

Inertni prahovi: alternativni pristop v varstvu rastlin pred koloradskim hroščem (*Leptinotarsa decemlineata* [Say, 1824], Coleoptera, Chrysomelidae)

Luka BATISTIČ^{1,2}, Tanja BOHINC¹, Aleksander HORVAT³, Stanislav TRDAN¹

Received November 15, 2022; accepted February 21, 2023.
Delo je prispelo 15. novembra 2022, sprejeto 21. februarja 2023

Inert dusts: an alternative approach of plant protection against the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* [Say, 1824], Coleoptera, Chrysomelidae)

Abstract: In this article, we focused on an alternative approach of plant protection against the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*), which is considered the most important pest of potatoes (*Solanum tuberosum*) in the world and also here in Slovenia. We decided to present the use of different inert dusts as a way of controlling the aforementioned pest. We focused on the categorization of powders, the presentation of individual groups of inert dusts and the description of one or more substances belonging to a specific group. In addition to a general presentation and the mode of action of specific inert dusts, we also provided practical examples that show whether the agent/substance has already been used against the Colorado potato beetle. With the aforementioned, we also tried to summarize whether the described substance has the potential to be used in practice or not. We would also like to point out that wood ash and diatomaceous earth are the most promising inert dusts against *L. decemlineata*. Wood ash is effective against larvae and to a lesser extent also against adults. Diatomaceous earth is also effective in reducing the number of pests on potato plants. Other inert dusts mentioned in scientific literature are probably less effective or have not even been tested or used against this pest yet. Further research, both under laboratory conditions and outdoors, are necessary to definitively determine the effectiveness of this selected inert dusts.

Key words: Colorado potato beetle; *Leptinotarsa decemlineata*; inert dusts; diatomaceous earth; zeolite wood ash; plant based dusts; quartz; alternative approaches of plant protection

Inertni prahovi: alternativni pristop v varstvu rastlin pred koloradskim hroščem (*Leptinotarsa decemlineata* [Say, 1824], Coleoptera, Chrysomelidae)

Izvleček: V preglednem članku se osredotočamo na alternativni pristop varstva krompirja (*Solanum tuberosum*) pred koloradskim hroščem (*Leptinotarsa decemlineata*), ki pri nas in v svetu velja za najpomembnejšega škodljivca te pomembne poljščine. V prispevku predstavljamo uporabo različnih inertnih prahov za zatiranje tega škodljivca. Osredotočili smo se na kategorizacijo prahov, predstavitev posameznih skupin inertnih prahov in opis ene ali več snovi, ki pripadajo specifični skupini. Poleg splošne predstavitve načinov delovanja posameznih prašiv navajamo tudi praktične zglede uporabe prašiv proti koloradskemu hrošču, s čimer želimo predstaviti potencial različnih prašiv za uporabo v praksi. Ugotovljamo, da veljata lesni pepel in diatomejska zemlja za bolj perspektivna inertna prahova pri zatiranju škodljivih žuželk. Lesni pepel učinkovito deluje proti ličinkam ter v manjši meri tudi na odrasle osebe, diatomejska zemlja pa prav tako vpliva na zmanjšanje številčnosti koloradskega hrošča na krompirju. Ostala inertna prašiva so v strokovni literaturi izpostavljena kot manj učinkovita oz. sploh še niso bila preizkušena ali uporabljena proti temu škodljivcu. Za dokončno določitev učinkovitosti prašiv bodo potrebne nadaljnje raziskave, tako v laboratorijskih razmerah kot na prostem.

Ključne besede: koloradski hrošč; *Leptinotarsa decemlineata*; inertni prahovi; diatomejska zemlja; zeolit; lesni pepel; rastlinski prahovi; kremen; alternativni pristopi v varstvu rastlin

¹ Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana

² Korespondenčni avtor, e-naslov: luka.batistic@bf.uni-lj.si

³ ZRC SAZU, Paleontološki inštitut Ivana Rakovca, Ljubljana

1 UVOD

V današnjem času smo priča mnogim spremembam in uvajanju nove zakonodaje na področju kmetijstva v Evropski uniji (EU). Vedno bolj se uveljavlja ekološko kmetovanje ter omejitve pri uporabi fitofarmaceutskih sredstev v državah, članicah EU. Namen vseh držav članic je zmanjšati tveganja in ostale negativne vplive prekomerne rabe fitofarmaceutskih sredstev na zdravje ljudi in okolje. Eno od pomembnejših načel je tudi spodbujanje uporabe alternativnih pristopov v varstvu rastlin. Omenjeni vključujejo različne nekemične načine zatiranja škodljivih organizmov ter morajo biti skladni z načeli integriranega varstva rastlin (IVR) (Sustainable use of pesticides, 2022).

2 KOLORADSKI HROŠČ (*Leptinotarsa decemlineata* [Say, 1824])

Koloradski hrošč (KH) (*Leptinotarsa decemlineata* [Say], Coleoptera: Chrysomelidae) izvira iz območja osrednje Mehike in je domoroden na območju Severne Amerike. Primarno se je škodljivec prehranjeval le z nekaterimi samoniklimi rastlinskimi vrstami in ni predstavljal grožnje takratnim kmetom (CABI, 2022). V Severni Ameriki se je prvič pojavil in nato razširil le vzhodno od Skalnega gorovja. Pozneje, leta 1874, se je s pojavom krompirja (*Solanum tuberosum* L.) kot pomembne poljščine, koloradski hrošč razširil tudi na celoten vzhod celine in posledično postal najpomembnejši škodljivec krompirja v Severni Ameriki. Čeprav je krompir najpomembnejši vir hrane KH, se žuželka prehranjuje tudi na drugih kmetijskih rastlinah, kot so zelje (*Brassica oleracea* L.), poprovec (*Piper nigrum* L.), tobakovec (*Nicotiana tabacum* L.), jajčevac (*Solanum melongena* L.) in paradižnik (*Solanum lycopersicum* L.); (Luckmann in Metcalf, 1994). Škodo povzroča tudi na nekaterih samoniklih rastlinskih vrstah, kot so navadni osat (*Cirsium vulgare* [Savi] Ten.), volčja češnja (*Atropa belladonna* L.) in mnoge druge (Gökçe in sod., 2007). Iz ZDA se je koloradski hrošč razširil na nekatera druga območja sveta. Tako se je v Evropi pojavil leta 1922 v bližini Bordeauxa v Franciji. KH se je po Evropi razširil zelo hitro, kljub različnim intenzivnim načinom zatiranja, ki pa niso bili učinkoviti. V Sloveniji so ga prvič našli leta 1946 na Krškem polju, kamor naj bi bil zanesen s krompirjem leta 1944 (FITO-INFO, 2022). Danes ga lahko najdemo že skoraj na celotni stari celine, škodljivec pa se še vedno širi in bi se lahko potencialno razširil tudi na druga območja z zmernejšim podnebjem, kot so Avstralija, Nova Zelandija, Afrika, Južna Amerika in Indija.

