

FAKULTETA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**VPLIV MARMORIRANE SMRDLJIVKE NA KMETIJSTVO V
SLOVENIJI**

ROK PRISTOVNIK

VELENJE, 2024

FAKULTETA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**VPLIV MARMORIRANE SMRDLJIVKE NA KMETIJSTVO V
SLOVENIJI**

ROK PRISTOVNIK

Varstvo okolja in ekotehnologije

Mentor: prof. dr. Andrej Simončič

Somentor: prof. dr. Andrej Čokl

VELENJE, 2024

Številka: 726-15/2023-2

Datum: 23. 6. 2023

Na podlagi Diplomskega reda izdajam naslednji

SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

Študent Fakultete za varstvo okolja **Rok Pristovnik** lahko izdela diplomsko delo z naslovom v slovenskem jeziku:

Vpliv marmorirane smrdljivke na kmetilstvo v Sloveniji

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku:

Impact of brown marmorated stink bug on agriculture in Slovenia

Mentor: **prof. dr. Andrej Simončič**

Somentor: **prof. dr. Andrej Čokl**

Diplomsko delo mora biti izdelano v skladu z Diplomskim redom FVO.

Pouk o pravnem sredstvu: zoper ta sklep je dovoljena pritožba na Senat FVO v roku 8 delovnih dni od prejema sklepa.



Prof. dr. Boštjan Pokorný
dekan



Fakulteta za varstvo okolja
Trg mladosti 7 | 3320 Velenje
t: 03 898 64 10 | e: info@fvo.si
www.fvo.si



Izjava o avtorstvu

Podpisani Rok Pristovnik, z vpisno številko **34180034**, študent dodiplomskega študijskega programa Varstvo okolja in ekotehnologije, sem avtor diplomskega dela z naslovom:

Vpliv marmorirane smrdljivke na kmetijstvo v Sloveniji,

ki sem ga izdelal pod mentorstvom prof. dr. Andreja Simončiča in somentorstvom prof. dr. Andreja Čokla.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo moje avtorsko delo, torej rezultat mojega lastnega raziskovalnega dela;
- da oddano delo ni bilo predloženo za pridobitev drugih strokovnih nazivov v Sloveniji ali tujini;
- da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana v skladu z navodili FVO;
- da so vsa dela in mnenja drugih avtorjev navedena v seznamu virov, ki je sestavni element predloženega dela in je zapisan v skladu z navodili FVO;
- se zavedam, da je plagiatorstvo kaznivo dejanje;
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatorstvo lahko predstavlja za predloženo delo in moj status na FVO;
- je diplomsko delo jezikovno korektno in da je delo lektorirala Tadeja Jezernik;
- da dovoljujem objavo diplomskega dela v elektronski obliki na spletni strani FVO;
- da sta tiskana in elektronska verzija oddanega dela identični.

V Velenju, dne _____

podpis avtorja

ZAHVALA

Rad bi se zahvalil mentorju prof. dr. Andreju Simončiču in somentorju prof. dr. Andreju Čoklu za strokovno svetovanje in pomoč pri izdelavi diplomskega dela.

Zahvaljujem se tudi svoji družini in bližnjim prijateljem, ki so me podpirali v času študija in pisanja diplomskega dela.

IZVLEČEK

Marmorirana smrdljivka (MS) je invazivna tujerodna vrsta, ki velja za enega izmed najpomembnejših škodljivcev v kmetijstvu. V diplomskem delu smo raziskovali trenutno razširjenost MS v Sloveniji in njen vpliv na slovensko kmetijstvo. V teoretičnem delu smo se najprej osredotočili na biologijo vrste, njen izvor in razširjenost v okolju. Vrsta izvira iz vzhodne Azije, od koder se je razširila v različne dele sveta. V Sloveniji je bila prvič odkrita leta 2017 na območju Goriškega. Ugotovili smo, da je danes prisotna že po vsej državi, njena populacija pa v primerjavi s prejšnjimi leti čedalje bolj narašča. V nadaljevanju smo prikazali njeno škodljivost v kmetijstvu. MS je polifagna vrsta, ki se prehranjuje s širokim izborom gostiteljskih rastlin. S hranjenjem povzroča različne poškodbe na gojenih rastlinah, kar za kmetijske pridelovalce pomeni uničen pridelek. Izsledki laboratorijskih, pol-terenskih in terenskih raziskav dajejo podatke o škodi, ki jo MS povzroča v ZDA, mnogih evropskih državah in Sloveniji. Ugotovili smo, da sta med kmetijskimi panogami v Sloveniji najbolj ogrožena vrtnarstvo in sadjarstvo. V določeni meri so oškodovani prav vsi slovenski pridelovalci. V teoretičnem delu smo predstavili tudi različne metode kontrole tega škodljivca in prikazali učinkovitost vibracijskih signalov pri motenju parjenja stenic. Uporaba vibracijskih signalov kaže velik potencial za uporabo pri razvoju bioracionalnih metod kontrole, ki temeljijo na vedenjski manipulaciji škodljivcev. V sklopu diplomskega dela smo izvedli intervjuje s strokovnjaki na področju varstva kmetijskih rastlin in poznavanja MS. S podatki, pridobljenimi z intervjuji, smo lahko potrdili spoznanja iz teoretičnega dela.

Ključne besede: marmorirana smrdljivka, stenice, invazivna tujerodna vrsta, kmetijstvo, gospodarska škoda, varstvo rastlin

ABSTRACT

Brown marmorated stink bug (BMSB) is an invasive alien species, which is known as one of the most important pests in agriculture. In the thesis, we investigated current distribution of BMSB in Slovenia and its impact on Slovenian agriculture. In the theoretical work, we first focused on the species' biology, its origin and distribution in the environment. The species originates from south Asia, from where it spread to different parts of the world. In Slovenia, it was first discovered in 2017, in the region of Goriška. We found that today it is present everywhere in the country, its population continues to increase compared to previous years. Hereinafter, we presented its harmful impact on agriculture. BMSB is a polygamous species, which feeds on a wide range of host plants. With feeding, it causes different damages on cultivated plants, which for agricultural producers means destroyed crops. Findings of laboratory, half-field and field research give data of damage, caused by BMSB in the USA, many European countries and Slovenia. We found that gardening and fruit growing are the most threatened among agriculture sectors in Slovenia. To a certain extent, all Slovenian agriculture producers suffer damages. In the theoretical work, we also presented different methods to control this pest and showed the efficiency of vibratory signals to disrupt mating of stink bugs. The use of vibratory signals shows a great potential for use in developing biorational methods for control, which are based on behavior manipulation of pests. In the thesis, we conducted interviews with experts in the field of agriculture plants protection and of BMSB. With data, obtained by interviews, we confirmed findings from the theoretical work.

Keywords: brown marmorated stink bug, stink bugs, invasive alien species, agriculture, economic damage, plant protection

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
1.1.	Opredelitev problema.....	1
1.2.	Namen in cilji	1
1.3.	Metode dela	1
1.4.	Raziskovalna vprašanja in delovne hipoteze	2
2	MARMORIRANA SMRDLJIVKA	3
2.1.	Značilnosti vrste in morfologija	3
2.2.	Izvor in razširjenost.....	3
2.3.	Razmnoževanje in razvoj.....	4
2.4.	Hranjenje	6
3	MARMORIRANA SMRDLJIVKA KOT KMETIJSKI ŠKODLJIVEC	7
3.1.	Gostiteljske rastline.....	7
3.2.	Poškodbe na rastlinah	8
3.3.	Gospodarska škoda v Združenih državah Amerike	9
3.4.	Gospodarska škoda v Evropi	11
3.5.	Gospodarska škoda v Sloveniji.....	13
4	METODE SPREMLJANJA IN ZATIRANJA	15
4.1.	Feromonske pasti.....	16
4.2.	Protiinsektne mreže.....	17
4.3.	Privabilni posevki	18
4.4.	Kemična kontrola	19
4.5.	Eterična olja	20
4.6.	Biološka kontrola	21
4.7.	Vibracijsko-komunikacijski signali	22
5	REZULTATI IN RAZPRAVA	25
6	SKLEPI.....	27
	POVZETEK	29
	SUMMARY	30
7	VIRI IN LITERATURA	31
8	PRILOGE	

KAZALO SLIK

Slika 1: Razvojne stopnje marmorirane smrdljivke (Vir: ResearchGate: Life stages of BMSB).	5
Slika 2: Nekrotične pege in deformacije, ki jih povzroča marmorirana smrdljivka na plodovih hruške (Vir: KGZNG).....	8
Slika 3: Feromonska past STKY™ Dual Panel Adhesive Trap za spremljanje prisotnosti marmorirane smrdljivke (Vir: KGZNG).....	16

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: V Sloveniji registrirana FFS za zatiranje marmorirane smrdljivke (Vir: GOV).	19
---	----

SEZNAM KRATIC

MS – marmorirana smrdljivka

KGZNG – Kmetijsko gozdarski zavod Nova Gorica

ZDA – Združene države Amerike

FFS – fitofarmacevtska sredstva

MDT – metil-dekatrienoat

FM – frekvenčna modulacija

IVR – integrirano varstvo rastlin

1 UVOD

1.1. Opredelitev problema

Marmorirana smrdljivka (latinsko *Halyomorpha halys*) [Stål] je invazivna, tujerodna vrsta žuželke. Spada med rastlinojede stenice, prav tako je polifagna vrsta – kar pomeni, da ni omejena na eno gostiteljsko rastlino, temveč se prehranjuje s širokim izborom gostiteljskih rastlin. S hranjenjem povzroča poškodbe na pridelkih in posledično gospodarsko škodo. Marmorirano smrdljivko (v nadaljevanju MS) zato uvrščamo med pomembne kmetijske škodljivce.

1.2. Namen in cilji

Namen diplomskega dela je ugotoviti trenutno razširjenost MS na slovenskem ozemlju ter oceniti vpliv MS na kmetijstvo v Sloveniji. Cilji diplomskega dela vključujejo predstavitev anatomske, morfološke in taksonomske značilnosti MS. Predstavili bomo njen izvor in razširjenost po svetu. Predstavili bomo tudi znotraj-vrstno komunikacijo s kemičnimi in vibracijskimi signali, razvoj in razmnoževanje, prehranske navade, ipd. Cilj dela je tudi predstavitev njenih gostiteljskih rastlin in poškodb, ki jih na teh rastlinah povzroča. S predstavitvijo rezultatov laboratorijskih, pol-terenskih in terenskih raziskav, bomo pridobili informacije o gospodarski škodi v ZDA, Evropi in Sloveniji. Predstavili bomo različne metode za obvladovanje vrste. Med drugim bomo predstavili možnosti uporabe vibracijskih signalov pri motenju parjenja stenic. Med cilje dela spada tudi izvedba intervjujev s strokovnjaki o razširjenosti in kmetijski škodljivosti MS v Sloveniji, ter predstavitev pridobljenih podatkov.

1.3. Metode dela

Diplomsko delo je sestavljeno iz teoretičnega in praktičnega dela. V teoretičnem delu diplomskega dela smo uporabili opisno oz. deskriptivno metodo, s katero smo prvo predstavili biologijo MS in njen vpliv na kmetijsko pridelavo. V nadaljevanju smo predstavili razpoložljive metode za obvladovanje tega škodljivca. V tem delu je ključen pregled pisnih in internetnih virov (člankov, zapisov in raziskav). V praktičnem delu diplomskega dela smo izvedli intervjuje s strokovnjaki, zaposlenimi v različnih izobraževalnih ustanovah in kmetijskih institucijah v Sloveniji. Sodelujoči posamezniki so strokovnjaki na področju varstva kmetijskih rastlin ali poznavanja MS. Pri intervjujih je sodelovalo pet posameznikov. Sodelujoči strokovnjaki so bili izbrani glede na geografsko območje, ki ga njihovo raziskovalno delo oz. območje dela pokriva. Strokovnjaki so zaposleni v naslednjih institucijah – Biotehniška fakulteta v Ljubljani, Kmetijsko gozdarski zavod Nova Gorica, Fakulteta za kmetijstvo v Mariboru, Kmetijski inštitut Slovenije in Kmetijsko gozdarski zavod v Murski Soboti. Strokovnjaki so bili izbrani tako, da smo z intervjuji pridobili podatke o pojavnosti in škodljivosti MS za skoraj celotno območje Slovenije. Na ta način smo pridobili informacije iz različnih regijskih območij v Sloveniji, vpliv škodljivca na slovensko kmetijstvo pa smo lahko ocenili najbolj celovito, ustrezno in realno. Intervju je zajemal 10 vprašanj, ki se nanašajo na pojavnost MS pri nas, na njen vpliv na slovensko kmetijstvo ter na razpoložljive ukrepe za preprečevanje ali zmanjševanje škode v kmetijski pridelavi. Z vprašanji o pojavnosti MS smo ugotavljali njeno številčnost in pogostost prisotnosti na določenem območju. Nadaljnja vprašanja so se nanašala na škodljivost in vpliv na kmetijsko pridelavo v Sloveniji. Pri tem smo ugotavljali, ali MS predstavlja resnega škodljivca v kmetijski pridelavi, katere rastlinske vrste so pri nas najbolj ogrožene, kakšna je njena škodljivost v primerjavi z drugimi kmetijskimi škodljivci in kakšen delež slovenskih kmetov je oškodovan zaradi njene prisotnosti. Na koncu smo z vprašanji želeli ugotoviti kemične in nekemične metode kontrole MS, v smislu razpoložljivih kurativnih in preventivnih ukrepov. Rezultate intervjujev smo na koncu predstavili oz. analizirali z uporabo analitične metode. S podatki, pridobljenimi z intervjuji, smo lahko potrdili tudi ugotovitve iz teoretičnega dela.

1.4. Raziskovalna vprašanja in delovne hipoteze

Pri raziskovanju za diplomsko delo nas je zanimalo:

- Kdaj se je MS prvič pojavila v Sloveniji in kakšna je njena razširjenost po državi danes?
- Katere vrste gojenih rastlin so najbolj ogrožene?
- Kakšne poškodbe na rastlinah povzroča MS?
- Kakšen je vpliv MS na kmetijstvo drugod in pri nas?
- Ali bi lahko znotraj-vrstno komunikacijo MS uporabili kot metodo za kontrolo populacije tega škodljivca?

Pred začetkom raziskovanja smo si postavili dve delovni hipotezi:

Hipoteza 1: Populacija marmorirane smrdljivke v Sloveniji čedalje bolj narašča.

Hipoteza 2: Marmorirana smrdljivka ima negativen vpliv na kmetijstvo v Sloveniji.

