- Eroglu, N., Sakka, M.K., Emekci, M., Athanassiou, C.G. 2019. Effect of zeolite formulations on the mortality and progeny production of *Sitophilus oryzae* and *Oryzaephilus surinamensis* at different temperature and relative humidity levels. *Journal of Stored Product Researc*. 81: 40-45.
- Jean, W.G., Nchiwan, N.E., Dieudonne, N., Christopher, S., Adler, C. 2015. Efficacy of diatomaceous earth and wood ash for the control of *Sitophilus zeamais* in stored maize. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 3(5): 390-397.
- Korunić, Z. 2016. Overview of undesirable effects of using diatomaceous earths for direct mixing with grains. *Pesticide (Phytomedicine) Belgrade*. 33:219-229.
- Korunić, Z., Fields, P. 2020. Evaluation of three new insecticide formulations based on inert dusts and botanicals against four stored-grain beetles. *Journal of Stored Product Research*. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101633>.
- Lampiri, E., Agrafioti, P., Levizou, E., Athanassiou, C.G. 2020. insecticidal effect of *Dittrichia viscosa* lyophilized epicuticular material against four major stored-product beetle species on wheat. *Crop Protection*. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105095>
- Ntonifor, N.N., Forbanka, D.N., Mbuh, J.V. 2011. Potency of *Chenopodium ambrosioides* powders and its combinations with wood ash on *Sitophilus zeamais* in stored maize. *Journal of Entomology*. 8(4): 375-383.
- Perišić, C., Vuković, S., Perišić, V., Pešić, S., Vukajlović, F., Andrić, G., Kljajić, P. 2018. Insecticidal activity of three diatomaceous earths on lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* F., and their effects on wheat, barley, rye, oats and triticale grain properties. *Journal of Stored Product Research*. 75: 38-46.