Odrasli osebki KH prezimijo do nekaj 10 cm globoko v tleh ali v odpadli listni gnoti v bližini njiv, kjer so pridelovali krompir. Spomladi začnejo z iskanjem rastlin krompirja, kjer se pripravijo na razmnoževanje in odlaganje jajčec. Samice odlagajo jajčeca v leglih (praviloma do 25 jajčec na eno leglo) na spodnji strani listov. Posamezne samice lahko odložijo do 600 jajčec. Glavni no poškodbe povzročajo ličinke, ki se hranijo z listi. Če koloradskega hrošča ustrezno ne zatremo, lahko povzroči do 100 % defoliacijo več tednov pred pobiranjem krompirja ter tudi do več kot 50 % zmanjšanje pridelka krompirja. V hladnejših območjih lahko hrošči dokončajo do en rod na leto, v toplejših območjih pa imajo hrošči neprekinjen cikel razvoja iz roda v rod. Zaradi omenjenih lastnosti uvrščamo KH med najpomembnejše škodljivce krompirja (Sablon in sod., 2013). Na Kitajskem poročajo, da je samo v letu 2012 KH povzročil za 3,2 milijona ameriških dolarjev škode. Izpostavljajo tudi, da, ko bo škodljivec zastopan v vseh delih države, bo škoda zaradi njegovega delovanja na krompirju znašala okrog 235 milijonov dolarjev letno (Liu in sod., 2012).

Krompir uvrščamo med pomembne gojene rastlinske vrste. Po letu 2005 je bil delež svetovne pridelave krompirja v razvijajočih se državah (52 %) prvič večji od proizvodnje krompirja v razvitem svetu, predvsem zaradi velike rasti pridelave omenjene poljščine na Kitajskem in v Indiji (Wijesinha-Bettoni in Mouillé, 2019). Gre namreč za rastlinsko vrsto, ki jo lahko pridelujemo na območjih z omejenimi razmerami za pridelavo, je hitro rastoča in zelo prilagodljiva rastlinska vrsta ter ima zelo velik donos. Skupaj z rižem, pšenico in koruzo, predstavlja krompir prek 50 % svetovnih potreb po energiji, ki jo pridobimo iz hrane (Wijesinha-Bettoni in Mouillé, 2019).

Uporaba sintetičnih insekticidov je že vrsto let najpomembnejši način zatiranja KH, predvsem zaradi hitrega in učinkovitega delovanja. Kljub temu pa je prekomerna raba sredstev s podobnimi aktivnimi snovmi vplivala na razvoj odpornosti KH proti tem snovem. Posledično je razvoj odpornosti KH spodbudil nastanek novih kemičnih insekticidov, ki niso ne ekološko in niti trajnostno naravnani. Posledice uporabe takšnih sredstev s širokim spektrom delovanja so tudi nezaželene, saj zatirajo tudi koristne organizme oz. naravne sovražnike škodljivca ter povzročijo kopičenje ostankov teh aktivnih snovi v vodi in tleh, kar zmoti obstoječe ekološko ravnovesje in negativno vpliva na zdravje ljudi in živali (Göldel in sod., 2020).

Metode zatiranja koloradskega hrošča bi morale biti prilagojene in razdeljene na tiste, ki se uporabljajo posredno oz. preventivno kot osnovni tehnološki ukrepi pri pridelavi krompirja. Neposredne metode pa so tiste, ki so

usmerjene v preprečevanje izbruha škodljivega organizma z neposrednim zatiranjem.

Med alternativne metode zatiranja med drugim spadajo: uporaba okolju prijaznih bioinsekticidov na podlagi eteričnih olj ter drugih rastlinskih izvlečkov, ter uporaba inertnih prahov, kateri dokazano delujejo proti številnim skladiščnim škodljivcem in se lahko uporabljajo kot alternativa kemičnim pripravkom (Stanković in sod., 2020).

3 INERTNI PRAHOVI

Po Subramanyamu in Roesli (2000) so inertni prahovi razvrščeni v pet skupin, ki jih je mogoče razlikovati glede na njihovo kemično sestavo ali stopnjo njihove aktivnosti.

Prva vključuje prahove, ki ne vsebujejo kremenca. Ta skupina vključuje katelsous (fosfat in mleto žveplo), apno (kalcijev hidroksid), apnenec (kalcijev karbonat) in kuhinjsko sol (natrijev klorid). Kot primer lahko izpostavimo uporabo apna na Filipinih in v Hondurasu kot sredstva za varstvo žita in koruznega zrnja pred škodljivci (Golob in Webley, 1980).

V drugo skupino uvrščajo pesek, kaolinit, pepel, lesni pepel in glino, ki skupaj sestavljajo skupino materialov, ki se pogosto uporabljajo v državah v razvoju kot sredstva za varstvo žita pred skladiščnimi škodljivci. Za omenjene snovi je značilno, da so za učinkovito delovanje potrebne velike količine (uporaba do 5 % mase pridelka) (Golob in Webley, 1980).

Tretja skupina vključuje inertne prahove, ki vsebujejo naravni silicijev dioksid, kot sta diatomejska zemlja in zeolit (do 90 % SiO_2).

V četrto skupino uvrščamo inertne prahove, ki vsebujejo sintetični silicijev dioksid (zelo kakovostni, oborjeni silicijevi dioksidi z nad 98 % vsebnostjo SiO_2). Uporabljajo se v industriji in tudi kot sredstva proti strjevanju in prostemu pretoku.

V peto skupino uvrščajo silicijeve agrogelne, ki se proizvajajo s sušenjem vodnih raztopin natrijevega silikata. So zelo lahki, hidrofobni praški, ki so učinkoviti pri manjših koncentracijah kot diatomejska zemlja. Problematika silicijevih agrogelov je njihova majhna gostota in volatilitnost (nevarnost vdihavanja), kar je v preteklosti preprečilo njihovo široko uporabo (Golob, 1997).