2 MARMORIRANA SMRDLJIVKA

2.1. Značilnosti vrste in morfologija

MS (*Halyomorpha halys*) [Stål] je tujerodna vrsta žuželke, ki spada v red polkrilcev (Hemiptera) in družino ščitastih stenic (Pentatomidae). Prvi jo je opisal Stål leta 1855 v enem od svojih del o polkrilcih (Trdan in sod., 2024). Za predstavnike družine ščitastih stenic je značilno ploščato telo, ki spominja na ščit, in tipalnice iz petih členov. V to družino spada več kot 4.700 vrst. V rodu *Halyomorpha* je poleg MS opisanih še 36 drugih vrst. MS ima, kot večina predstavnikov razreda žuželk, telo sestavljeno iz treh delov – glave, oprsja in zadka. Ustni aparat ima oblikovan v bodalo. Ima tri pare nog, ki so svetle barve s temnejšimi progami. MS ima telo rjavo-rdečkaste barve z drobnimi črnimi pikami, kar ji daje izgled marmoriranega vzorca. Trebušna stran telesa je svetle barve. Na robovih zadka se pojavlja vzorec s črnimi in belimi pasovi. Od domorodnih stenic jo razločimo po številu in položaju svetlih prog na tipalnicah. MS ima dve svetli progi, in sicer na četrtem in petem členu obeh tipalnic. Med domorodnimi stenicami ji je najbolj podoben sivi smrdljivec (latinsko *Raphigaster nebulosa*), vendar ima za razliko od nje na tipalnicah tri svetle proge in izrastek na zadku v obliki trnja. Odrasla stenica MS v dolžino meri 12 do 17 mm, v širino pa približno 7 do 10 mm. Samci so običajno manjši od samic, od njih se ločijo po tem, da imajo spolni organ na prsni strani telesa (Macavei in sod., 2015). MS ima dva para letalnih kril. Sprednja oz. vrhnja krila so deljena na trdnejši (usnjati) in mehkejši (opnasti) del, imenujemo pa jih polpokrovke ali hemielitre. Zadnja krila so mehkejša, krajša in se z vzdolžno gubo zložijo pod sprednja krila. Med krili in ovratnikom, imenovanem tudi pronotum, ima trikotni polkrožni ščitek. Na trebušni strani telesa ima odprtine žlez, iz katerih izloča kemične snovi z neprijetnimi vonjavami, kar med drugim predstavlja njen obrambni mehanizem pred plenilci.

2.2. Izvor in razširjenost

MS izvira iz vzhodne Azije, natančneje iz območij Kitajske, Japonske, Korejskega polotoka in Tajvana. V ZDA so vrsto prvič zabeležili ob koncu 20. stoletja, njeno prisotnost pa so uradno potrdili leta 2001 v kraju Allentown, v Pensilvaniji (Wermelinger in sod., 2008). Od tam se je uspešno razširila v več zveznih držav, pa tudi v sosednjo državo Kanado. V Evropi so o njej prvič poročali v Švici leta 2007, vendar se je kasneje izkazalo, da je bila vrsta prisotna na območju Lihtenštajna že od leta 2004. V naslednjih letih se je nadalje širila na ozemljih Švice, južne Nemčije in severovzhodne Francije. Prisotnost MS so potrdili tudi v Grčiji leta 2011, v Italiji leta 2012 ter leto kasneje na Madžarskem. Leta 2015 je bila prvič najdena v Avstriji, Gruziji, Romuniji in Srbiji. Leta 2016 so njeno prisotnost zabeležili v Bolgariji, Rusiji, na Slovaškem in v Španiji, v kasnejših letih pa je bila najdena tudi v več drugih evropskih državah (KGZNG, 2024). MS je bila v Sloveniji prvič odkrita leta 2017. Zabeležili so odkritje dveh osebkov te vrste, eno stenico so našli v Šempetru pri Gorici, drugo pa na parkirišču Qlandije v Novi Gorici. V kasnejših letih se je razširila na območje Primorske, od Posočja do slovenske Istre ter vzhodno do Postojne. Njena prisotnost je bila prav tako zabeležena v osrednji Sloveniji, na Štajerskem in drugod po državi (KGZNG, 2024).

Vnos MS na evropsko ozemlje je predvsem posledica globalnega trgovanja. Povpraševanje po različnih proizvodih se povečuje, zaradi česar narašča tudi mednarodna trgovina. MS, tako kot tudi mnoge druge vrste, pripotuje iz različnih delov sveta, najpogosteje kot slepi potnik z ladijskim, letalskim, železniškim ali cestnim prometom pri transportu blaga in surovin. Vnos v Slovenijo je najverjetneje povezan z njeno prisotnostjo v sosednji Italiji, Avstriji ter drugih bližnjih državah.

Eden od razlogov za njeno razširjenost je ta, da so odrasli osebki odlični letalci. V enem dnevu lahko namreč preletijo razdalje daljše od 2 km. MS je izredno prilagodljiva vrsta, sicer pa ji preživetje olajšajo klimatske spremembe, ki prinašajo višje temperature. Med razlogi za njeno

razširjenost je tudi uspešno razmnoževanje vrste, pri čemer razvije najmanj en popoln rod letno, obdobje razmnoževanja pa je relativno dolgo. Poleg tega njeno razširjenost omogoča velika zastopanost gostiteljskih rastlin, prav tako tudi odsotnost naravnih sovražnikov, ki bi sicer omejevali številčnost vrste v okolju (Lešnik, 2024).

2.3. Razmnoževanje in razvoj

Stenice se v okolju sporazumevajo z oddajanjem raznih vrst komunikacijskih signalov preko različnih medijev, kot so zrak, voda, tla in rastline. Na dolge razdalje komunicirajo s kemičnimi signali, na srednje razdalje preko površine rastlin z vibracijskimi signali in na kratke razdalje z vibracijskimi, vizualnimi, kontaktnimi in kemičnimi signali (Čokl in Borges, 2017). Prva faza komunikacije rastlinskih stenic poteka na terenu s pomočjo kemičnih signalov oz. feromonov, ki se med osebkami prenašajo preko zraka. Zrak predstavlja medij, skozi katerega se z difuzijo in advekcijo prenašajo majhne lipofilne molekule od mesta z višjo do mesta z nižjo koncentracijo. Komunikacijska razdalja je odvisna od hitrosti vetra in se spreminja, ko se molekule prenašajo na prostem ali znotraj okolja rastline, katera absorbira in spreminja profile teh kemičnih signalov (Čokl, Žunič-Kosi in Laumann, 2019).

Feromoni so kemične snovi, ki jih v izredno majhnih količinah proizvajajo mnoge živalske vrste, med katere spadajo tudi stenice. Stenice sproščajo feromone različnih tipov z namenom, da sprožijo odzive pri drugih osebkah. Feromoni spadajo v širšo skupino semiokemikalij, pri čemer grški izraz »semio« pomeni signal. Semiokemikalije so torej signalne snovi, ki jih organizmi uporabljajo pri komunikaciji z osebkami iste vrste ali med različnimi vrstami. Konec osemdesetih let so raziskovalci pričeli ugotavljati spojine, privlačne za rastlinske stenice. Identificiran je bil agregacijski feromon, ki ga proizvajajo samci MS, in sicer kot mešanica (3S,6S,7R,10S)-10,11-epoksi-1-bisabolen-3-ola in (3R,6S,7R,10S)-10,11-epoksi-1-bisabolen-3-ola (Khrimian in sod., 2014). Izsledki terenskih raziskav kažejo na to, da sta obe feromonski komponenti pomembni za optimalno privlačnost osebkov te vrste, poleg tega pa prisotnost dodatnih stereoizomerov ne ovira te privlačnosti. Med drugimi je bil leta 1996 identificiran agregacijski feromon metil-(2E,4E,6Z)-dekatrienoat (MDT), ki ga proizvajajo moški osebkami vrste *Plautia stali* [Scott] (Čokl in Borges, 2017). Feromon MS in MDT kažeta sinergijski učinek pri privabljanju stenic. Ti spolni feromoni so pravzaprav agregacijski feromoni, saj z njimi samci privabljajo samice ter v drugih primerih samce in samice, da agregirajo oz. se zbirajo na istih območjih. Do sedaj identificirani feromoni ščitastih stenic so vsi proizvedeni s strani moških osebkov. Samci stenic z oddajanjem kemičnih signalov oz. feromonov tako privabljajo samice na isto rastlino. Po pristanku na isti rastlini in prostorski prepoznavi, samci in samice MS uporabljajo obsežen repertoar vibracijskih signalov in tako napredujejo do kopulacije (Čokl in Borges, 2017).

Za MS je značilna nepopolna preobrazba, kar pomeni, da njen razvoj ne vključuje faze bube. Razvoj MS obsega skupno 7 razvojnih faz. Vrsta se razvije iz oplojenega jajčeca skozi pet faz ličinke do odraslega osebkoma. Celoten razvoj od jajčeca do odraslega osebkoma traja približno od 1 do 1,5 meseca. Samica v razmerah evropske klime v povprečju razvije enega do dva rodova na leto, v subtropskem podnebnem pasu pa tudi do šest rodov na leto (KGZNG, 2024).

MS prezimuje izključno v odrasli obliki, in sicer vse do spomladi. Ob koncu meseca aprila stenice zapustijo svoja prezimovališča. Na mestih za parjenje se zbirajo in hranijo, dokler ne dosežejo spolne zrelosti. To obdobje traja do približno sredine maja oz. začetka junija, po tem pa nastopi obdobje parjenja.

Po dolgem obdobju parjenja in preovipozicije samice pričnejo odlagati jajčeca na spodnjo stran listov gostiteljskih rastlin. To obdobje traja približno od meseca junija vse do avgusta. Samice odlagajo jajčeca v skupkih po 20 do 30 jajčec. V času življenja lahko samica odloži tudi do 160 jajčec. Jajčeca so sprva blede zelene barve in merijo od 1,3 do 1,6 mm. Pred izvalitvijo postanejo blede bele barve. Po 4 do 12 dneh se iz jajčec razvijejo ličinke oz. nimfe, imenovane

tudi larve (KGZNG, 2024). Nimfe prve generacije imajo črno glavo, rdeče oči in rdečkasto rumeno telo s črnimi lisami. V dolžino merijo približno 2,4 mm. Po izvalitvi se nimfe zadržujejo v skupku, skupaj s še ne izvaljenimi jajčeci. Po 3 do 6 dneh od izvalitve se prehranjujejo z lupinami jajčec in dokončno razvijejo svoje okončine. Druga stopnja ličinke nastopi 3 do 5 dni po pojavu ličinke prve stopnje. Nimfe druge generacije so temne barve z rdečimi lisami, na glavi in hrbtni strani trupa imajo bodice. Ličinke tretje stopnje so temno rjave barve in se razvijejo 12 do 13 dni po izleganju. Četrta stopnja ličinke se razvije 19 do 20 dni po izleganju, ličinka pete stopnje pa 26 do 27 dni po izleganju. Iz ličinke pete stopnje se razvije odrasel osebek, imenovan tudi imago. MS se skozi vse stadije ličinke do odraslega osebka razvija z levitvijo. Razmnoževanje in odlaganje jajčec traja vse do začetka jeseni. V začetku jeseni oz. ko povprečna temperatura pade pod približno 15 °C (Ogorelec in Skalič Holešek, 2020), začnejo stenice iskati primerna mesta za prezimovanje. Do konca oktobra se odrasle stenice že zberejo v prezimovališčih, upočasnijo svojo aktivnost in preidejo v stanje mirovanja oz. diapavze (Ogorelec in Skalič Holešek, 2020).



Slika 1: Razvojne stopnje marmorirane smrdljivke (Vir: ResearchGate: Life stages of BMSB).

Na uspešen razvoj stenice, od jajčeca do odraslega osebka, vpliva mnogo dejavnikov okolja. Med njimi so temperatura, vlažnost, dostopnost hrane, odsotnost naravnih sovražnikov itd. Pomembno je poudariti, da nimajo vsi dejavniki enakega vpliva na posamezne faze razvoja MS. Eden od najpomembnejših dejavnikov, ki neposredno vpliva na razvoj vrste, je temperatura. Čeprav je vrsta precej odporna na nizke temperature, je njeno preživetje v zimskem času močno odvisno od temperaturnih pogojev. Temperaturni razpon za uspešen razvoj MS je nekje med 17 °C in 33 °C (Nielsen in sod., 2008). Prav tako je zelo pomemben okoljski dejavnik fotoperioda oz. trajanje dneva in noči, saj vpliva na hitrost razvoja, spolno dozorelost in druge morfološke lastnosti nimf in odraslih osebkov (Wermelinger in sod., 2008). Ključnega pomena je tudi dostopnost hrane oz. gostiteljskih rastlin in njihova vsebnost hranilnih snovi. Z rastlinami se hranijo odrasli osebki in ličinke od druge stopnje dalje. Ličinke prve stopnje se po izvalitvi hranijo z lupinami jajčec, iz katerih pridobijo bakterijske prebavne

simbionte. Ti prebavni simbionti zmanjšajo razvojni čas nimf in povečajo preživetje osebkov (Taylor, 2014), kar predstavlja še en dejavnik, ki vpliva na uspešen razvoj vrste.

2.4. Hranjenje

MS je polifagna vrsta stenice, kar pomeni, da ni omejena le na enega gostitelja, temveč se hrani s širokim izborom gostiteljskih rastlin. Prehranjuje se s posebnim bodalom oz. sesalom, imenovanim tudi stileto, ki je pritrjen na ustni aparat in se nahaja na prsni strani telesa žuželke. Z ustnim bodalom prebada v tkiva in sesa hranilne tekočine. MS uporablja različne vire hrane skozi razvojne faze. Takoj po izvalitvi se ličinke prve stopnje še niso sposobne aktivno gibati in iskati hrano, zato se zadržujejo v odloženih skupkih jajčec, kjer se hranijo z lupinami jajčec. Iz njih pridobivajo hranilne snovi in prebavne simbionte, ki jih potrebujejo za nadaljnji razvoj. Ličinke od druge do pete stopnje se prehranjujejo na plodovih, steblih in listih rastlin. Odrasli osebki se običajno prehranjujejo le na plodovih rastlin (Trdan in sod., 2024).

MS pri hranjenju izloča dva tipa sline. Ob začetku hranjenja stenica najprej izloči debel ovoj gelaste sline okoli ustnega aparata, da ga zaščiti pred poškodbami pri prehranjevanju (Leskey in Nielsen, 2018). Poleg tega je namen gelaste sline ta, da ustvari neprepustno oblogo na rastlinskem tkivu in tako prepreči izgubo rastlinskih sokov med hranjenjem. Ta gelasta slina je sestavljena iz beljakovin, ki nastanejo pri žuželčji lastni presnovi, in tistih beljakovin, ki jih stenica pridobi iz rastlin (Peiffer in Felton, 2014). Drugi tip sline, ki jo MS izloča, je povsem žuželčjega izvora, poleg tega je snov bolj tekoča. Ta tip sline sestavljajo značilni prebavni encimi, kot so amilaze, proteaze in esterase (Leskey in Nielsen, 2018). Ob vvodu v plod začne ta slina razgrajevati celično tkivo in tako žuželki omogoči zaužitje tekoče vsebine. MS se prehranjuje na podoben način kot mnogi predstavniki družine ščitastih stenic. Večina vrst se hrani izključno z rastlinami, kljub temu pa obstajajo nekatere vrste, ki se prehranjujejo z drugimi žuželkami. Mesojede oz. plenilske stenice imajo ustno bodalo krajše in robustno, medtem ko je pri rastlinojedih stenicah ta aparat daljši in tanjši. Takšen primer predstavlja plenilska stenica vrste *Podisus maculiventris*, ki se hrani z ličinkami metuljev in hroščev (Gyawaly, 2011).

Optimalna temperatura, pri kateri se MS prehranjuje, se giblje med 16 in 17 °C, ob teh pogojih je tudi mogoče opaziti največjo aktivnost osebkov. Prenehanje hranjenja se pojavi pri temperaturah višjih od 29 °C ter pri temperaturah nižjih od 3 do 6 °C (Trdan in sod., 2024).

3 MARMORIRANA SMRDLJIVKA KOT KMETIJSKI ŠKODLJIVEC

3.1. Gostiteljske rastline

MS je izrazito polifagna vrsta, prehranjuje se lahko z več kot 300 različnimi rastlinskimi vrstami iz številnih družin, med katerimi prevladujejo metuljnice in rožnice. Najpomembnejši gostitelji med sadnimi vrstami so hruška, breskev, marelica, sliva, malina, češnja, navadna leska, kaki in aktinidija. Jablana naj ne bi predstavljala najbolj optimalnega gostitelja, saj so samice, ki so se hranile s plodovi jablan, proizvedle manjšo število jajčec. Kljub temu pa listi jablan služijo kot začetna hrana pri doseganju spolne zrelosti osebkov in ko so primernejše sadne vrste odsotne (Wermelinger in sod., 2008). MS se pojavlja tudi na južnem sadju oz. agrumih ali citrusih, med katere spadajo pomaranče, mandarine, grenivke, limone, limete, klementine in pomelo. Med travami je pomemben gostitelj sirek. Prav tako napada številne okrasne rastline in grmovnice ter prosto rastoče drevesne vrste, med katerimi so veliki jesen, visoki pajesen, pavlovnija, jerebika, lovorikovec, maklen, oslez, vrtnica, navadna bodika in številne druge. Najdemo jo na gozdnih drevesih kot sta javor in vrba. Med grmovnicami jo lahko opazimo na listopadnem grmu, imenovanem navadna brogovita. Pojavlja se tudi na raznih cvetočih rastlinah, na primer na hibiskusu, lucerni in mnogih drugih. Na zelenjadnicah, natančneje na plodovkah in stročnicah, jo najdemo na papriki, paradižniku, jajčevcu, kumari, fižolu in grahu. V pridelavi poljščin so precej ogroženi posevki koruze in soje. Med žiti sta gostitelja pšenica in riž vrste *Oryza sativa*. Prav tako se prehranjuje s številnimi pleveli (Wermelinger in sod., 2008). MS napada tudi oljke in vinsko trto, najdemo pa jo tudi na raznih vrstah oreščkov. Ko govorimo o njenem širokem izboru gostiteljskih rastlin, največjo težavo predstavlja dejstvo, da je večina teh rastlin gospodarsko zelo pomembnih. To je tudi razlog, da MS velja za enega od najpomembnejših škodljivcev v kmetijski pridelavi.

Gostiteljske rastline se razlikujejo po ustreznosti in vsebnosti pomembnih hranil za določeno razvojno stopnjo stenice. MS med razvojem menjava svoje gostitelje in izbira tiste z najbolj optimalnim hranilnim potencialom. Privlačnost MS do gostitelja je odvisna od fenofaze rastline. Fenološke faze zajemajo razne periodične pojave pri rastlinskih vrstah, kot so brstenje, zorenje, odpadanje listov ipd. Fenofaze skupaj tvorijo letni razvojni cikel rastline (Fenologija v Sloveniji, 2015).

Kljub raznolikostim obstajajo nekatere skupne značilnosti gostiteljskih rastlin MS. Glede na njene prehranske potrebe delimo gostiteljske rastline v dve kategoriji (Trdan in sod., 2024). V prvo kategorijo sodijo rastline, na katerih poteka razvojni krog in razmnoževanje stenice. Na teh rastlinah lahko najdemo odložena jajčeca, ličinke vseh stopenj in odrasle osebkke. V drugo kategorijo spadajo rastline, ki služijo le kot prehrana za škodljivca. Na teh gostiteljskih rastlinah najdemo izključno odrasle osebkke. MS za optimalen in uspešen razvoj potrebuje več različnih gostiteljev. Pri izbiri gostiteljev ne razlikuje med samoniklimi in gojenimi vrstami. Samonikle vrste so rastline, ki jih ni zasadil človek in zanje tudi ne skrbi. Gojene oz. kulturne rastline pa so vse tiste rastline, ki se namensko gojijo v večjih količinah in se uporabljajo kot hrana, krma za živali ali v druge gospodarske namene (Kulturne rastline, 2024).

3.2. Poškodbe na rastlinah

Na splošno se rastlinske stenice prehranjujejo s prebadanjem in sesanjem rastlinskega tkiva (Čokl in Borges, 2017). Tako se tudi hranijo odrasli osebki MS in nimfe od druge stopnje dalje. Pri hranjenju s svojim bodalom vbadajo liste, stebila, cvetove in plodove rastlin. Pri vbodu v rastlinsko tkivo stenica izloči tekoči tip sline, ki vsebuje prebavne encime amilaze, proteaze in esteraze. Snovi v slini povzročijo razpad oz. odmiranje in druge kemične spremembe tkiva. To lahko opazimo v obliki nekrotičnih peg, različnih brazgotin in razbarvanja tkiva na mesu ploda. Poškodbe so vidne tudi kot gobasti madeži na površini plodov. Poleg tega se plodovi razvijejo neobičajno, so nepravilne oblike in izgledajo deformirano. Poškodovani plodovi lahko pričnejo odpadati. Bilo je dokazano, da presnovni izločki te stenice povzročijo razpad oz. utekočinjenje pulpe (Bariselli in sod., 2016). MS je lahko odgovorna za vnos raznih patogenov v gostiteljske rastline. Med drugimi je MS tudi prenašalka fitoplazem, in sicer na drevesih navadne pavlovnije v Aziji (Duthie in sod., 2012). Fitoplazme so znotraj celični bakterijski paraziti rastlin, ki povzročajo metličavost poganjkov in nepravilen razvoj, kar lahko privede tudi do zgodnjega propada drevesa. Navsezadnje, MS izloča tudi kemične snovi z neprijetnim vonjem in tako kontaminira plodove. Glede na vrsto in stopnjo poškodovanosti rastline razlikujemo primarne in sekundarne poškodbe. Tip in resnost poškodbe sta odvisna od gostote osebkov na rastlini in razvojne stopnje MS. Poškodbe s strani zadnjih stopenj ličink in odraslih osebkov so običajno hujše, saj so ti že dobro fiziološko razviti in sposobni za napad gostiteljev, večja pa je tudi njihova potreba po hrani. Poškodbe so odvisne tudi od vrste in razvojne faze rastline. Na še nezrelh plodovih so poškodbe navadno sekundarnega tipa in so vidne kot deformacije ploda, medtem ko se popolnoma zreli plodovi odzovejo drugače. Do poškodb na plodovih najpogosteje pride že v fazi pred tehnološko zrelostjo rastline, zato se plodovi razvijejo deformirano. Poškodovani pridelki so čudnih oblik, lisasti in imajo grd estetski izgled. Poleg tega se slabo skladiščijo in zelo hitro propadajo. Pridelkom se drastično zmanjša tržna vrednost ali pa so neprimerni za prodajo, kar pomeni zmanjšanje tržno ustreznega pridelka in s tem prihodka. Gospodarska škoda, ki jo MS povzroči, je odvisna od vremenskih razmer, intenzivnosti hranjenja žuželk, gostote populacije in uspeha preprečevanja te škode, v smislu izvajanja kurativnih in preventivnih ukrepov (Hoblaj in sod., 2024).



Slika 2: Nekrotične pege in deformacije, ki jih povzroča marmorirana smrdljivka na plodovih hruške (Vir: KGZNG).

3.3. Gospodarska škoda v Združenih državah Amerike

Škoda, ki jo MS povzroča v Združenih državah Amerike (ZDA), je odvisna od vrste pridelka in od tega, kdaj v rastni sezoni poteka hranjenje. Zgodnje hranjenje povzroča deformacije plodov, medtem ko hranjenje v poznejših razvojnih fazah povzroča vdolbine in razbarvanje tkiva na površini plodov. Pozno v sezoni se škoda pojavlja na jabolkih, hruškah in drugemu sadju. Večina ameriških raziskav o vplivih MS se osredotoča na sektorje pridelave jabolk in vina, kjer je bila škoda največja. Tega škodljivca so v ZDA prvič uradno identificirali leta 2001, čeprav je verjetno tam prisoten že od leta 1996. Ameriško ministrstvo za kmetijstvo je MS spoznalo za nadležnega škodljivca v urbanem okolju v letu 2003 do 2004. Približno 3 do 4 leta pozneje so bili opaženi prvi učinki škode na pridelkih, do leta 2010 pa so pridelovalci jabolk v srednje atlantskih državah občutili znatne izgube (Ministry for Primary Industries, 2015).

MS je leta 2010 močno prizadela pridelavo jabolk v srednje atlantskih državah. Ameriško združenje The United States Apple Association je ocenilo, da se je pridelek jabolk zmanjšal za 18 % v primerjavi s pričakovano količino, kar ustreza približno 80.600 ton jabolk. Na podlagi povprečnih cen Ministrstva za kmetijstvo ZDA, za obdobje petih mesecev pred nesrečo, je bilo ocenjeno, da je izguba pridelovalcev znašala 37 milijonov dolarjev oz. približno 34,5 milijonov evrov. Združenje The United States Apple Association je opozorilo, da so bili polni učinki na pridelovalce iz leta 2010 še vedno beleženi v času izračuna te ocene. Opozorili so tudi, da ni gotovo, koliko časa bo trajalo, da se razvijejo ustrezni kontrolni ukrepi.

Izguba prihodka v višini 37 milijonov dolarjev, v eni rastni sezoni, je zelo pomembna, saj bi že 1-odstotna izguba jabolk v več letih pomenila nezadostno pridelavo. Prav tako je bilo ugotovljeno, da so posamezni pridelovalci, ki jih je MS močno prizadela, izgubili od 20 do 40 % celotnega pridelka. Čeprav je MS povzročila glavno škodo v pridelavi jabolk, je združenje The United States Apple Association opravilo tudi razne hipotetične ocene pri pridelavi drugih sadnih vrst. Ocenjeno je bilo, da bi podobne negativne vplive lahko doživeli tudi pridelovalci breskev, grozdja, hrušk in češenj, pri čemer bi skupne izgube samo v srednje atlantskih državah presegle 50 milijonov dolarjev. Obseg škode in izgub, do katerih je prišlo leta 2010, je verjetno posledica tega, da pridelovalci niso dobro razumeli metod kontrole tega škodljivca. Manjšo škodo so ponovno doživeli leta 2011, pri čemer si je večina pridelovalcev opomogla do leta 2012, vplivi pa so se leta 2013 spet zmanjšali. Po nastali škodi v letu 2010, se je znatno povečala uporaba insekticidov pri pridelovalcih v ameriških državah. Ministrstvo za kmetijstvo ZDA je ocenilo, da je v nekaterih primerih prišlo tudi do 4-kratnega povečanja uporabe insekticidov (Ministry for Primary Industries, 2015).

Raziskani so bili tudi vplivi MS na pridelavo grozdja v vinogradih v zvezni državi Virginija. V okviru raziskave so anketirali več lastnikov vinogradov, da bi preučili učinke MS na pridelavo grozdja. Dokumentiranih je bilo pet glavnih vplivov, in sicer poškodbe jagod na grozdju, vnos razkrojevalcev in drugih patogenov v plodove in vinsko trto, zamude pri sortiranju grozdja po obiranju, kontaminacija pri stiskanju grozdja v vino, prav tako je žuželka predstavljala tudi nadlogo v prostorih za pokušanje vina. Čeprav na splošno velja, da MS kvari vino, noben vinogradnik ni opazil negativnih posledic pri vinu. Vinogradniki za zatiranje MS uporabljajo različne insekticide, večina sicer uporablja organske insekticide iz skupine piretroidov (Ministry for Primary Industries, 2015).

MS poleg sadja, zelenjave in drugih plodov, napada tudi razne vrste oreščkov. Pri pridelavi lešnikov v zveznih državah Georgija in Oregon, so zabeležili precejšnjo škodo zaradi MS. Stenico so v Kaliforniji odkrili leta 2002 in kmalu zatem tudi v nasadih breskev in mandljev, zaradi česar je obstajala verjetnost, da bo ogrožena tudi pridelava drugih vrst oreščkov.

Leta 2020 je bila objavljena terenska raziskava (Stahl in sod., 2020), kjer so ocenili izgubo pridelka in poškodbe oreščkov v Kaliforniji v dvoletnem obdobju. Raziskavo so izvedli s prisilnim hranjenjem stenic na pistacijah. Primerjani so bili vplivi MS in dveh vrst domorodnih

stenic, *Chinavia hilaris* in *Leptoglossus zonatus*, na tamkajšnjo pridelavo pistacij. Primerjani so bili vplivi ličink in odraslih osebkov vseh treh vrst stenic na plodove. Nasadi pistacije v Kaliforniji namreč pokrivajo 106.837 hektarjev površine, kjer pridelajo približno četrtino celotne svetovne proizvodnje pistacij. Poskusi so bili izvedeni v letih 2018 in 2019, v nasadu dreves pistacije s površino 0,15 hektarja. Tu so bile pred petnajstimi leti zasajene tri različne sorte drevesa pistacije, in sicer Kerman, Khaleghouchi in Lost Hill. Na vsako sorto drevesa je bilo v letu 2018 nameščenih pet kletk, v letu 2019 pa štiri kletke. Na veje s plodovi so bile pritrjene 18,93 litrske kletke v mesecu aprilu, torej pred zrelostjo plodov, tako so bile poškodbe hranjenja s strani naravnih sovražnikov izključene. Tekom spomladi in poletja so bile naključno izbrane stenice prenesene iz laboratorija v kletke naključno izbranih dreves. Po približno 5 dneh so bile žuželke odstranjene, vsak plod pa je bil pregledan in kategoriziran. Plodovi so bili sprva pregledani takoj po hranjenju žuželk in ponovno kasneje pri obiranju. Kategorizirani so bili glede na to, ali so imeli poškodbe epikarpa, so odpadli v celoti, so imeli odpadla jedra, so imeli vidne nekroze na jedrih, so kazali znake stigmatomikoze ali pa niso imeli nobenih poškodb. Stigmatomikoza je glivična okužba rastlin, ki se pojavlja pri mnogih gospodarsko pomembnih pridelkih, kot so bombaž, soja in pistacija. Ugotovljeno je bilo, da je MS povzročila več poškodb epikarpa na sorti Khaleghouchi kot pa na sortah Kerman ali Lost Hill. MS je povzročila podobno število in tip poškodb kot vrsti *Chinavia hilaris* in *Leptoglossus zonatus*. Pri oceni plodov pozno v sezoni, natančneje pri obiranju, je bila zabeležena značilna povezava med vrsto stenice in fenološko fazo drevesa pistacije. MS je povzročila več poškodb epikarpa v fenoloških fazah proti koncu sezone v primerjavi z začetnimi fazami, preostali dve vrsti pa tega trenda nista kazali nazorno. MS je povzročila največ poškodb na sorti Khaleghouchi, med vsemi tremi vrstami pa največ poškodb epikarpa. V primerjavi poškodb med nimfami in odraslimi osebki MS je bilo ugotovljeno, da so ličinke povzročile znatno manj poškodb epikarpa takoj po hranjenju kot odrasli osebki. Prav tako so odrasli osebki MS povzročili več odpadlih jeder kot ličinke. Med ličinkami in odraslimi osebki MS ni bilo zabeleženih razlik pri odpadlih plodovih, nekroz na jedrih ali znakov stigmatomikoze. Ugotovljeno je bilo tudi, da so ličinke MS povzročile podobno število poškodb kot odrasli osebki, medtem ko so ličinke druge in tretje stopnje vrste *Chinavia hilaris* povzročile precej manj poškodb kot odrasli osebki iste vrste, kar kaže na to, da bi ličinke MS lahko bile bolj škodljive kot ličinke domorodne stenice *Chinavia hilaris* (Stahl in sod., 2020).