Različne vrste inertnih prahov so za namene varstva skladiščnega zrnja začela uporabljati že ljudstva v daljni preteklosti. Tako so npr. Azteki skladiščili zrnje koruze premešano z apnom, da bi ohranili kakovost zrnja in s tem tudi preprečili pojav in razmnožitev skladiščnih škodljivcev. O načrtni komercializaciji in poskusih za

uporabo takšnih prahov v sodobni tehnologiji varstva zrnja ter v nekaterih zgledih tudi rastlin lahko govorimo šele v zadnjih sedemdesetih letih (Golob, 1997).

Prahovi delujejo na žuželke fizikalno in zato na splošno delujejo počasneje, torej prek neposrednega stika, za razliko od standardnih insekticidov, ki lahko delujejo želodčno, kontaktno, sistemično, ipd. Vendar, če ne delujejo kemično (ne učinkujejo na presnovo žuželk, ipd.), so lahko kemično aktivni pod določenimi okoliščinami. Smrt žuželk primarno nastopi predvsem kot posledica izsušitve/desikacije: izguba vode je posledica uničenja kutikule žuželke. Silicijevi agrogeli delujejo tako, da absorbirajo delce zaščitnega voska iz površja povrhnjice/kutikule žuželke. Diatomejska zemlja pa na primer deluje bolj abrazivno, ker vsebuje delce SiO_2 . Deluje tudi nekoliko absorpcijsko do voska, ki je na povrhnjici/kutikuli žuželke, saj se ta veže na prej omenjene delce SiO_2 (Maceljski in Korunič, 1972). Maceljski in Korunič (1971) izpostavljata, da so silicijevi agrogeli učinkovitejši od diatomejske zemlje oz. ostalih inertnih prahov, ker ohranjajo svojo aktivnost tudi pri povečani relativni zračni vlagi. Pomembno je tudi izpostaviti, da inertni prahovi ne delujejo na presnovne poti žuželk in s tem lahko predvidevamo, da tarčni organizmi ne bodo razvili odpornosti proti omenjenim sredstvom. Kljub temu pa lahko predpostavljamo, da bi lahko žuželke razvile vedenjski odziv na prisotnost specifičnega inertnega prašiva in se izognile stiku s slednjim (Golob, 1997).

Ena izmed prednosti inertnih prahov je tudi majhna toksičnost za sesalce. V ZDA so tako na primer vse vrste diatomejske zemlje priznane kot varne s strani ameriškega oddelka za varno hrano in zdravila. Registrirane so kot dodatki za živila (Banks in Fields, 1995).

3.1 DIATOMEJSKA ZEMLJA

Diatomejska zemlja je organogena sedimentna kamnina, sestavljena v glavnem iz skeletnih ostankov enoceličnih mikroalg - diatomej (Bacillariophyceae). Nastaja z nakopičenjem skeletnih ostankov alg tako v morjih kot v jezerih. Skelete diatomej sestavlja hidratizirane amorfnata kremenica - opal ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). Velike količine diatomejske zemlje so nastajale predvsem v obdobju miocena (23 do 5,5 milijonov let) (Korunič, 1998; Rojht in sod., 2012).

Diatomejsko zemljo pridobivamo z izkopavanjem in jih nato drobimo in meljemo. Lahke prah, ki nastane, vsebuje porozne delce z določenimi abrazivnimi lastnostmi in sposobnostjo absorpcije lipidov. Vsak delec lahko absorbira do približno tri in večkratno maso samega delca (Korunič, 1998). Vsaka vrsta diatomejske zemlje z visoko sposobnostjo absorpcije olja/lipidov je potencialni insekticid. Poleg absorpcijske sposobnosti na

insekticidno učinkovitost snovi vplivajo tudi velikost delcev, enotnost in oblika delcev, pH in čistost formulacije (Korunić, 1998). Insekticidno delujoča diatomejska zemlja mora biti v obliki zelo čistega amorfnega silicijevega dioksida, z delci podobnega premera (< 10 mm), in pH < 8,5. Takšna diatomejska zemlja mora vsebovati tudi najmanjše možno število delcev gline in manj kot 1 % kristalnega silicijevega dioksida. Delce takšne diatomejske zemlje lahko zlahka poberejo grobe žuželke. Diatomejska zemlja na žuželko učinkuje tako, da tej delci poškoduje povrhnjico z absorpcijo ogljikovodikov in abrazijo, zaradi česar se povrhnjica poškoduje in je prepustna za vodo, ki hitro zapusti telo žuželke in povzroči smrt zaradi izsušitve/desikacije (Korunić, 1998; Rojht in sod., 2012).

Uporaba diatomejske zemlje kot insekticida je v praksi najbolj učinkovita proti skladiščnim škodljivcem iz rodov *Cryptolestes* in *Sitophilus*, manj dovtetne pa naj bi bile vrste iz rodov *Oryzaephilus*, *Rhyzopertha* in *Tribolium* (Maceljski in Korunić, 1972). Pomembno je izpostaviti, da so mnogi preizkušali uporabo diatomejske zemlje tudi na prostem ter tudi proti drugim vrstam škodljivcev (mravlje, polži, termiti, junijski hrošč, koloradski hrošč, itd.). Kljub spodbudni ideji, pa so bili njihovi rezultati pogosto zelo različni in večkrat popolnoma nasprotni (Korunić, 1998). Avtorji raziskav dostikrat diatomejsko zemljo ne priporočajo kot glavnega pripravka za zatiranje škodljivcev, ampak jo omenjajo kot nosilca/dodatek drugim aktivnim snovem, kot so eterična olja in entomopatogene glive (Zeni in sod., 2021).