3.4. Gospodarska škoda v Evropi

MS povzroča škodo v kmetijski pridelavi tudi v mnogih evropskih državah. V nadaljevanju so predstavljeni zgolj nekateri primeri pojavljanja MS in škode, ki jo ta škodljiva vrsta povzroča.

V Evropi je povzročila prvo večjo gospodarsko škodo v nasadih pečkarjev in koščičarjev v Italiji (Trdan in sod., 2024). Najbolj prizadete so bile kmetijske pridelave na območjih Modene, Bologne in Reggio-Emilia. V provinci Modena, v eni izmed devetih pokrajin italijanske dežele Emilija-Romanja, je bilo leta 2015 zaradi močnega napada MS poškodovanih od 30 do 50 % pridelanih hrušk. Na tem območju prevladujejo nasadi hrušk, ki so utrpeli najhujšo škodo, vendar pa so stenice MS napadle tudi nasade breskev, marelic, jablan, sliv in paradižnika. V državah Gruziji in Abhaziji je zaradi MS ogrožena pridelava lešnikov, na Madžarskem pa poročajo o obsežni škodi v pridelavi fižola in paprike (Laznik in Trdan, 2021).

MS je na Madžarskem prisotna od leta 2013, ko so jo prvič odkrili v Budimpešti. Proti koncu poletne sezone leta 2016 so pridelovalci začeli poročati o stenica in njihovi škodi na suhem fižolu in zelenih pekočih feferonih. Te so gojili v bližini območja, kjer je MS prisotna najmanj zadnja tri leta. Septembra leta 2016 so raziskovalci izvedli terensko raziskavo na eksperimentalni in raziskovalni farmi v Budimpešti, kjer so preučevali škodo MS na tej zelenjavi, torej na suhem fižolu in zelenih pekočih feferonih. Uporabljeni sta bili sorta suhega fižola, imenovana Etna, in sorta pekočega feferona, imenovana Daras. Na nobeni rastlini ni bilo pred raziskavo uporabljenih fitofarmaceutskih sredstev (FFS). V začetku septembra so na 0,1 hektarja veliki njivi suhega fižola naključno izbrali 50 strokov. S pomočjo vakuumske naprave so pridobili šest vzorcev, na katerih so bile žuželke, in sicer iz vsake od 6 gredic po en vzorec. Na vzorcih fižola sta bili prisotni dve vrsti rastlinskih stenic, MS in *Nezara viridula*. Vzorci so bili pregledani kasneje v laboratoriju. Naključno so izbrali tudi 100 zelenih pekočih feferonov sorte Daras, ki so jih pridelovalci nedavno obrali. Vzorce feferonov s stenicami MS so prav tako zbrali z uporabo vakuumske naprave in jih pregledali na samem mestu. Pri suhem fižolu so opazili vsaj eno poškodovano seme v 47 strokih, kar znaša 94 %. Pri 20 strokih so bila poškodovana vsa semena, kar znaša 40 % vseh pregledanih strokov. To pomeni, da je več kot 90 % pregledanih strokov utrpelo poškodbe zaradi rastlinskih stenic. Pri feferonih sorte Daras so bili zabeleženi simptomi poškodb na vseh zbranih plodovih, kar pomeni, da je škoda na tem pridelku znašala 100 %. Na vzorcih feferonov so bile prisotne le stenice MS, natančneje ličinke različnih razvojnih faz. Škoda, ki jo je MS povzročila na obeh pridelkih, je bila precej obsežna. Te poškodbe potrjujejo resno ogroženost pridelave suhega fižola in zelenih pekočih feferonov na Madžarskem. Veliko število prisotnih stenic v vzorcih in obsežna škoda, potrjena pri obeh pridelkih, potrjujeta ugotovitve prejšnjih raziskav, da sta fižol in feferon zelo pomembna gostitelja MS (Vétek in sod., 2017).

Prisotnost MS je bila v Švici prvič zabeležena leta 2007. Sprva je bilo širjenje stenice po državi razmeroma počasno, populacije so bile večinoma omejene na mesti Zürich in Basel. Takrat je MS veljala predvsem za motečega škodljivca v urbanih okoljih. MS je v Švici povzročala škodo od leta 2008, predvsem na vrtovih ljubiteljskih pridelovalcev. Škoda je bila tudi zabeležena na pridelkih paprike, katere so gojili v plastičnih tunelih (Trdan in sod., 2024). O škodi, ki jo MS povzroča v Švici, so prvič poročali leta 2012, in sicer na zelenjavi, ki je bila gojena v rastlinjaki. Od leta 2015 poročajo o večji gospodarski škodi v nasadih breskev in hrušk na jugu (Stoeckli, Felber in Haye, 2020). Prav tako je škoda na drugih pridelkih, kot so jabolka in grozdje, enakomerno naraščala od leta 2016 dalje. Leta 2017 sta velika gostota populacije in škoda bili opaženi tudi v sadnih nasadih v severovzhodni Švici. V Švici opažajo škodo na pridelkih in naraščanje populacije MS, kar je povezano z naraščajočimi temperaturami. Stalen prehod iz ene na dve generaciji letno in s tem povezana rast populacije MS lahko pomeni vse večjo škodo na pridelkih v prihodnosti. Rezultati raziskave poudarjajo potrebo po načrtnem spremljanju širjenja in razvoja populacije MS v severozahodnem delu Švice in v dolinah na višjih nadmorskih višinah na jugu države (Stoeckli, Felber in Haye, 2020).

V Grčiji se je MS prvič pojavila leta 2011 kot hišna nadloga na območju mesta Atene. Leta 2019 je bil en osebek najden tudi na otoku Lesbos. Leta 2020 so poročali o prvem pojavu MS in škodi, ki jo je stenica povzročila v nasadih breskev in oljk v severni Grčiji. Terenska raziskava (Damos, Soulopoulou in Thomidis, 2020) je bila izvedena v dveh nasadih breskev, ki se nahajata na območjih Nea Lycogiani in Kavasila, in v nasadu oljk na območju Kavasila. Raziskavo so izvedli med rastno sezono pridelkov v letih 2018 in 2019. Plodovi breskve in oljke, na katerih so se hranili odrasli osebki in nimfe MS, so bili pregledani in ocenjeni glede na to, ali so imeli vidne poškodbe ali ne. Rezultati raziskave (Damos, Soulopoulou in Thomidis, 2020) so pokazali, da je bila prisotnost osebkov MS (predvsem nimf) precej velika, tako v nasadih breskve kot tudi v nasadu oljke, še posebej v letu 2018. Zaradi MS je bilo poškodovanih od 60 do 66 % plodov breskev v letu 2018 in od 20 do 30 % plodov v letu 2019. V nasadih oljk je bilo poškodovanih od 81 do 93 % plodov v letu 2018 in od 26 do 42 % plodov v letu 2019 (Damos, Soulopoulou in Thomidis, 2020). Delež poškodb je bil na plodovih oljk dosti večji v primerjavi s plodovi breskve, kar predstavlja precejšnjo skrb.

MS povzroča škodo tudi v Rusiji. Leta 2013 je bilo v mestu Soči opaženih več primerkov MS (Musolin in sod., 2018). Avgusta leta 2014 je bila v mestu Soči opažena ena nimfa MS na listih šipka v parku Riviera in dve nimfi MS na navadnem lepljivcu v parku Dendrium. Med raziskavo so večkrat zabeležili prisotnost različnih stadijev MS v vseh štirih mestnih okrožjih mesta Soči, in sicer na 26 gojenih vrstah iz 15 različnih družin. Na gojenih rastlinskih vrstah so bile nimfe in odrasli osebki večinoma zabeleženi na plodovih, medtem ko so se na okrasnih rastlinah pojavljali na listih in svežih poganjkih. Plodovi jablan in hrušk so bili deformirani, plodovi citrusov, kakija in grozdja pa se niso razvili in so prezgodaj odpadli. Prav tako se niso razvila jedra lešnikov (Musolin in sod., 2018). V poletnem času leta 2017 je bila populacija MS precej številčna tudi v sadovnjakih, na zelenjadnicah in okrasnih rastlinah v različnih okrožjih regije Krasnodarski okraj (Musolin in sod., 2018).

MS se prav tako pojavlja v Abhaziji (sestavni del Gruzije). Oktobra 2016 je bilo zabeleženih 20 osebkov MS, najdenih v mestu Pitsunda (Musolin in sod., 2018). Ščitaste stenice so bile posnete med hranjenjem na 22 rastlinskih vrstah iz 12 družin. V zahodni Abhaziji je MS dosegla veliko številčnost in postala pogost škodljivec leta 2015, medtem ko je v vzhodni Abhaziji do tega prišlo pozno leta 2016. Gospodarska škoda, ki jo MS povzroča v Abhaziji, je kar znatna. Čeprav ni bilo izvedenih neposrednih kontrolnih poskusov, so raziskovalci (Musolin in sod., 2018) lahko primerjali povprečje pridelka iz leta 2016 s povprečjem pridelka v prejšnjih letih in tako ocenili vpliv MS na tamkajšnjo kmetijsko pridelavo. V okrožjih Sukhum in Gulripshi je v letu 2016 odpadlo približno 13 do 87 % breskev, mandarin, kakijev in drugih plodov, v primerjavi z dolgoročnim povprečjem za te pridelke. Monitoring škodljivih členonožcev in glivičnih patogenov predlaga, da je znaten delež škode povzročila MS z aktivnim hranjenjem, in sicer približno 12 do 85 %. V okrožju Sukhum je bilo zabeleženih tudi nekaj primerov, kjer so se deloma ali v celoti posušili poganjki pomarančevca zaradi hranjenja MS (Musolin in sod., 2018).

3.5. Gospodarska škoda v Sloveniji

MS povzroča škodo v kmetijski pridelavi v Sloveniji že od leta 2017, ko je bila prvič odkrita na območju Goriškega. Danes je prisotna že po vsej državi in povzroča škodo predvsem na področju sadjarstva in vrtnarstva. Poškodbe se pojavljajo na vinskih trtah, hruškah, jabolkih in drugem sadju. Škoda je prisotna na plodovkah, kot so paradižnik, paprika, kumare in jajčevci. Stenica povzroča škodo na stročnicah, natančneje na fižolu. Poleg mnogih drugih pridelkov napada tudi poljščine, med drugim koruzo in sojo. Rastlinska pridelava v Sloveniji je zelo razširjena in zajema mnoge kmetijske panoge, kot so poljedelstvo, vrtnarstvo, sadjarstvo, vinogradništvo in vinarstvo, oljkarstvo in hmeljarstvo (KGZNG, 2024). Kmetijske površine najdemo v vseh predelih države, pri čemer največji delež pokrivajo travnine, sledijo njivske površine s poljščinami in vrtninami ter nato trajni nasadi s sadovnjaki, vinogradi, hmeljišči in oljčniki (Rastlinska pridelava, 2024).

Razgibano rastlinsko pridelavo na Primorskem omogoča dobra geografska lega in ugodni podnebni pogoji. Na Primorskem je v poletnem času sonce prisotno večino dneva, velika količina svetlobe in visoke temperature pa omogočajo dobro uspevanje kulturnih rastlin. Po drugi strani so zimske sezone izrazito kratke, mile in deževne. Na obalno-kraškem območju so v rastlinski pridelavi najbolj razvite panoge, kot so sadjarstvo, oljkarstvo, vinogradništvo in vinarstvo, poljedelstvo in zelenjadarstvo (KGZNG, 2024). Med najbolj razširjenimi sadnimi vrstami na Primorskem so češnje, breskve, nektarine, marelice, fige, slive, kaki in različne vrste agrumov. Dobro razvita je pridelava različnih sort grozdja oz. vinske trte, raznih poljščin in zelenjadnic, zdravih in aromatičnih rastlin itd. Majhen delež celotnega površja obredozemskega sveta prekrivajo gozdovi, v katerih prevladujejo drevesne vrste, kot so bukev, gaber, hrast in črni bor (Rastlinstvo Slovenije, 2024). Večina površja pa je travnatega in namenjenega gojenju kulturnih rastlin. Najbolj značilna gojena rastlinska vrsta sredozemskega sveta je oljka. Oljkarstvo ima v Sloveniji zelo dolgo tradicijo, pridelujejo se namreč različne sorte oljk, med katerimi so Štorta, Santa Caterina, Pendolino, Maurino, Mata, Istrska Belica, Istrska Črnica in mnoge druge (KGZNG, 2024). Pridelava oljk ima pri nas velik gospodarski pomen, kar pomeni, da bi napad MS na to rastlinsko vrsto lahko pomenil hudo gospodarsko škodo.

V letu 2023 je bila izvedena terenska raziskava (Devetak in sod., 2023) z namenom, da se ugotovi vpliv MS na povečano odpadanje plodov oljke. V začetku meseca julija so v oljčniku na Beneši nad Ankaranom zasnovali poskus s prisilnim hranjenjem stenic na plodovih oljke. To so pričeli izvajati v obdobju pred trdenjem koščice plodov. Na dva drevesa so namestili skupno 20 vrečk iz protiinsektne tkanine. Na vsako drevo je bilo nameščenih po 5 vrečk, v katerih so bile zavezane posamezne vejice s plodovi in po en osebek MS. Prav tako je na vsako drevo bilo nameščenih po 5 vrečk s plodovi oljk, vendar brez stenic. Preden so bile vejice vstavljene v vrečke, so bili prešteti plodovi. Uporabljene so bile stenice različnih razvojnih stadijev. Dodatno je bilo z vrvico označenih 10 vejic s petimi plodovi oljke, katere niso bile obdane z vrečkami. Plodovi teh vejic niso bili zaščiteni oz. so bili izpostavljeni stenicam. Po 2 tednih so prešteli ne-odpadle plodove v vrečkah z MS, v vrečkah brez MS in plodove prostih vejic, ki so bile le označene z vrvico. Rezultati so pokazali, da je v vrečkah, kjer je bila prisotna MS, odpadlo v povprečju 88 % plodov, medtem ko je v vrečkah brez stenic odpadlo v povprečju 38 % plodov oljke (Devetak in sod., 2023). Na prostih vejicah, označenih z vrvico, je delež odpadlih plodov znašal 34 %. Rezultati raziskave so pokazali, da je prisilno hranjenje MS prispevalo k povečanemu odpadanju plodov oljke (Devetak in sod., 2023).