3.1.1 Zgled uporabe diatomejske zemlje

Becker (2007) v njenem raziskovalnem delu opisuje možnost uporabe različnih oz. alternativnih metod zatiranja koloradskega hrošča na različnih sortah krompirja. Eno izmed obravnavanj opisuje možnost uporabe diatomejske zemlje kot morebitnega učinkovitega sredstva proti KH. Gre za edino tovrstno raziskavo, ki preučuje uporabo diatomejske zemlje proti koloradskemu hrošču na prostem. Diatomejsko zemljo so nanašali v obliki vodne zmesi in posipanja. Skupno so jo v sezoni nanesti 3-krat. Končni rezultati pa niso bili navdušujoči, saj so nekatera od ostalih obravnavanj dosegala enak ali celo večji končni pridelek krompirja (npr. obravnavanje s privabilnim posevkom jajčevca, ipd.). Diatomejska zemlja je v primerjavi s kontrolo pri sorti ‚Norkotah‘ imela za 0,2 lbs manj pridelka krompirja. Podobno se je izkazalo tudi pri sortah ‚Pontiac‘ in ‚Kennebec‘ (od 0,25 do 1,5 lbs manj pridelka v primerjavi s kontrolo). Le pri sorti ‚Yukon‘ je bil pridelek krompirja večji pri obravnavanju z diatomejsko zemljo kot pridelek v kontroli.

3.2 ZEOLIT

Zeoliti so kristalni hidratizirani alumosilikati alkalijskih in zemeljsko alkalijskih kationov. V veliki meri se uporabljajo predvsem v kmetijstvu, kot sredstvo za omejevanje smrada, inertni prah za zatiranje skladiščnih škodljivcev, krmni dodatek v prehrani živali, gnojilo za izboljšanje kakovosti tal ter kot sredstvo, ki omejuje mikotoksine, itd. Po klasifikaciji IARC (Mednarodne agencije za raziskave o raku) spada zeolit med sredstva, ki ne spodbujajo nastanka raka in je varen za uporabo v prehrani ljudi (Eroglu in sod., 2017).

Na učinkovitost uporabe zeolita kot sredstva, namenjenega zatiranju škodljivcev, vplivajo okoljske razmere (temperatura, zračna vlaga, ipd.), vrsta žuželke (dlakavost, razvojni stadij, debelina voska na kutikuli, ipd.) in struktura prahu ter njegove fizikalne in kemijske lastnosti (molekularna struktura, vsebnost SiO₂, oblika in velikost delcev, razmerje Al/Si, sorpcijska sposobnost in geografsko poreklo, itd.) (Eroglu in sod., 2017).

Tudi zeolit deluje na podoben način kot diatomejska zemlja, in sicer tako, da žuželki omeji dihalne poti, zaradi česar se žuželka zaduši. Povzroči lahko odrgnino na povrhnjici/kutikuli, kar privede do tega, da se žuželka izsuši. Škodljivec lahko prašne delce zaužije oz. je preprosto prekrit z njimi, kar povzroči absorpcijo epikutikularnih lipidov, kar posledično vodi do izsušitve živali. Glavni način delovanja zeolita je torej desikacija ali izsušitev (Eroglu in sod., 2017).

3.2.1 Zgledi uporabe zeolita

Zeolit se kot sredstvo za zatiranje škodljivih organizmov v praksi uporablja predvsem proti skladiščnim škodljivcem. Uporablja se tako v naravni obliki kot tudi v molekularni obliki posamezne komponente, ki tvori zeolit kot tak (npr. kristali aluminijevega silikata, ipd.). Uporaba naravnega zeolita se je izkazala kot učinkovita metoda zatiranja koruznega žužka (*Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855, Coleoptera: Curculionidae) na zrnju koruze, vendar pri koncentracijah prašiva večjih od 50 g > 1 kg koruze (Haryadi in sod., 1994; Eroglu in sod., 2017). V raziskavi Kljajić in sod. (2010) opisujejo pozitivne rezultate učinkovitosti naravnega tipa zeolita, izkopanega v Srbiji, pri uporabi na zrnju pšenice za zatiranje riževega žužka (*Sitophilus oryzae* [L., 1763], Coleoptera: Curculionidae), žitnega kutarja (*Rhyzopertha dominica* [F., 1792], Coleoptera: Bostrychidae) in riževega mokarja (*Tribolium castaneum* [Herbst, 1797], Coleoptera: Tenebrionidae), Bohinc in sod. (2020a) pa poročajo o zadovoljivem delovanju naravnega zeolita proti koruznemu

žužku. Vsi naštetih predstavljajo pomembne skladiščne škodljivce žita.

Pomembno je dodati, da omenjeno inertno prašivo načeloma ne uporabljajo za zatiranje gospodarsko pomembnih škodljivcev na prostem. Prav tako ni podatka o uporabi zeolita za preprečevanje škodljivosti koloradskega hrošča.

3.3 LESNI PEPEL

Fizikalni in mehanski načini zatiranja škodljivcev spadajo med najstarejše načine zatiranja škodljivih žuželk. Ti vključujejo neposredne in/ali posredne ukrepe, ki so lahko preventivni ali kurativni. Takšni ukrepi so pogosto okolju prijaznejši, cenejši ter združljivi z drugimi metodami zatiranja škodljivcev. Zaradi teh lastnosti se lahko bolje vključujejo v postopke IVR, čeprav ne povzročijo takojšnjega ali drastičnega zmanjšanja populacije določenega škodljivca (New Zealand Digital Library, 2022).

Eden od teh načinov vključuje rabo lesnega pepela kot sredstva za zatiranje škodljivcev na prostem ter tudi kot sredstva za tretiranje žita proti skladiščnim škodljivcem. V mnogih delih sveta je še danes običajna praksa posipanje lesnega pepela po raznih zelenjadnicah in vrtinah. S tem poskušajo preventivno preprečiti škodo, ki bi jo sicer povzročil masovni pojav škodljivcev ter hkrati izboljšujejo kakovost tal (gnojijo s pepelom, večji delež hranil v tleh) (New Zealand Digital Library, 2022).

Lesni pepel deluje na škodljivce podobno kot ostali inertni prahovi. Načeloma mehansko, torej kot prepreka za žuželke ter fizično ob stiku. Ob stiku žuželke z lesnim pepelom, ta poškoduje epikutikularno povrhnjico in vosek na povrhnjici. Deluje tudi higrofilno, posledično žuželka izgublja vodo in se izsuši, torej pride do desikacije insekta (Boiteau in sod., 2012). Zaradi izrazitega vonja deluje lesni pepel tudi na olfaktorne receptorje škodljivcev in prikrije kemične signale/vonj gostiteljske rastline. S tem škodljivec težje locira gostiteljsko rastlino. Težava uporabe lesnega pepela na prostem je v tem, da zahteva redno posipanje zaradi rose, dežja, vetra in ostalih okoljskih dejavnikov, ki odnašajo lesni pepel z listja (New Zealand Digital Library, 2022).

V praksi zatiranja škodljivcev se lesni pepel primarno uporablja proti skladiščnim škodljivcem, njegova uporaba pa je vezana predvsem na države tretjega sveta (Jean in sod., 2015), kjer v večji meri kot v razvitem svetu izkoriščajo lokalno dostopna inertna prašiva. V raziskavi Demissie in sod., (2008) lahko preberemo, kako zatirati koruznega žužka (*Sitophilus zeamais*) z lesnim pepelom in dvema drugima inertnima prašivoma. Pomembno je dodati, da so po njihovih ocenah vsa prašiva zmanjšala

izleganje novih škodljivcev, zmanjšala se je tudi izguba mase zrnja in poškodbe na zrnju. Izpostavijo tudi to, da je uporaba lesnega pepela pri vseh razvojnih stadijih škodljivca povzročila relativno majhno smrtnost žužkov 3 dni po vzpostavitvi poskusa. Po 15 dneh izpostavljenosti pa je bila smrtnost v istem obravnavanju zelo velika, in sicer med 97 in 100 % (Demissie in sod., 2008). Zelo dobro insekticidno delovanje lesnih pepelov na koruznega žužka je bila nedavno dokazana tudi v domači raziskavi (Bohinc in sod., 2018), po največji učinkovitosti pa je izstopal lesni pepel navadne smreke.

3.3.1 Zgledi uporabe lesnega pepela

Kljub manjšemu poznavanju in relativno novi tematici zatiranja škodljivcev z lesnim pepelom na prostem je bilo na to temo nekaj že preučenega. Za nas je predvsem pomembno zatiranje koloradskega hrošča z alternativnimi metodami oz. alternativnimi sredstvi. Boiteau in sod. (2012) so preučili insekticidno učinkovitost lesnega pepela proti koloradskemu hrošču. Z laboratorijskimi raziskavami so dokazali, da lesni pepel deluje insekticidno na odrasle osebkke in ličinke koloradskega hrošča. Smrtnost odraslih osebkov in ličink je v njihovem poskusu dosegla 100 % po 10 dneh neprekinjene izpostavljenosti lesnemu pepelu. V poskusu enkratnega nanosa lesnega pepela na osebkke pa je po 10 dneh smrtnost dosegla le 22 % vseh preučevanih žuželk.

Boiteau in sod. (2012) izpostavljajo tudi to, da je nanos lesnega pepela zmanjšal intenziteto hranjenja vseh preučevanih razvojnih stadijev škodljivca vsaj na samem začetku poskusa. Navedeni raziskovalci ugotavljajo tudi, da njihovi dobri rezultati v laboratorijskih razmerah niso bili potrjeni tudi na prostem. Kot glavno težavo omenjajo vlago in ostale okoljske dejavnike, ki lesni pepel inaktivirajo in sperejo z rastlin. Omenjajo, da bi bila za učinkovitejšo uporabo lesnega pepela na prostem potrebna hidrofobna formulacija pripravkov.

3.4 RASTLINSKI PRAHOVI

Insekticidi na osnovi rastlinskih izvlečkov postajajo vse pomembnejši v komercialni rabi in predstavljajo pomembno komponento prihodnje rabe sredstev za varstvo rastlin, saj lahko svetovna proizvodnja hrane strmo pade zaradi upada razpoložljivih sintetičnih fitofarmaceutskih sredstev. Študij o uporabnosti in učinkovitosti različnih vrst rastlin, tako domorodnih kot invazivnih tujerodnih rastlin, kot sredstev za zatiranje škodljivcev je precej, a je poročil o njihovem učinkovitem zatiranju škodljivih organizmov relativno malo. Rastlinska vrsta, iz katere so

doslej pridobili največ insekticidov, je neem (*Azadirachta indica* A. Juss). Poleg te so med ostalimi rastlinskimi vrstami najpogosteje omenjene še vrste *Chrysanthemum cinerariifolium* Sch. Bip., *Rosmarinus officinalis* L., *Nicotiana* sp. itd. (Isman, 2017).

Bioaktivne snovi in rastlinski insekticidi lahko delujejo na več načinov; repelentno ali odvrčalno, na zmanjšanje odlaganja jajčec in tudi na zmanjšanje hranjenja ali manjšo ješčnost škodljivcev. Povzročajo lahko tudi motnje v razvoju žuželk in akutno smrtnost (Isman, 2017). Gre za splošni opis načina delovanja rastlinskih snovi in ekstraktov, ker je malo podatkov, ki opisujejo način delovanja specifične snovi ali ekstrakta.

Izpostavili bi lahko tudi uporabo prahov oz. izvlečkov iz invazivnih rastlin. Uporaba slednjih bi lahko razbremenila okolje in omejila njihovo širjenje (Bohinc in sod., 2020b).

3.4.1 Zgledi uporabe rastlinskih prahov in rastlinskih izvlečkov

Obstaja kar nekaj raziskav, ki opisujejo uporabo rastlin kot sredstev za zatiranje skladiščnih škodljivcev. Raziskav glede uporabe rastlinskih prahov proti koloradskemu hrošču je zelo malo, nekoliko več pa iz področja uporabe rastlinskih izvlečkov, ki jih zato izjemoma omenjamo tudi v tem poglavju. Tudi iz tega stališča lahko dodamo, da je delo pri ugotavljanju novih metod in snovi, ki bi lahko delovale zatiralno proti koloradskemu hrošču ključno.

Zaradi znanega dejstva, da populacije koloradskega hrošča, ki so odporne proti insekticidom, najdemo na različnih območjih sveta (Azija, Evropa, Severna Amerika) (Crossley in sod., 2022), se raziskave že dlje usmerjajo v preučevanje rastlinskih izvlečkov ali prahov, pridobljenih iz različnih rastlinskih organov.

Pri preučevanju delovanja rastlinskih izvlečkov in rastlinskih prahov se raziskovalci osredotočajo na ugotavljanje različnih načinov delovanja rastlinske vrste na tega pomembnega škodljivca. Przybylski (2002) ugotavlja repelentno delovanje navadnega vratiča (*Tanacetum vulgare* L.) na vse razvojne stadije koloradskega hrošča. Navadni vratič so uporabili kot prašivo in v obliki izvlečkov. Da zmlati plodovi čilija niso učinkovit insekticid za zatiranje koloradskega hrošča, dokazujejo Mircea in sod. (2015). Med potencialnimi rastlinskimi izvlečki, ki bi lahko zavirali razvoj ličink in odraslih osebkov koloradskega hrošča Scott in sod. (2003) navajajo izvlečke iz rastlinskih vrst iz družine Piperaceae. Rastlinski izvlečki vrst *Angelica archangelica* L., *Grindelia camporum* Greene, *Inula auriculata* Boiss. & Balansa kažejo zelo veliko sposobnost zaviranja hranjenja ličink koloradskega

hrošča (Pavela, 2010). Podobno izpostavijo tudi Alkanin sod. (2015), ki navajajo, da izvlečki navadnega hmelja zavirajo hranjenje ličink koloradskega hrošča.