Raziskani so bili tudi vplivi MS na kakovost izbranih vrst sadja in zelenjave v slovenski pridelavi (Zamljen in Slatnar, 2022). Naravni odziv rastlin na poškodbe MS je sinteza obrambnih snovi, med katere spadajo tudi fenolne snovi. Te fenolne snovi delujejo kot odvrčala, motijo razvoj škodljivca ali pa so zanj toksične. Najbolj pogoste obrambne molekule med fenolnimi snovmi so flavoni. Namen te raziskave je bil ugotoviti, kako MS vpliva na vsebnost primarnih in sekundarnih presnovkov pri različnih vrstah plodov. Leta 2020 so v okviru raziskave strokovnjaki izvedli poskuse na več lokacijah po Sloveniji (Zamljen in Slatnar, 2022). Izvedli so jih na štirih različnih pridelkih, kjer so analizirali biokemijski odziv poškodovanega tkiva jabolka, jagod, pekočih in nepekočih feferonov. Jabolka sorte Red Pinova so bila gojena v intenzivnem sadovnjaku, ki se nahaja v Biljah pri Novi Gorici. Jagode sorte Clery so bile gojene na grebenih v visokih tunelih. Prav tako so bili v visokih tunelih gojeni pekoči feferoni sorte Eris F1 in nepekoči feferoni sorte Lombardo Tago. V teh nasadih se je prehranjevala MS in povzročala poškodbe na plodovih. Poškodovani plodovi jablan so bili obrani v septembru, jagode v aprilu, pekoči in nepekoči feferoni pa v avgustu. Napad MS je pri jabolkih sprožil povečanje skupnih sladkorjev ter zmanjšal skupne organske kisline. Poškodbe so povzročile tudi močan odziv v vsebnosti skupnih fenolov, in sicer s 117 % povečanjem v primerjavi s kontrolno skupino. MS je imela negativen vpliv tudi na delež sladkorjev pri jagodah. Vsebnost sladkorjev se je zmanjšala za 22,6 %, skupne hidroksicimetne kisline so se povečale za 22,3 %, zabeleženo pa je bilo tudi 38,4 odstotno povečanje antocianinov, v primerjavi s kontrolno skupino. Pri feferonih so bile analizirane vsebnosti sladkorjev, organskih kislin, fenolnih snovi in kapsaicinoidov. Vsebnost kapsaicinoidov je bila za 95 % višja pri pekočih feferonih, ki jih je napadla MS. Pri nepekočih feferonih je bil zabeležen negativen vpliv na vsebnost sladkorjev v primerjavi s kontrolno skupino. Jabolka, jagode in nepekoči feferoni so se vsi odzvali s povečano sintezo fenolnih snovi v primerjavi s kontrolo. Na podlagi pridobljenih rezultatov je bilo ugotovljeno, da stenica pomembno vpliva na zmanjšanje vsebnosti skupnih sladkorjev pri vseh preučevanih vrstah plodov, razen pri jabolkih. Skupni analizirani fenoli so po napadu MS povečani pri vseh vrstah sadja in zelenjave. Skupne hidroksicimetne kisline so ob napadu stenice izrazito povečane pri jabolkih in jagodah. Vsebnost skupnih kapsaicinoidov pa se močno poveča pri pekočih in nepekočih feferonih (Zamljen in Slatnar, 2022).

Čeprav MS pri nas še ni povzročila tako obsežne gospodarske škode kot v ZDA leta 2010, pa vse dosedanje raziskave potrjujejo njen negativen vpliv na kmetijsko pridelavo. Ogrožene so pravzaprav vse gospodarsko pomembne rastlinske vrste v Sloveniji, MS se namreč prehranjuje s širokim izborom gostiteljev. Poškodbe, ki jih ta žuželka povzroča, so znatne in imajo velik pomen za kmetijsko pridelavo v Sloveniji. Pridelki so tržno neustrezni in neprimerni za prodajo ali pa so uvrščeni v kategorije pridelkov slabše kakovosti, kar pa pomeni, da imajo manjšo tržno vrednost in predstavljajo manjši dobiček.

4 METODE SPREMLJANJA IN ZATIRANJA

Integrirano varstvo rastlin (IVR) je celovit sistem, ki združuje različne pristope varstva rastlin in temelji na kombinaciji biotičnih, fizikalnih, biotehničnih in kemijskih načinov varstva, z namenom zmanjševanja tveganja za kmetijsko pridelavo, okolje in zdravje ljudi (Ishaaya in Horowitz, 2009). IVR je tesno povezano s področjem nadzora nad škodljivimi organizmi. Sistem IVR pred škodljivci temelji na detekciji, identifikaciji in natančni opredelitvi velikosti populacije škodljivcev ter prav tako tudi na oceni gospodarske škode, ki jo lahko povzročijo. V okviru obvladovanja kmetijskih škodljivcev uporabljamo razne metode detekcije, spremljanja in lovljenja z namenom, da pridobimo podatke o pojavnosti in številčnosti škodljivca. Pri spremljanju populacijske dinamike škodljivca so pomembni dejavniki pogostost oz. frekvenca pojavnosti, velikost populacije in stopnja širjenja po geografskem prostoru. Na podlagi pridobljenih podatkov se odločimo o ukrepih, s katerimi obvladujemo nastalo ali morebitno škodo, škodljivca pa zatiramo na različne načine.

Sprejeti ukrepi morajo biti v skladu s cilji trajnostno usmerjene pridelave kmetijskih rastlin, pri čemer imajo prednost nekemične in druge okolju prijazne metode varstva rastlin, pomembna pa je tudi ciljna in odgovorna raba FFS.

Na področju omejevanja populacije MS in preprečevanja škode, ki jo stenica povzroča v kmetijski pridelavi, nimamo na voljo veliko ukrepov, hkrati pa obstoječe rešitve niso povsem učinkovite. MS je precej robustni škodljivec, ki ga ni mogoče preprosto obvladovati s kemičnimi pripravki. Vrsta je zelo mobilna in ima dobre letalne sposobnosti, zato je obvladovanje njene aktivnosti v okolju precej zapleteno. Težavo predstavlja tudi dejstvo, da je stenica v okolju prisotna od cvetenja do zorenja plodov gostiteljskih rastlin, zato je obdobje, v katerem lahko povzroča škodo, izjemno dolgo.

Spremljanje pojavnosti MS je ključnega pomena za njeno zatiranje na območjih z visokim tveganjem in območjih, kjer škodljivec povzroča škodo. V praksi se uporabljajo različne detekcijske in lovilne metode, med katere spadajo pasti z raznimi vabami, otresanje rastlin, uporaba privabilnih posevkov ali mehanskih sesalnikov itd. Za detekcijo, spremljanje in načrtno spremljanje oz. monitoring MS se med drugimi uporablja metoda masovnega lovljenja (ang. mass trapping). Za metodo masovnega lovljenja je značilno, da z različnimi pastmi lovimo izbrane škodljive organizme z možnostjo ulova velikega števila osebkov. Na ta način zmanjšamo njihovo številčnost na ogroženi kmetijski rastlini in omejimo ali preprečimo škodo na rastlinah. Pri tej metodi se uporabljajo različne vrste pasti, na primer pasti, ki vsebujejo prehranske vabe, svetlobne pasti, barvne pasti z lepljivo površino ipd. V praksi se najbolj pogosto uporabljajo pasti s feromonskimi vabami. Poleg feromonov se v pasteh uporabljajo tudi para-feromoni oz. snovi, ki se po kemijski sestavi razlikujejo od feromonov, imajo pa enak učinek. Pasti za lovljenje škodljivih žuželk so torej fizične strukture za zadrževanje osebkov na mestu ulova, pri katerih se uporabljajo različni privabilni dejavniki (prehranske vabe, feromoni, svetloba ipd.).

4.1. Feromonske pasti

Feromonske pasti so eden od najučinkovitejših načinov spremljanja različnih vrst škodljivih žuželk. Feromonske pasti posnemajo naravne principe kemične komunikacije žuželk v naravnem okolju, z namenom, da se jih ulovi na nekem območju. Pasti sestavljajo kemične spojine, ki sprožijo odziv pri določenih žužkah in nanje delujejo privabljajno, skupaj z fizično strukturo, ki omogoča ulov osebkov in njihovo zadrževanje v napravi.

V praksi so se sprva uporabljale piramidalne pasti z agregacijskim feromonom MDT, ki ga proizvajajo stenice vrste *Plautia stali*. Ugotovljeno je bilo, da ta feromon vpliva na MS (Čokl in Borges, 2017). Nadaljnje študije pa so pokazale, da omenjeni feromon ne vpliva na gibanje MS spomladi in zgodaj poleti, kar pomeni, da je pri lovljenju stenic uporaben le pozno poleti in v jesenskem času (Laznik in Trdan, 2021). Dokazano je bilo tudi, da imata agregacijska feromona MS in *Plautia stali* sinergijski učinek. Pri skupnem delovanju privabljata tako nimfe kot tudi odrasle osebkke MS skozi celotno rastno dobo. To so potrdili tudi rezultati sorodnih raziskav, kjer so preučevali razmerja različnih vrst agregacijskih feromonov in njihov sinergijski učinek pri lovljenju stenic MS. Poznavanje agregacijskih feromonov MS, kot tudi njihove vloge pri medsebojnem privabljanju, predstavlja dobro osnovo za uporabo strategije "privabi in ubij" (ang. attract and kill). Pri tej metodi škodljivca z uporabo feromonov privabimo na določeno rastlinsko vrsto, nato pa ga zatiramo z drugimi metodami, med katerimi so FFS, biološka kontrola ter mehansko odstranjevanje s sesalniki.

Na trgu je na voljo mnogo različnih tipov feromonskih pasti raznih proizvajalcev, na primer TRÉCÉ - STKY Dual Panel Adhesive Trap, SERBIOS - Rescue-stink bug trap, AGBIO - Dead-Inn Pyramid trap, itd. Različni tipi pasti se ločijo po obliki in načinu postavitve, vendar pa je vsem skupno dvokomponentno privabilo, ki je sestavljeno iz agregacijskega feromona MS (murgantiola) in MDT. V Sloveniji MS spremljamo s feromonskimi pastmi TRÉCÉ, PHEROCON - STKY Dual Panel Adhesive Trap. Te feromonske pasti so pravokotne oblike in prozorne barve z lepljivo površino, ki jih s pomočjo nosilnih trakov obesimo v krošnjo drevesa ali na samostojen nosilec. Vzporedno z vabo namestimo privabilni pripravek, pri čemer moramo paziti, da se vaba in vabilo ne stikata in zlepi skupaj. Priporočljiva je namestitev vsaj dveh feromonskih pasti na vsako izmed opazovanih lokacij (KGZNG, 2024).



Slika 3: Feromonska past STKY™ Dual Panel Adhesive Trap za spremljanje prisotnosti marmorirane smrdljivke (Vir: KGZNG).

4.2. Protiinsektne mreže

Ljudje uporabljajo mreže za zaščito pred škodljivimi žuželkami že od konca 17. stoletja. Zaščitne mreže se uporabljajo v rastlinjakih in na drugih kmetijskih površinah z namenom, da zaščitimo rastline pred škodljivimi organizmi. Protiinsektne mreže predstavljajo enega izmed najučinkovitejših in okoljsko sprejemljivih načinov zatiranja MS. Pri tej metodi žuželki fizično onemogočimo dostop do nasadov ali posevkov ter tako preprečimo morebitno škodo. Zaščitne mreže se razlikujejo po fizikalnih značilnostih, predvsem po gostoti pletenja oz. velikosti okenc v mreži in imajo lahko več funkcij, zato jih imenujemo tudi multifunkcijske mreže. V pridelavi sadja se uporabljajo protitočne mreže za zaščito pred hujšimi vremenskimi pojavi kot je toča, nadgrajene s stranskimi mrežami, ki stenicom popolnoma preprečijo dostop do rastlin. Zamreženje nasadov je potrebno izvesti takoj po cvetenju sadnih dreves. Mreže za zaščito pred žuželkami vplivajo na spremembe svetlobnih in mikroklimatskih pogojev v nasadih, predvsem na temperaturo in relativno zračno vlažnost, kar pogojuje rast, rodnost in kakovost pridelanega sadja. Gostota pletenja oz. velikost okenc v mreži in barva mreže vplivata na prepustnost zraka in svetlobe. Bele mreže namreč prepuščajo več svetlobe v primerjavi s črnimi mrežami (Trdan in sod., 2024).

Zaščitne mreže se razlikujejo tudi po tem, kako jih namestimo v kmetijske nasade. Tako ločimo dva glavna sistema protiinsektnih mrež, in sicer enovrstni in bločni sistem. Pri enovrstnem sistemu zaščitimo vsako gojeno vrsto posebej, primeren je za ozke gojene oblike in srednje visoka drevesa. Enovrstni sistem je najbolj zanesljiva metoda za preprečevanje napada MS. V primerjavi z bločnim sistemom omogoča skoraj popolno tesnjenje. Sprva so ga uporabljali za zaščito gojenih vrst pred napadom jabolčnega zavijača v ekološki pridelavi jabolk. Bločni sistem omogoča zaščito več gojenih vrst hkrati. Je najbolj razširjen način uporabe zaščitnih mrež v trajnih nasadih, predvsem ravninskih območjih. V večini primerov gre zgolj za nadgradnjo obstoječih protitočnih mrež s stranskimi mrežami. Stroški izgradnje bločnega sistema so zato nekoliko nižji, manjša pa je tudi učinkovitost sistema zaradi slabega tesnjenja (Trdan in sod., 2024).

Novost pri tem pristopu predstavljajo insekticidne mreže. Zaščitne mreže so prepojene z določenim insekticidnim pripravkom in nato nameščene na rastline. Uporaba insekticida na protiinsektni mreži poveča učinkovitost zatiranja škodljivca oz. omejitve škode, ki jo ta povzroča na kmetijskih rastlinah. Leta 2017 so raziskovalci poročali o 80 % smrtnosti odraslih osebkov MS, ki so bili v stiku z insekticidno mrežo, katera je bila tretirana z aktivno snovjo deltametrinom (Laznik in Trdan, 2021). V Italiji je bila izvedena laboratorijska raziskava, kjer so ugotovili veliko učinkovitost insekticidne mreže pri zatiranju MS, prepojene z aktivno snovjo alfa-cipermetrin. Potrdili so več kot 70 % smrtnost odraslih osebkov MS, ki so prišli v stik z insekticidno mrežo. Poleg tega so izvedli tudi terensko raziskavo v nasadu breskev. Tam so preučevali učinkovitost insekticidne mreže, prepojene z alfa-cipermetrinom in deltametrinom. Mrežo so dodatno prepojili še z atraktantom, ki je mešanica murgantiola in MDT. Ta način predstavlja strategijo, imenovano "privabi in ubij". Ugotovljena je bila velika umrljivost vseh razvojnih stadijev MS in posledično tudi znatno zmanjšanje škode na rastlinah (Sabbatini Peverieri in sod., 2018).

Italijanski raziskovalci so preučevali vpliv zaščitnih mrež (brez dodatka insekticida) na obseg škode, ki jo povzroči MS (Candian in sod., 2018). Rezultati raziskave so pokazali 45 % zmanjšanje škode v breskovih nasadih v primerjavi z netretiranimi nasadi. Prav tako je bilo zabeleženo 20 % zmanjšanje škode v nasadih jabolk, zaščitnih z mrežami brez insekticida, v primerjavi z nasadi, v katerih je bil uporabljen insekticid na podlagi aktivne snovi deltametrin (Candian in sod., 2018).