Bohinc in sod. (2020) so preučevali uporabo prahov iz listov sedmih različnih vrst invazivnih rastlin kot sredstva za zatiranje riževega žužka (*Sitophilus oryzae*) na uskladiščnem žitu. Ugotovili so, da nobeden izmed uporabljenih prahov ni imel zadovoljivega učinka na izbranega škodljivca.

Za nas zanimivejšo rastlinsko vrsto, veliki pajesen (*Ailanthus altissima* Mill.), ki je med drugim tudi invazivna na območju Slovenije, lahko preberemo, da nudi določeno insekticidno delovanje proti različnim vrstam skladiščnih škodljivcev (*Sitophilus oryzae*, *Oryzaephilus surinamensis* (L., 1758) idr.). Lu in Wu (2010) sta testirala kontaktno in fumigantno delovanje ekstrakta pripravljene iz lubja velikega pajesena. V študiji zaključita, da ekstrakt deluje zatiralno tako v kontaktni obliki nanosa kot tudi v obliki fumiganta. S tem, da je umrljivost žužkov pri kontaktni aplikaciji manjša in potrebuje več časa (72 ur za 70 % smrtnost) kot v obliki fumiganta, ki deluje bolje in hitreje (24 ur za 80 % smrtnost).

3.5 KREMEN

Kremen je trd, kristalinični mineral, sestavljen iz silicijevega dioksida. Gre za drugi najpogostejši mineral, ki ga najdemo v zemeljski skorji. Za namene varstva rastlin ga uvrščamo med inertne prahove, ki niso toksični za sesalce. Pozitivna lastnost uporabe kremenca je ta, da je lahko dostopen in ne bi predstavljal velikega stroška za končnega uporabnika (Rojht in sod., 2010).

Kljub številnim raziskavam glede uporabe prahov iz različnih mineralov in posledično kremenca kot insekticida, njihov način delovanja ni popolnoma ugotovljen. Predlagane so bile različne teorije, ki so bile na splošno naklonjene domnevi 'desikacije' (izsušitve), ki predvideva, da prah deluje s spodbujanjem izgube vode pri žuželkah (Alexander in sod., 1944a). Ugotovili so tudi, da prašiva s tršo mineralno sestavo ni mogoče zdrobiti na zelo majhne delce, posledično ti ne vplivajo na respiratorne poti žuželk in delujejo predvsem fizično ob stiku (Alexander in sod., 1944a). Dodali bi lahko tudi, da je učinkovitost močno odvisna od relativne zračne vlage v okolju, v katerem se žuželke nahajajo (Alexander in sod., 1944b).

3.5.1 Zgled uporabe kremenca

Raziskav o uporabi kremenca proti koloradskemu hrošču nismo zasledili. Vendar smo ob brskanju po li-

teraturi ugotovili, da je bila uporaba inertnih prahov ter posledično tudi kremenova razširjena že v starem Egiptu, ko so z mešanjem kremenovega peska in žita poskušali omejiti pojavnost različnih skladiščnih škodljivcev (Alexander in sod., 1944b). Danes se v državah v razvoju poslužujejo podobnih praks, vendar so te vseeno bolj izpopolnjene. Zamisel o uporabi kremenova kot insekticida je torej več kot živa.

Rojht in sod. (2010) so preučevali insekticidno učinkovitost 5 različnih tipov kremenovega peska, pridobljenega na različnih lokacijah po Sloveniji. Vzorci so se razlikovali tudi po sestavi in obdobju izvora. Delež SiO_2 je bil v vseh vzorcih nad 90 % (od 91,52 % do 99,24%). Za namene raziskave so omenjene vzorce kremenovega peska zmešali z žitom in jim dodali odrasle osebkke riževga žužka. Insekticidno delovanje so preučevali po 7, 14 in 21 dneh pri 4 različnih temperaturah (20, 25, 30 in 35 °C) in dveh različnih vrednostih relativne zračne vlage (55 in 75 %). Ugotovljeno je bilo, da so uporabljeni vzorci imeli le rahel insekticidni učinek na odrasle osebkke riževga žužka in niso primerni za širšo uporabo za zatiranje skladiščnih škodljivcev, kot je na primer rižev žužek. Razlog slabe učinkovitosti, kljub veliki vsebnosti SiO_2 , je lahko tudi v tem, da so kremenovi delci precej veliki in jih je težje zdobiti ali „zmleti“ na manjši/finejši prah, ki bi najverjetneje bolje učinkoval pri zatiranju škodljivih žuželk (Alexander in sod., 1944c).

4 RAZPRAVA

Zatiranje koloradskega hrošča je od samega začetka temeljilo na intenzivni rabi insekticidov, kar je posledično vodilo v razvoj odpornosti proti določenim aktivnim snovem. Danes, ko je razpoložljivih insekticidov vse manj, zlasti v EU, moramo razmišljati o novih možnostih in rešitvah, ki bi bile tudi potencialno učinkovite in manj škodljive za okolje in ljudi (Balaško in sod., 2020).

V članku smo našeli, kategorizirali in izpostavili širok nabor različnih vrst inertnih prahov, ki se uporabljajo predvsem za zatiranje skladiščnih škodljivcev (Golob, 1997; Eroglu in sod., 2017; Bohinc in sod., 2020ab, itd.). Omenjena prašiva bi lahko bila potencialno učinkovita tudi proti koloradskemu hrošču (Boiteu in sod., 2012). Ideje o uporabi inertnih prahov kot sredstev za zatiranje najrazličnejših škodljivcev so imeli že stari Egipčani. Gre za alternativno metodo, ki bi lahko pripomogla k učinkovitejšemu integriranemu varstvu rastlin, ki temelji na celostnemu zatiranju škodljivih organizmov. Za uspešno implementacijo v praksi je ključnega pomena učinkovitost uporabljene metode. Inertne prahove ločimo po skupinah (prahovi s kremenom, brez kremenova, naravni

SiO_2 , itd.). Za učinkovito insekticidno delovanje inertnih prahov so ključnega pomena velikost delcev, oblika delcev, uniformnost delcev, relativna zračna vlaga, temperatura ter ostale pomembnejše spremenljivke, ki vplivajo na delovanje prahov. Inertni prahovi na žuželko delujejo tako, da jo izsušijo (pepel, zeolit, ipd.) ali pa jo mehansko poškodujejo (diatomejska zemlja, kremen, ipd.), kar posledično pomeni postopno izgubo vode pri škodljivem organizmu. Nekatera sredstva delujejo tudi na dihalne poti (Alexander in sod., 1944a). Uporaba inertnih prahov na prostem predstavlja uporabnikov večji izziv, saj morajo upoštevati še ostale okoljske dejavnike, ki negativno vplivajo na nanesena sredstva (izpiranje, odnašanje, ipd.). Zato bo potrebno še veliko dela in poskusov, da bodo uporabniki inertne prahove učinkoviteje nanašali na rastline in da bodo ti učinkovito delovali na ciljne organizme. Uporaba inertnih prahov ima po našem mnenju precejšen potencial na področju nekemičnega zatiranja škodljivih organizmov. Skupaj z ostalimi metodami IVR bi lahko pripomogla k bolj zdravemu ekosistemu z večjo biotsko raznovrstnostjo in manjšim številom škodljivcev.

5 ZAKLJUČKI

Tudi sto let po vnosu v Evropo je koloradski hrošč najpomembnejši škodljivec krompirja na Stari celini. Z oženjem nabora sintetičnih FFS in pojavom odpornosti škodljivca na številne sintetične insekticide se nabor učinkovitih sredstev, ki bi tega škodljivca učinkovito zatrli, naglo zmanjšuje. Inertni prahovi predstavljajo eno izmed alternativ, ki bi lahko bila ob sočasni uporabi drugih metod IVR potencialno učinkovita tudi pri uporabi proti koloradskemu hrošču na krompirju. Glede na rezultate dosedanjih raziskav bi lahko bil eden od učinkovitejših inertnih prahov za zatiranje tega pomembnega škodljivca lesni pepel, ki spada med najstarejše znane insekticidne snovi. Za optimizacijo uporabe lesnega pepela ali drugih vrst inertnih prahov in njihovo čim večjo učinkovitost v naravnih razmerah pa bodo potrebe še nadaljnje raziskave.

6 ZAHVALA

Prispevek je nastal v okviru aplikativnega projekta L4-3178 Razvoj in optimizacija nekemičnih načinov zatiranja rastlinskih škodljivcev z namenom njihove implementacije v sisteme trajnostnega kmetijstva, ki ga financirata Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS (ARRS) in Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS (MKGP).

7 LITERATURA

- Alexander, P., Kitchener, J. A., Briscoe, H. V. A. (1944a). Inert dust insecticides: Part I. Mechanism of action. *Annals of Applied Biology*, 31(2), 143-149. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1944.tb06225.x>
- Alexander, P., Kitchener, J. A., Briscoe, H. V. A. (1944b). Inert dust insecticides: Part II. The nature of effective dusts. *Annals of Applied Biology*, 31(2), 150-156. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1944.tb06226.x>
- Alexander, P., Kitchener, J. A., Briscoe, H. V. A. (1944c). Inert dust insecticides: Part III. The effect of dusts on stored products pests other than *Calandra granaria*. *Annals of Applied Biology*, 31(2), 156-159. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1944.tb06227.x>
- Alkan, M., Gökçe, A., Kara, K. (2015). Antifeedant activity and growth inhibition effects of some plant extracts against larvae of Colorado potato beetle [*Leptinotarsa decemlineata* Say (Col:Chrysomelidae)] under laboratory conditions. *Turkish Journal of Entomology*, 39(4), 345-353. <https://doi.org/10.16970/ted.35600>
- Balaško, M. K., Mikac, K. M., Bažok, R., Lemic, D. (2020). Modern Techniques in Colorado Potato Beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) Control and Resistance Management: History Review and Future Perspectives. *Insects*, 11(9), 581. <https://doi.org/10.3390/insects11090581>
- Banks, J., Fields, P. (1995). Physical methods for insect control in stored grain ecosystems. *Stored-Grain Ecosystems*, 11, 353-407.
- Becker, K. (2007). *Organic Control of Colorado Potato Beetles in Potato Production. Community assistantship program Report 117*, Minneapolis: University of Minnesota, Center for Urban and Regional Affairs (CURA): 9 str.
- Bohinc, T., Horvat, A., Andrić, G., Pražič Golić, M., Kljajič, P., Trdan, S. (2018). Comparison of three different wood ashes and diatomaceous earth in controlling the maize weevil under laboratory conditions. *Journal of Stored Products Research*, 79, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2018.06.007>
- Bohinc, T., Horvat, A., Andrić, G., Pražič Golić, M., Kljajič, P., Trdan, S. (2020a). Natural versus synthetic zeolites for controlling the maize weevil (*Sitophilus zeamais*) - like Messi versus Ronaldo?. *Journal of Stored Products Research*, 88, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101639>
- Bohinc, T., Horvat, A., Ocvirk, M., Košir, I. J., Rutnik, K., Trdan, S. (2020b). The First Evidence of the Insecticidal Potential of Plant Powders from Invasive Alien Plants against Rice Weevil under Laboratory Conditions. *Applied Science*, 10(21), 7828. <https://doi.org/10.3390/app10217828>
- Boiteau, G., Singh, R. P., McCarthy, P. C., MacKinley, P. D. (2012). Wood Ash Potential for Colorado Potato Beetle Control. *American Journal of Potato Research*, 89, 129-135. <https://doi.org/10.1007/s12230-012-9234-7>
- CABI. (2022). Centre for Agriculture and Bioscience International. Retrieved from <https://www.cabi.org/isc/datasheet/30380>
- Crossley, M.S., Cohen, Z., Pelissie, B., Rondon, S.I., Alyokhin, A., Chen, Y.H., Hawthorne, D.J., Schoville, S.D. (2022). Ecological and evolutionary factors mitigating Colorado potato beetle adaptation to insecticides. V: *Insect Pests of Potato* (second edition). Alyokhin, A., Rondon, S.I., Gao, Y.(ur.). Academic Press, p.463-479. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821237-0.00023-8>
- Demissie, G., Tefera, T., Tadesse, A. (2008). Efficacy of Silicosec, filter cake and wood ash against the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) on three maize genotypes. *Journal of Stored Products Research*, 44, 227-231. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2008.01.001>
- Eroglu, N., Emekci, M., Athanassiou, C. G., (2017). Applications of natural zeolites on agriculture and food production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97, 3487-3499. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8312>
- FITO-INFO. (2022). Slovenski informacijski sistem za varstvo rastlin. Ljubljana.. Retrieved from <http://www.fito-info.si/>
- Gökçe, A., Whalon, M.E., Çam, H.I.T., Yanar, Y., Demirtaş, I.I.M., Gören, N. (2007). Contact and residual toxicities of 30 plant extracts to Colorado potato beetle larvae. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 40, 441-450. <https://doi.org/10.1080/03235400600628013>
- Gödel, B., Lemic, D., Bažok R. (2020). Alternatives to Synthetic Insecticides in the Control of the Colorado Potato Beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) and Their Environmental Benefits. *Agriculture*, 10(12), 611. <https://doi.org/10.3390/agriculture10120611>
- Golob, P., Webley, D. J. (1980). The use of plants and minerals as traditional protectants of stored products. *Report of the Tropical Products Institute*, 138(6), 32str.
- Golob, P. (1997). Current status and future perspectives for inert dusts for control of stored product insects. *Journal of Stored Products Research*, 33(1), 69-79. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(96\)00031-8](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(96)00031-8)
- Haryadi, Y., Syarief, R., Hubeis, M., Herawati, I. (1994). Effect of zeolite on the development of *Sitophilus zeamais* Motsch, in Stored Products Protection. *Proceedings of the Sixth International Working Conference on Stored-Product Protection, 17-23 April 1994*, Canberra, Australia, CAB International, Wallingford, str. 633-634.
- Isman, M. B. (2017). Bridging the gap: Moving botanical insecticides from the laboratory to the farm. *Industrial Crops and Products*, 110, 10-14. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.07.012>
- Kljajič, P., Andrić, G., Adamović, M., Bodroza-Solarov, M., Marković, M., Perić, I. (2010). Laboratory assessment of insecticidal effectiveness of natural zeolite and diatomaceous earth formulations against three stored-product beetle pests. *Journal of Stored Products Research*, 46, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2009.07.001>
- Korunic, Z. (1998). Review diatomaceous earths, a group of natural insecticides. *Journal of Stored Products Research*, 34(2/3), 87-97. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(97\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(97)00039-8)
- Liu, N., Li, Y., Zhang, R. (2012). Invasion of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, in China: Dispersal, occurrence, and economic impact. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 143, 207-217.
- Lu, J., Wu, S. (2010). Bioactivity of essential oil from *Ailanthus altissima* bark against 4 major stored-grain insects. *African Journal of Microbiology Research*, 4(3), 154-157. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2012.01259.x>