4.3. Privabilni posevki

Metoda privabilnih posevkov se običajno uporablja takrat, ko za zatiranje škodljivca ni registriranega ustreznega FFS, ko je FFS predrago ali v primeru, ko pridelek ni odporen na napad škodljivega organizma. Pri metodi privabilnih posevkov se izkorišča dovzetnost rastlin za škodljive organizme. Privabilne rastline so tiste, ki so za določene škodljivce privlačne oz. nanje delujejo privabljajno. Privabilne rastline posadimo med pomembne kmetijske rastline z namenom, da bi na dovzetne rastline privabili škodljivce in zmanjšali njihovo številčnost na glavnem pridelku. Pri tem ima pomembno vlogo fenofaza (razvojna faza) rastlinskega posevka. Z ustrezno prilagoditvijo sestave privabilnih posevkov glede na razvojno fazo izbranih privabilnih rastlin, lahko tako povečamo prisotnost škodljivega organizma na teh posevkih. Privlačnost privabilnih posevkov za škodljivca lahko povečamo tudi z razširitvijo izbire privabilnih rastlin in razporeditvijo setve skozi daljše časovno obdobje. K povečanju privlačnosti privabilnih posevkov pripomore tudi uporaba dodatnih kemično-bioloških snovi, na primer žuželčjih feromonov. Ta metoda ima številne prednosti, med katerimi je možnost sočasnega gojenja več različnih vrst privabilnih posevkov na območju, kjer pridelujemo pomembne kmetijske rastline. Poleg tega uporaba privabilnih posevkov pomeni boljše okoljske in ekonomske koristi za pridelovalce. Manjša uporaba FFS namreč pripomore k boljšemu trženju pridelka, spodbuja trajnostno kmetovanje in prispeva k bolj čistemu okolju. Prav tako so privabilni posevki boljša izbira, v primeru ko so stroški FFS visoki in si jih pridelovalci težko privoščijo. V razvitih državah je ta metoda koristna v ekološkem kmetovanju, kjer je uporaba sintetičnih FFS prepovedana (Trdan in sod., 2024).

MS zelo pogosto napada posevke soje in koruze, opazimo jo predvsem na sončnicah, pa tudi na pšenici, sireku ter drugih poljščinah. Te rastline, glede na ugotovitve mnogih raziskav, predstavljajo potencialne posevke za privabljanje MS. Leta 2015 so bili raziskani učinki privabilnega posevka sončnice v pridelavi paprike. Raziskovalci so ugotovili, da je bil ulov MS na sončnicah precej večji v primerjavi s papriko. Vendar pa na privabilnem posevku škodljivca niso zatirali, zato tudi ni bilo zabeleženega zmanjšanja poškodb na papriki. Zaradi dobre mobilnosti MS je bilo ocenjeno, da so se osebk iz sončnic pozneje vrnili na rastlino paprike in na plodovih povzročali poškodbe (Soergel in sod., 2015). Podobni rezultati so bili zabeleženi pri raziskavi v letu 2017, kjer so raziskovalci preučevali vpliv mešanih privabilnih posevkov na škodo, ki jo povzroča MS. Pri tem so uporabili dva privabilna posevka, in sicer sončnico in navadni sirek. Ulov stenice je bil 4-krat večji kot na glavnem pridelku, vendar zmanjšanje poškodb na plodovih kljub temu ni bilo zaznано. Prav tako je bila opravljena sorodna raziskava v letu 2016, kjer so preučevali različne rastlinske vrste kot potencialne privabilne posevke, med katerimi so bili poleg sončnice še navadni sirek, biserna prosa, jedilni oslez in njivski grah (Laznik in Trdan, 2021). Ulov MS je bil na navadnem sirku več kot 4-krat večji v primerjavi z ostalimi privabilnimi posevki. V nadaljevanju so preizkusili različne metode zatiranja te stenice na privabilnih posevkih. Uporabili so kemično zatiranje, mehansko zatiranje s sesalnikom in metodo ožiganja rastlin, katera se je izkazala za najbolj učinkovito. Dosedanje raziskave kažejo, da samostojna uporaba privabilnih posevkov ni učinkovit ukrep za zmanjšanje škode, ki jo MS povzroča na glavnih pridelkih, temveč je to metodo potrebno uporabljati v kombinaciji z drugimi metodami zatiranja.

4.4. Kemična kontrola

Kemična kontrola vključuje rabo FFS za zatiranje škodljivih organizmov. FFS so lahko naravne snovi, ki jih pridobimo iz rastlin, ali pa so sintetično pripravljene pripravki. Uporabljamo jih predvsem za zatiranje plevelov, gliv in škodljivih vrst žuželk, med katere spada tudi MS. Kemične pripravke, s katerimi zatiramo MS, lahko razdelimo v tri skupine. V prvo skupino sodijo pripravki, ki so uradno registrirani za zatiranje MS na posameznih rastlinskih vrstah. V drugo skupino lahko uvrstimo pripravke, ki so sicer registrirani za posamezne gojene rastline in izkazujejo določeno učinkovitost tudi pri zatiranju MS. Ti kemični pripravki imajo dovoljenje za zatiranje drugih škodljivcev in jih uporabljamo v obdobju, ko imajo učinek tudi na stenice MS. Uporaba teh pripravkov se poskuša prilagoditi tako, da z njimi zatremo MS skupaj z drugimi škodljivci. V tretjo skupino spadajo razne snovi, kot so dodatki škroplnim brozgam, močila, olja, minerali glin, listna gnojila in podobno. Pripravke iz tretje skupine lahko uporabljamo samostojno ali pa jih dodajamo pripravkom prve in druge skupine (Trdan in sod., 2024).

Za zatiranje MS v Sloveniji imamo registriranih več FFS, med katerimi so sredstva Asset Five, Decis 100 EC, Karate Zeon 5 CS, itd. Sredstva se med seboj razlikujejo po aktivnih snoveh, ki jih vsebujejo. Med FFS za zatiranje MS se nekoliko pogosteje pojavlja aktivna snov, imenovana deltametrin, ki spada v skupino piretroidov. V preglednici 1 so prikazane aktivne snovi in pripravki, ki so dovoljeni za uporabo pri zatiranju MS v Sloveniji.

Preglednica 1: V Sloveniji registrirana FFS za zatiranje marmorirane smrdljivke (Vir: GOV).

Ime proizvoda	Proizvajalec	Formulacija	Aktivna snov	Delež (%)
Asset Five	COPYR S.p.a.	koncentrat za emulzijo (EC)	piretrin	4,65
Decis 100 EC	Bayer AG, Leverkusen	koncentrat za emulzijo (EC)	deltametrin	10,00
Decis 2,5 EC	Bayer AG, Leverkusen	koncentrat za emulzijo (EC)	deltametrin	2,50
Karate Zeon 5 CS	Syngenta Crop Protection AG	kapsulirana suspenzija (CS)	lambda-cihalotrin	5,00
Mospilan 20 SG	NISSO Chemical Europe GmbH	vodotopna zrnca, vodotopni kristali (SG)	acetamiprid	20,00
ProFume Insecticide	Douglas Products & Packaging Co LLC	plin (GA)	sulfuril fluorid	99,80

Kemično zatiranje MS je vezano na pragove škodljivosti, kar pomeni, da je uporaba FFS omejena in mora biti strogo nadzorovana. Število razpoložljivih FFS za zatiranje žuželk se zmanjšuje z umikanjem aktivnih snovi insekticidnih pripravkov iz trga, in sicer zaradi njihove visoke toksičnosti za okolje in zdravje ljudi. Večina aktivnih snovi v insekticidnih pripravkih ima tudi slab rezidualni učinek, zato je škropljenje potrebno izvajati pogosto. Kemično obvladovanje vrste negativno vpliva na agroekosistem, obremenjuje okolje in je lahko v primeru nestrokovne rabe neskladno z vzpostavljenim sistemom integriranega varstva rastlin. Težavo predstavlja tudi učinek škropljenj na druge neciljne oz. koristne organizme, ki imajo običajno pomembno vlogo pri obvladovanju številčnosti škodljivcev v okolju. Zatiranje MS s FFS je oteženo zaradi njenega širokega izbora gostiteljskih rastlin in dobrih letalnih sposobnosti. Stenice zaznajo dražljaje pri škropljenju z insekticidi in se lahko tako pravočasno izognejo škroplnemu sredstvu. Prav tako je vrsta dobro prilagodljiva in razvija čedalje boljšo odpornost na uporabljeno FFS. FFS zato niso povsem učinkovita metoda za zatiranje MS.

V letu 2013 je bil pripravljen pregled literature, vezane na učinkovitost različnih vrst insekticidov, ki se uporabljajo za zatiranje MS v Aziji (Laznik in Trdan, 2021). Ugotovljeno je bilo, da so nekateri insekticidi zelo učinkoviti pri kontaktnem zatiranju stenice. Ti insekticidi spadajo v različne skupine, kot so klorirani ogljikovodiki, organski fosforjevi estri, karbamati, piretroidi in neonikotinoidi. Večina teh insekticidnih pripravkov žal ni registriranih v ZDA in Evropi oz. so nekatere aktivne snovi celo zakonsko prepovedane na trgu. V ZDA so med letoma 2008 in 2017, številni raziskovalci preučevali učinkovitosti različnih vrst insekticidov pri zatiranju MS (Laznik in Trdan, 2021). V eni od laboratorijskih raziskav so leta 2008 potrdili visoko toksičnost piretroidov, kot so bifentrin, beta-ciflutrin, lambda cihalotrin, ciflutrin in fenpropatrin. Zadovoljivo učinkovitost pri zatiranju tega škodljivca so pokazali tudi nekateri neonikotinoidi, natančneje dinotofuran in tiametoksam. Leta 2008 je bila sprva ugotovljena večja učinkovitost insekticidnih pripravkov pri zatiranju ličink kot odraslih osebkov MS, nato pa so v sorodni raziskavi leta 2012 natančneje potrdili učinkovitost uporabe raznih aktivnih snovi. Leta 2011 so drugi raziskovalci potrdili visoko učinkovitost nekaterih aktivnih snovi, natančneje bifentrina, metomila, endosulfana in večine neonikotinoidov, pri zatiranju vseh razvojnih faz MS. V okviru druge laboratorijske raziskave je bila potrjena tudi učinkovitost acefata, oksamila, zeta-cipermetrina, fenpropatrina, lambda-cihalotrin in acetamiprida pri zatiranju ličink tega škodljivca. Raziskovalci so leta 2013 poročali o 100 % učinkovitosti metomila, acefata, klorpirifosa, dimetoata, malationa, metidationa, bifentrina, fenpropatrina, permetrina, dinotefurana in endosulfana pri zatiranju odraslih osebkov stenice (Laznik in Trdan, 2021). Ker se MS premika na dolge razdalje in med različnimi rastlinskimi vrstami, je ključnega pomena, da pride v stik z letalno dozo aktivne snovi na določeni rastlini. Le tako lahko dosežemo zadovoljivo učinkovitost izbranih insekticidov pri zatiranju stenice. Rezultati vseh laboratorijskih poskusov dajejo dobro osnovo za izvedbo terenskih raziskav. Prav tako so leta 2014 raziskovalci ugotovili, da sveži nanos insekticida na rastlino deluje veliko bolj letalno kot nekaj dni star insekticidni ostanek na rastlini. To so potrdili tudi pri preučevanju dveh aktivnih snovi, fenpropatrina in dinotefurana. Obe aktivni snovi sta pokazali visoko učinkovitost, če je MS prišla v stik z aktivno snovjo takoj po nanosu na rastlino. Ob stiku z aktivno snovjo, 24 ur po nanosu na rastlino, je bil njen učinek na žuželko zanemarljiv. V raziskavi, izvedeni leta 2014, so zabeležili odvrčalni učinek insekticidnih ostankov na MS, vendar pa ti niso povzročili njene smrtnosti. V sorodni raziskavi v letu 2014 je bil potrjen pomen takojšnjega stika MS z aktivnimi snovmi insekticidnega pripravka, in sicer za karbaril, acetamiprid in permetrin. 48 ur po nanosu insekticida na rastlino so ostanki permetrina in kabarila vplivali na več kot 80 % smrtnost ličink MS, ostanki acetamiprida pa niso imeli učinka na smrtnost žuželke (Laznik in Trdan, 2021).

4.5. Eterična olja

Rastlinska eterična olja predstavljajo alternativo pri zatiranju škodljivih žuželk v kmetijski pridelavi. Eterična olja so vir aktivnih in močnih presnovkov, ki lahko vplivajo na vedenjske in druge fiziološke lastnosti žuželk. Med prednosti eteričnih olj spadata tudi njihova kratka obstojnost v okolju in nizka toksičnost za sesalce. Eterična olja so kot arome in dišave na trgu na voljo v velikih količinah in po ugodnih cenah. Dosedanje raziskave (Laznik in Trdan, 2021) so pokazale njihovo delovanje kot repelenti pri različnih skupinah žuželk. Leta 2014 so raziskovalci preučevali vpliv različnih eteričnih olj na stenice MS. Pri poskusih so uporabili različna eterična olja, in sicer nageljново žbico, limonino travo in poprovo meto. Ugotovili so, da vsako izmed preizkušenih eteričnih olj odvrča ličinke in odrasle osebkke MS (Laznik in Trdan, 2021). Kitajski raziskovalci so opravili kemijsko analizo eteričnih olj in pri tem določili več kot 20 aktivnih snovi, med katerimi so evgenol, karvon, menton, pulegon, metil salicilat, trans/cis-citral, metil benzoat in β -kariofilen. Vse od navedenih snovi so zmanjšale ulov MS v lovilnih posodah za 72 do 99 %, v primerjavi z uporabo feromonskega atraktanta MDT (Laznik in Trdan, 2021). Odvrčala oz. repelenti imajo torej velik učinek na MS. Kombinirana uporaba atraktantov in repelentov, razporejenih po kmetijskih in urbanih zemljiščih, predstavlja strategijo za zatiranje MS, imenovano "odvrni in ubij" (ang. push and pull).

4.6. Biološka kontrola

Biološka kontrola, imenovana tudi biotično varstvo, predstavlja dodatno strategijo za zatiranje MS brez uporabe FFS, obenem pa je lahko tudi učinkovita alternativa kemičnemu zatiranju. Biološko zatiranje MS je še v postopku ugotavljanja ustreznih agensov, ki bi lahko bili v prihodnosti uporabljeni v programih biotičnega varstva rastlin. Znale kot najbolj učinkovit naravni sovražnik MS so parazitske osice, ki spadajo v red kožekrilcev (Hymenoptera). Parazitske osice odlagajo svoja jajčeca v jajčeca MS in povzročajo njihov propad. Samice parazitoidnih osic se hranijo na jajčecih MS in obenem v njih odlagajo svoja jajčeca. Iz parazitoidnih jajčec se razvijejo ličinke, ki uničijo jajčeca gostitelja. V Aziji je najbolj učinkovit zajedalec MS parazitoidna osica vrste *Trissolcus japonicus*. V Severni Ameriki in Evropi je bilo ugotovljenih več različnih rodov jajčnih parazitoidov, ki predstavljajo potencialne naravne sovražnike MS. Med njimi so vrste iz rodov *Telenomus*, *Trissolcus* in *Gryon*, ki pripadajo družini Scelionidae (Laznik in Trdan, 2021). *Anastatus* predstavlja velik rod parazitskih os iz družine Eupelmidae. Izpostavljen je bil tudi rod *Ooencyrtus*, ki pripada družini Encyrtidae. Osice iz rodov *Telenomus* in *Trissolcus* so znane kot specializirani jajčni parazitoidi ščitastih stenice, medtem ko so osice iz rodov *Anastatus* in *Ooencyrtus* generalisti in se hranijo z žuželkami različnih družin. V Evropi se izvajajo raziskave z namenom preizkušanja učinkovitosti domorodnih naravnih sovražnikov MS. Najbolj obetavna sta jajčna parazitoida *Ooencyrtus telenomicida* in *Anastatus bifasciatus*. Vrsta *Ooencyrtus telenomicida* je učinkovitost pokazala v laboratorijskih poskusih, v terenskih poskusih pa je bilo njeno delovanje omejeno. Vrsta *Anastatus bifasciatus* pa je v laboratorijskih poskusih pokazala manjšo učinkovitost pri zajedavstvu MS v primerjavi z vrsto *Ooencyrtus telenomicida*, vendar pa zaradi svojih bioloških značilnosti ostaja še vedno najprimernejša izbira za biotično varstvo te stenice. Raziskave, opravljene v državi Švici, so potrdile zastopanost raznih vrst parazitoidnih osic, med katerimi so vrste *Anastatus bifasciatus*, *Trissolcus cultratus* (Mayr), *Trissolcus semistriatus* (Nees), *Trissolcus scutellaris* (Thomson) in *Telenomus chloropus* (Thomson) (Haye in sod., 2015). V italijanski deželi Emilija-Romanja so spremljali zastopanost domorodnih jajčnih parazitoidov v obdobju treh let. Rezultati so potrdili zastopanost vrste *Anastatus bifasciatus*, pri kateri je stopnja parazitizma znašala 1 do 3 % (Costi in sod., 2018). Vrsta *Anastatus bifasciatus* se razvija in razmnožuje v temperaturnem območju med 15 in 32 °C ter letno razvije do tri rodove v obdobju od junija do oktobra, kar se ujema z obdobjem ovipozicije pri MS. Na podlagi rezultatov začetnih raziskav, nameravajo raziskovalci Univerze v Modeni in Mednarodnega centra za kmetijstvo in bioznanost (CABI), ki deluje v Švici, razviti protokole za masovno gojenje parazitoida *Anastatus bifasciatus*, kar bo predstavljalo podlago za morebitno tržno rabo (Laznik in Trdan, 2021).