- Luckmann W.H., Metcalf, R.L. (1994). The Pest Management Concept. *Introduction to Insect Pest Management*, 1st ed.,- New York, NY: Wiley.
- Jean, W.G., Nchiwan, N.E., Dieudonné, N., Christopher, S., Adler, C. (2015). Efficacy of diatomaceous earth and wood ash fort he control of *Sitophilus zeamais* in stored maize. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3(5), 390-397.
- Maceljiski, M., Korunić, Z. (1971). Trials of inert dusts in water suspension for controlling stored-product pests. *Zaščita Bilja* (English translation), 22, 377-387.
- Maceljiski, M., Korunić, Z. (1972). Contribution to the knowledge of the mechanism of action of inert dusts on insects. *Zaščita Bilja* (English translation), 23, 49-64.
- Mircea, C.N., Chivereanu, R., Croitonu, S., Mirica, S., Istrate, R., Rosca, I. (2015). Laboratory researches on unconventional methods for control of Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* L.). *Scientific Papers-Series A, Agronomy*, 58, 250-253.
- Pavela, R. (2010). Antifeedant activity of plant extracts on *Leptinotarsa decemlineata* Say. And *Spodoptera litloralis* Bois. Larvae. *Industrial Crops and Products*, 32(3), 213-219. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.04.010>
- Rojht, H., Horvat, A., Trdan, S. (2010). Local Slovenian quartz sands have low insecticidal activity against rice weevil (*Sitophilus oryzae* [L.], Coleoptera, Curculionidae) adults. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 8(3&4), 500-505.
- Rojht, H., Horvat, A., Trdan, S. (2012). Značilnosti diatomejske zemlje kot naravnega insekticida za zatiranje skladiščnih škodljivcev. *Acta agriculturae Slovenica*, 99(1), 99-105.
- Sablon, L., Dickens, J. C., Haubruge, E., Verheggen, F. J. (2013). Chemical ecology of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae), and potential for alternative control methods. *Insects*, 4, 31-54. <https://doi.org/10.3390/insects4010031>
- Scott, I.M., Jensen, H., Scott, J.G., Isman, M.B., Arnason, J.T., Philogene, B.J.R. (2003). Botanical insecticides for controlling agricultural pests: piperamides and the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae). *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 54(4), 212-225. <https://doi.org/10.1002/arch.10118>
- Stanković, S., Kostić, M., Kostić, I., Krnjajić, S. (2020). Practical Approaches to Pest Control: The Use of Natural Compounds. *Pests, Weeds and Diseases in Agricultural Crop and Animal Husbandry Production*, London, LDN: IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.91792>
- Subramanyam, B., Roseli, R. (2000). Inert Dusts. In: Subramanyam, B., Hagstrum, D.W. (eds) *Alternatives to Pesticides in Stored-Product IPM* (pp. 321-381). Boston, MA: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4353-4_12
- European Commission (2022). *Sustainable Use of Pesticides*. 2022. Retrieved from: https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/sustainable_use_pesticides_en
- Wijesinha-Bettoni, R., Mouillé, B. (2019). The contribution of potatoes to global food security, nutrition and healthy diets. *American Journal of Potato Research*, 96, 139-149. <https://doi.org/10.1007/s12230-018-09697-1>
- Wood ash. (2022). *The New Zealand Digital Library*. Retrieved from <http://www.nzdl.org/cgi-bin/library>