Eno od možnih alternativ pri zatiranju MS predstavlja tudi uporaba entomopatogenih gliv in ogorčic. V laboratorijskih poskusih so preučevali učinkovitost različnih sevov entomopatogenih gliv vrst *Beauveria bassiana* in *Metarhizium anisopliae* pri zatiranju odraslih osebkov MS. Vsi sevi vrste *Beauveria bassiana* so pokazali bolj učinkovito delovanje od vrste *Metarhizium anisopliae*. Pri sevih vrste *Beauveria bassiana* je bila dosežena 85 do 100 % smrtnost odraslih osebkov MS. Leta 2020 je bila izvedena laboratorijska raziskava, kjer so preučevali učinkovitost različnih vrst entomopatogenih ogorčic, in sicer vrst *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar), *Steinernema borjomiense* in *Steinernema apuliae*. Ogorčica vrste *Heterorhabditis bacteriophora* je pokazala učinkovitost pri zatiranju MS, pri čemer je smrtnost odraslih osebkov znašala okoli 80 % (Laznik in Trdan, 2021).

4.7. Vibracijsko-komunikacijski signali

Uspešnost populacije rastlinskih stenic v okolju je odvisna od učinkovite komunikacije. Rastlinske stenice proizvajajo vibracijske signale, ki se prenašajo preko zraka in substrata, s tresenjem zadka, tresenjem celega telesa oz. tremulacijo, tresenjem s krili oz. brenčanjem in z udarjanjem z nogami ali zadkom po podlagi (Čokl in Borges, 2017). Do sedaj identificirani in opisani vibracijski signali rastlinskih stenic, vključujejo preko 35 vrst, med katerimi je tudi MS (Čokl, Žunič-Kosi in Laumann, 2019).

Vibracijski signali so opisani kot neprekinjeno zaporedje signalov z jasnim začetkom in koncem. Poimenovani so glede na njihov vedenjski kontekst, na primer pozivni napevi, napevi dvorjenja, rivalni napevi in kopulacijski napevi. Parametri napeva so opisani s frekvenčnimi in časovnimi značilnostmi sestavnih signalov, opredeljenih kot posamezni pulzi in daljše pulzne sekvence. Pulzi so definirani kot enotne homogene vibracije, pulzne sekvence pa kot časovno ločene skupine pulzov. Frekvenčne značilnosti so opisane s prevladujočo frekvenco, spektralno širino in frekvenčno modulacijo (FM). Časovne značilnosti signala so izražene s časom trajanja pulza ali sekvence in časom ponavljanja. Amplituda je običajno izražena z enoto hitrosti (m/s ali mm/s). Napevi rastlinskih stenic se bistveno razlikujejo glede na različne časovne značilnosti kombiniranih pulzov in sekvenc. Nedavno so bili preučevani parametri časa trajanja in časa ponavljanja pozivnih napevov, napevov dvorjenja in rivalnih napevov pri poddružinah Pentatominae in Asopinae, z na novo opisanim repertoarjem signalov pri MS (Čokl, Žunič-Kosi in Laumann, 2019).

Pri večini vrst stenic prisotnost samca sproži samičino oddajanje vibracij v obliki pozivnega napeva. Prevladujoča frekvenca samičinega pozivnega napeva, ki se nahaja med 70 in 180 Hz, zagotavlja informacije o identiteti vrste in usmerja gibanje iskalnega samca na rastlini (Čokl in sod., 2019). Samci običajno pričnejo oddajati pozivni napev kot odziv na samičin pozivni napev med njenim iskanjem partnerja. Vendar pa je bil pri nekaterih vrstah opažen začetek oddajanja signalov s strani samca, ki je pričel spontano oddajati pozivni napev in tako sprožil odziv pri samiči. Dosedanje raziskave pozivnih napevov rastlinskih stenic kažejo veliko skupnih značilnosti skupine. Pozivni fazi sledi emisija napeva dvorjenja, njen končni vzorec pa se razvije skozi različne prehodne oblike. V času parjenja je faza dvorjenja krajša v primerjavi z dolgo trajajočo pozivno fazo. Signali napeva dvorjenja so bolj kompleksni v primerjavi s signali pozivnega napeva, njihova vrstna specifičnost temelji na mnogih kombinacijah pulzov in sekvenc, ki se med seboj razlikujejo v trajanju in času ponavljanja. Napev dvorjenja se pri samcih vrste *Nezara viridula* razvije s povečevanjem stopnje ponavljanja pulza pozivnega napeva in se nadaljuje do oddajanje pulzne sekvence pozivnega napeva. Pulzne sekvence samičevega pozivnega napeva preidejo v oddajanje napeva dvorjenja in kasneje v sekvenco napeva dvorjenja s hitro ponavljajočimi se pulzi. Samčevo oddajanje sekvence napeva dvorjenja, skupaj z vizualnimi, kemičnimi in mehansko-kontaktnimi signali, pri samiči sproži emisijo napeva dvorjenja. Samičin napev dvorjenja, opisan pri 15 vrstah rastlinskih stenic, traja le kratek čas. Samičina sekvenca napeva dvorjenja običajno sestoji iz kratkih in dolgih posameznih pulzov. Napevi dvorjenja pripomorejo h končni prepoznavi partnerja in skupnem motiviranju za napredovanje do kopulacije (Čokl in Borges, 2017).

Čokl s sod. ugotavlja (Čokl, Žunič-Kosi in Laumann, 2019), da lahko v neuravnoteženih spolnih razmerah v okolju pride do tekmovanja samcev in samic za dostop do kopulacije. Medsebojna privlačnost stenic združuje različno število samcev in samic iste vrste ali različnih vrst na rastlini, kar ustvarja družbene konflikte, izražene v obliki rivalstva. Pozivni napev samice sproži rivalstvo pri samcih, oddajanje samčevega feromona pa povzroči rivalstvo samic v pozivni fazi paritvenega vedenja na rastlini. Do rivalstva lahko pride med pozivno fazo ali fazo dvorjenja, značilno pa je rivalstvo dveh osebkov z izmenjavo pulzov rivalnega napeva, ki se razvijajo iz samčevega pozivnega napeva ali napeva dvorjenja. Rivalstvo samic se precej razlikuje od rivalstva samcev, saj poteka na različnih ravneh s signali z različnimi časovnimi in frekvenčnimi značilnostmi, kateri se med rivalstvom aktivno spreminjajo. Samice med rivalstvom oddajajo tri tipe rivalnih napevov (Dias in sod., 2021).

Pri komunikaciji med stenici lahko pride do motenj, ki jih povzroča abiotski ali biotski hrup. Komunikacija pri rastlinskih stenicih poteka skozi ozko frekvenčno okno z zmanjšano občutljivostjo na nizkofrekvenčne vibracije, kot jih povzročajo vodne kapljice ali veter. Okoljski pojavi, kot sta zmeren dež in veter, predstavljajo abiotski hrup, ki ima omejujoč vpliv na procese prepoznavanja in parjenja med rastlinskimi stenici. Biotski hrup povzročajo signali drugih prisotnih stenic, znotraj značilnega spektralnega območja skupine, ki se prekrivajo s pozivnimi napevi ali napevi dvorjenja in tako zmanjšujejo prepoznavanje signalov, specifičnih za vrsto. Dokazano je bilo, da žuželke, ki se odzivajo na specifične signale drugih vrst, prekinejo reproduktivno vedenje v zgodnji fazi. Slednje kaže na to, da pri obeh vrstah pride do izolacije med pozivno fazo. Drugi raziskovalci so pri vrsti *Nezara viridula* dokazali, da sočasno oddajanje konspicij in hetero specifičnih vibracijskih signalov vodi do zmanjšane odzivnosti samcev na signale samic. Rastlinske stenice se raznim motnjam in prekrivanju signalov izognejo tako, da spremenijo časovne in frekvenčne značilnosti lastnih signalov (Čokl, Žunič-Kosi in Laumann, 2019).

Uporaba vibracijsko-komunikacijskih signalov ustvarja dobro priložnost za samostojno ali kombinirano obvladovanje škodljivih vrst, kot je MS. Za monitoring žuželk se lahko uporabljajo različne naprave za potrditev prisotnosti žuželk ali pa za predavanje posnetih signalov z namenom, da se pritegne žuželke na določena mesta in se jih tam ulovi. Vibracijske signale je mogoče posneti z uporabo različnih senzorjev, kot so kondenzatorski mikrofoni, geofoni, tahometri, stetoskopi, magnetne kasete, piezoelektrični pretvorniki, laserski vibrometri itd. (Laumann in sod., 2017). V večini primerov so tehnike spremljanja škodljivcev povezane z detekcijo, vendar so bili zabeleženi nekateri primeri uporabe pri ocenjevanju številčnosti populacije in prostorske razporejenosti. Drugi način uporabe vibracijskih signalov za spremljanje populacij žuželk je njihova vgraditev v naprave, na primer pasti za lovljenje škodljivcev. V literaturi obstaja veliko primerov, ki opisujejo spremljanje in privabljanje žuželk v pasti z uporabo zvočnih akustičnih signalov. Med drugimi predstavlja takšen primer kontrola komarjev z zvočnimi pastmi (Stone in sod., 2013).

Leta 2021 je bila objavljena raziskava, v kateri so preučevali zaviralne učinke rivalnih signalov pri treh vrstah rastlinskih stenic (Dias in sod., 2021). Cilj tega dela je bil raziskati učinke predvajanih rivalnih signalov samic na paritveno vedenje in kopulacijo samcev in samic enake vrste, da bi ugotovili njihov potencial pri motenju parjenja stenic. Poskusi so bili izvedeni v zvočno izoliranem prostoru. Prej posneti rivalni signali samic vsake vrste, so bili predvajani na rastlinah fižola, kjer so se nahajali samci in samice rastlinskih stenic vrst *Euschistus heros*, *Chinavia ubica* in *Chinavia impicticornis*. Signali so bili predvajani z uporabo posebne naprave za oddajanje vibracij, ki se je dotikala rastline in preko nje oddajala vibracije. Konspicijna samica in samec sta bila postavljena na nasprotni liste na rastlino fižola, ki je bila stimulirana z vibracijami (tretiranje) in na kontrolno rastlino brez vibracij. Žuželke so opazovali 20 minut, spremljali njihovo vedenje in beležili signale, oddane v tem času. Rivalni signali so pokazali moteč učinek na paritveno vedenje pri vsaki izmed treh raziskanih vrst. Ta učinek je bil bolj jasno viden pri vrstah *Euschistus heros* in *Chinavia ubica* kot pri *Chinavia impicticornis*. Pri vrstah *Euschistus heros* in *Chinavia ubica* je bilo opaženo zmanjšanje tvorbe parov in

kopulacije, ko so bile stenice postavljene na tretirane rastline. Ta učinek je povezan z zmanjšanjem specifičnih emisij pozivnih napevov ali napevov dvorjenja, kar vpliva na oblikovanje para in nadaljnji potek parjenja. Pri teh dveh vrstah so rivalni signali samic, predvajani kot hrup v ozadju, namreč prekinili izmenjavo signalov in utišali par. Verjetnost kopulacije parov, ki so se nahajali na kontrolnih rastlinah brez vibracij, je bila 29,41-krat večja pri vrsti *Euschistus heros* in 4,6-krat večja pri vrsti *Chinavia ubica*. Pri vrstah *Euschistus heros* in *Chinavia ubica* je bilo ugotovljeno, da predvajani rivalni signali niso bistveno vplivali na delež signalizacije med stenicami, zakasnitev oz. latenco ali odzivni čas pri vrstah *Euschistus heros* in *Chinavia ubica*, vendar pa se je pri obeh vrstah znatno zmanjšalo število parov, ki so dosegli kopulacijo. Znatno zmanjšanje deleža parov, ki izmenjujejo signale, je bilo opaženo le pri vrsti *Chinavia impicticornis*. Stenice te vrste so v prisotnosti predvajanih signalov spremenile časovne in spektralne značilnosti lastnih signalov, tako da so se izognile motnjam hrupa v ozadju. Predvajanje rivalnih signalov v ozadju je kljub temu nekoliko vplivalo na zmanjšanje deleža parov, ki dosežejo fazo kopulacije in dejanske oploditve. Pri vrsti *Chinavia impicticornis* se je verjetnost kopulacije parov, ki se nahajajo na kontrolnih rastlinah brez rivalnih signalov, povečala za 1,71-krat (Dias in sod., 2021).

Motenje parjenja žuželk z vibracijskimi signali kaže velik potencial za uporabo pri metodah nadzora nad škodljivimi stenicami, med katere spada MS. Strategije zatiranja škodljivcev, ki temeljijo na vedenjski manipulaciji, bi lahko pripomogle k razvoju bioracionalnih metod zatiranja rastlinskih stenec. Uporaba vibracijskih signalov pri spremljanju in obvladovanju populacij rastlinskih stenec je še dokaj neraziskana, na tem področju je potrebnih več študij. Nadaljnja dela se morajo osredotočiti na učinke rivalnih signalov samic, uporabljenih v dolgotrajnih poskusih, na motenje komunikacije in razmnoževanja rastlinskih stenec, pa tudi na njihove interakcije s kemičnimi signali (Dias in sod., 2021).

5 REZULTATI IN RAZPRAVA

MS je bila v Sloveniji prvič odkrita leta 2017, danes je prisotna že na vseh območjih države. Po podatkih, pridobljenih iz intervjujev, je na območju osrednje Slovenije oz. Gorenjske prisotna že od leta 2018. Vrsta je zato najbolj številčna v izrazito urbanih območjih in večjih mestih, kjer ima na voljo velik nabor gostiteljskih rastlin in dobre možnosti za prezimovanje. To so v intervjujih potrdili tudi vsi sodelujoči strokovnjaki. Pri tem smo ugotovili, da je na območju Osrednje Slovenije in Gorenjske redno prisotna, pri čemer je najbolj številčna v Ljubljani. Izvedeli smo tudi, da je na območju Ljubljane nekoliko manj številčna v primerjavi z zahodno Slovenijo. Na zahodu države, na območju Goriške in Obalno-Kraške regije je stenica redno prisotna in zelo številčna, medtem ko se na Štajerskem oz. na območju Maribora zaenkrat pojavlja nekoliko redkeje in v manj številčnih populacijah. MS je prisotna tudi v Pomurju, natančneje na območju Murske Sobote, kjer je manj številčna kot na Štajerskem, Goriškem ali v Obalno-Kraški regiji. V intervjujih so sodelujoči strokovnjaki potrdili, da njena številčnost pri nas z vsakim letom narašča. Velikost populacije vrste na določenem območju je močno odvisna od vremenskih razmer, dostopnosti gostiteljskih rastlin in primernih zatočišč, kjer lahko vrsta prezimi.

MS je izrazito polifagna vrsta, kar pomeni, da se prehranjuje s širokim izborom gostiteljskih rastlin. Sodelujoči strokovnjaki so potrdili, da se pojavlja pravzaprav na vseh kmetijskih rastlinskih vrstah, najdemo pa jo tudi na privabilnih rastlinah, kot so sirek, soja, sončnica in lucerna. V Osrednji Sloveniji in na Gorenjskem jo opazimo na sadnih vrstah in vrtninah, predvsem na plodovkah in stročnicah, občasno pa tudi na nekaterih poljščinah. V Obalno-Kraški regiji opažajo največjo škodo na peškarjih in koščičarjih. Strokovnjaki so prav tako potrdili, da so pri nas ogrožene tudi hruške in jabolane, ki predstavljajo v Sloveniji ene izmed najpomembnejših sadnih vrst. MS torej predstavlja največjo grožnjo v sadjarstvu in vrtnarstvu. V določeni meri so oškodovani vsi sadjarji in pridelovalci vrtnin, kar na območju Osrednje Slovenije po oceni strokovnjakov predstavlja do 10 % kmetij. Na območju Maribora je resno ogroženih približno 15 % pridelovalcev. Po podatkih, ki smo jih pridobili z intervjuji, naj bi bil delež oškodovanih kmetov manjši na območju Murske Sobote v primerjavi s Primorsko regijo. Težavo predstavlja dejstvo, da je MS prostorsko nepredvidljiv škodljivec, obdobje v katerem povzroča škodo je precej dolgo. Stenica na pridelkih povzroča tako zunanje poškodbe, kot tudi obarvanje in razpad rastlinskega tkiva znotraj plodov. Pridelki se slabo skladiščijo, so neprimerni za prodajo ali pa imajo manjšo tržno vrednost, kar negativno vpliva na ustvarjanje dobička oz. gospodarsko dejavnost. Ena od težav je tudi odpornost MS na kemične spojine, ki jih uporabljamo za njeno zatiranje. Po informacijah nekaterih strokovnjakov je običajno potrebno večkratno škropljenje, kljub temu pa se škoda še vedno pojavlja.

MS predstavlja od enega od najpomembnejših kmetijskih škodljivcev, kar smo potrdili tudi z opravljenimi intervjuji. MS lahko sicer povzroča različen obseg škode, podobno kot številni drugi kmetijski škodljivci, to pa je seveda odvisno od številčnosti populacije in razpoložljivosti gostiteljskih rastlin. Če govorimo o sadju, je MS lahko odgovorna tudi za 60 do 70 % nastale škode. Škodo, ki nastane zaradi MS, je težko primerjati s škodo, ki jo povzročajo drugi škodljivci. Poleg tega lahko enako škodo povzročajo tudi druge vrste škodljivih stenic, zato jih običajno obravnavamo skupaj. Škoda povzročena zaradi stenic je med leti lahko zelo različna in je odvisna od številnih dejavnikov. V posameznih sezonah lahko med škodljivimi žuželkami povzroči tudi največjo škodo, in sicer na koščičarjih, peškarjih ali kakiju. Stenice so na območju osrednje Slovenije in Gorenjske pomembnejši škodljivci predvsem v vrtnarstvu (plodovke, fižol), v sadjarstvu pa glavno škodo še vedno predstavljajo drugi škodljivci, na primer jabolčni zavijač, listne uši itd.

Pridelovalci se proti temu škodljivemu organizmu ter škodi pod gospodarskim pragom škodljivosti borijo na različne načine, glede na priporočila pristojnih institucij in strokovnjakov na tem področju. Pristojne institucije, kot so Kmetijski inštitut Slovenije, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Kmetijsko gozdarski zavodi ipd., ozaveščajo javnost z objavljanjem različnih informacij o vrsti in njeni škodljivosti, ki so pridelovalcem na voljo na spletu. Kmetijskim pridelovalcem svetujejo z objavljanjem raznih priročnikov, knjižic in tehnoloških navodil za obvladovanje MS. Predvsem specialisti za varstvo rastlin organizirajo različna predavanja in seminarje, ki potekajo večinoma v zimskem in zgodnjem spomladanskem času, po potrebi pa tudi v času rastne sezone. Pri izvajanju kurativnih ali preventivnih ukrepov se uporabljajo različne metode kontrole MS, ki so lahko kemične ali nekemične. Ob prekomerni prisotnosti škodljivca je priporočeno ciljno ukrepanje z uporabo insekticidnih pripravkov. Med glavnimi kurativnimi ukrepi je torej kemično zatiranje s FFS, vendar je njihova uporaba čedalje bolj omejena zaradi škodljivih učinkov aktivnih snovi na okolje in zdravje človeka. Med nekemične metode spadajo zaščitne mreže, pasti s feromonskimi vabami, svetlobne pasti, uporaba privabilnih posevkov itd. Med glavne preventivne ukrepe spada uporaba protiinsektnih mrež, ki MS fizično onemogočijo dostop do rastlinskih posevkov. Izpostavljeno je spremljanje pojava MS na pridelovalnih površinah, torej vizualno spremljanje nasadov ali posevkov, ki se opravlja večkrat tedensko. Dodatno se svetuje uporaba pasti s feromonskimi vabami. Med alternativnimi metodami kemičnemu zatiranju je uporaba eteričnih olj, ki imajo relativno majhen vpliv na okolje in zdravje človeka. Velikega pomena je tudi skrb za biotsko pestrost domorodnih vrst, ki MS predstavljajo naravne sovražnike. V pridelavi na prostem ali v zavarovanih prostorih se lahko pri intenzivnejši pridelavi svetuje izpust domorodnih parazitoidov. Podjetje Picount goji in trži znanega parazitoida MS, vrsto *Anastatus bifasciatus* s tržnim imenom Aly500.

V zadnjih letih se izpostavlja potencial uporabe vibracijsko-komunikacijskih signalov pri motenju reproduktivnega vedenja in parjenja pri rastlinskih stenicah. Ta metoda ponuja dobro osnovo za razvoj bioracionalnih pristopov nadzora, ki temeljijo na vedenjski manipulaciji žuželk, in bi lahko prispevale k razvoju tehnologije z majhnim vplivom na okolje. Vsi strokovnjaki, ki so sodelovali pri intervjujih, dobro poznajo to metodo. Raziskovalci iz Nacionalnega inštituta za biologijo to metodo že testirajo na primeru škržatkov v Italiji. Uporaba vibracij pri motenju parjenja škodljivih žuželk je metoda nadzora, ki zahteva poglobljeno preučevanje biologije, ekologije, vedenja in komunikacije ciljnih vrst.

6 SKLEPI

MS je invazivna, tujerodna vrsta žuželke, ki predstavlja pomembnega škodljivca v kmetijski pridelavi. Vrsta izvira iz vzhodne Azije, od koder se je razširila drugod po svetu, tudi v Slovenijo.

Pri parjenju osebki MS med seboj komunicirajo na dolge razdalje s kemičnimi signali oz. feromoni ter na srednje dolge in kratke razdalje z vibracijami, v kombinaciji z drugimi vrstami signalov.

MS se hrani z več kot 300 različnimi vrstami rastlin, s prebadanjem in sesanjem rastlinskega tkiva. Pri vbodu v rastlinsko tkivo stenica izloči slino, ki vsebuje prebavne encime, ki povzročijo razpad in druge kemične spremembe tkiva. Poškodbe se odražajo v obliki nekrotičnih peg, različnih brazgotin in razbarvanja tkiva na mesu ploda, gobastih madežev na površini plodov itd. Plodovi se razvijejo neobičajno, so deformirani in odpadajo. Poškodovani pridelki imajo manjšo tržno vrednost in prinesejo manjši dobiček ali pa so neprimerni za prodajo.

Vrsta se razvije iz oplojenega jajčeca skozi pet faz ličinke do odraslega osebka, celoten razvoj traja približno 1 do 1,5 meseca. Samica v razmerah evropske klime v povprečju razvije enega do dva rodova na leto. Razmnoževanje in odlaganje jajčec traja vse do začetka jeseni.

O gospodarski škodi, ki jo povzroča MS, poročajo tako iz ZDA kot tudi mnogih evropskih držav, med katerimi so Italija, Madžarska, Švica in Grčija. MS povzroča gospodarsko škodo tudi v Sloveniji, pri čemer sta med kmetijskimi panogami najbolj ogrožena vrtnarstvo in sadjarstvo. Škoda se pojavlja na vinskih trtah, hruškah, jabolkah, jagodah in drugem sadju. Škoda je hkrati prisotna tudi na plodovkah, najpogosteje na paradižniku, papriki, kumarah in jajčevcu. MS povzroča škodo na stročnicah, predvsem fižolu. Škoda pa je že bila zabeležena tudi na oljkah in pekočih feferonih. Poleg mnogih drugih gojenih rastlin lahko ogroža tudi poljščine, med drugim koruzo in sojo. V zadnjih letih ugotavljamo, da je v določeni meri prizadetih večina sadjarjev in pridelovalcev vrtnin v državi. Na območju Osrednje Slovenije je po oceni strokovnjakov prizadetih do 10 % kmetij, medtem ko je na območju Maribora resno ogroženih približno 15 % pridelovalcev.

V okviru obvladovanja gospodarskih škodljivcev uporabljamo razne metode detekcije, spremljanja in lovljenja z namenom, da pridobimo podatke o pojavnosti in številčnosti škodljivca. Na podlagi pridobljenih podatkov se odločimo o ukrepih, s katerimi obvladujemo nastalo ali morebitno škodo, škodljivca pa zatiramo na različne načine. Pri spremljanju in zatiranju MS uporabljamo feromonske pasti, protiinsektne mreže, privabilne posevke, FFS, eterična olja in domorodne naravne sovražnike MS, kot je na primer parazitoidna osica *Anastatus bifasciatus*.

Uporaba vibracijskih signalov pri motenju parjenja stenic kaže velik potencial za uporabo pri razvoju bioracionalnih metod nadzora nad škodljivimi organizmi, ki temeljijo na vedenjski manipulaciji žuželk.

Pred začetkom raziskovanja smo postavili dve delovni hipotezi, ki ju sedaj lahko ovrednotimo na podlagi pregleda literature in pridobljenih podatkov iz intervjujev.

H1: Populacija marmorirane smrdljivke v Sloveniji čedalje bolj narašča.

MS je v Sloveniji prisotna od leta 2017, ko je bila prvič odkrita na območju Goriškega. Od tam se je z leti razširila na druga območja, danes pa je prisotna po vsej državi. Podnebne spremembe, z njimi povezane mile zime in vedno višje temperature ozračja ter po drugi strani nezahtevnost MS glede prehranjevanja oz. velika zastopanost gostiteljskih rastlin v Sloveniji, omogočajo ugodne okoljske pogoje za razširjenost MS. Glede na to upravičeno sklepamo, da bo populacija MS pri nas še nadalje naraščala, kar smo potrdili tudi z opravljenimi intervjuji s kmetijskimi strokovnjaki. Prvo hipotezo lahko zato potrdimo.

H2: Marmorirana smrdljivka ima negativen vpliv na kmetijstvo v Sloveniji.

MS se hrani z velikim številom gostiteljskih rastlin, ki imajo velik pomen za slovensko kmetijstvo in gospodarstvo. Pri hranjenju MS izloča tekoči tip slin, ki vsebuje prebavne encime amilaze, proteaze in esterase. Snovi v slini povzročijo razpad oz. odmiranje in druge kemične spremembe tkiva. Poškodbe se kažejo v obliki nekrotičnih peg, brazgotin, razbarvanja tkiva v mesu ploda, gobastih madežev na površini ploda ali vidnih deformacij celotnega ploda. Poleg tega je MS tudi prenašalka raznih povzročiteljev rastlinskih bolezni.

MS povzroča kmetijsko škodo v Sloveniji že od leta 2017, in sicer predvsem na področju sadjarstva in vrtnarstva. Poškodbe se pojavljajo na vinski trti, hruškah, jabolkih in drugem sadju, na paradižniku, papriki, kumarah, jajčevcu, fižolu, itd. V Obalno-Kraški regiji opažajo največjo škodo na peškarjih in koščičarjih. Leta 2023 je bila izvedena raziskava, v kateri so potrdili njen negativen vpliv na odpadanje plodov oljke. Leta 2020 je bil dokazan negativen vpliv MS na jabolka, jagode in feferone, pri čemer so se vse rastlinske vrste odzvale s povečano sintezo obrambnih snovi. MS ima dokazano izrazito negativen vpliv na kmetijstvo v Sloveniji, zato lahko tudi drugo hipotezo potrdimo.

POVZETEK

V diplomskem delu smo raziskovali trenutno razširjenost MS v Sloveniji in njen vpliv na slovensko kmetijstvo. V teoretičnem delu smo uporabili opisno metodo. Predstavili smo morfološke in taksonomske značilnosti vrste, njen izvor in razširjenost v okolju, znotraj vrstno komunikacijo s kemičnimi in vibracijskimi signali, razmnoževanje in razvoj ter prehranjevalne navade. MS je invazivna tujerodna vrsta, ki spada v družino ščitastih stenic. Vrsta izvira iz vzhodne Azije, od koder se je razširila v različne dele sveta. V Sloveniji je bila prvič odkrita leta 2017 na območju Goriškega. Ugotovili smo, da je danes prisotna že po vsej državi, njena populacija pa v primerjavi s prejšnjimi leti čedalje bolj narašča. Pri parjenju rastlinske stenice med seboj komunicirajo na dolge razdalje s kemičnimi signali oz. feromoni ter na srednje dolge in kratke razdalje z vibracijami, v kombinaciji z drugimi vrstami signalov. Vrsta se razvije iz oplojenega jajčeca skozi pet faz ličinke do odraslega osebk, celoten razvoj traja približno 1 do 1,5 meseca. Samica v razmerah evropske klime v povprečju razvije enega do dva rodova na leto. Spoznali smo, da se MS, tako kot mnoge druge stenice, prehranjuje s prebadanjem in sesanjem rastlinskega tkiva. V nadaljevanju smo predstavili njeno škodljivost v kmetijstvu. S hranjenjem povzroča različne poškodbe na gojenih rastlinah, ki se odražajo v obliki nekrotičnih peg, različnih brazgotin in razbarvanja tkiva na mesu ploda, gobastih madežev na površini plodov, deformacij itd. Za kmetijske pridelovalce v praksi to pogosto pomeni uničen pridelek. Izsledki laboratorijskih in terenskih raziskav prikazujejo podatke o škodi, ki jo MS povzroča v ZDA in mnogih evropskih državah, med katerimi so Italija, Madžarska, Švica in Grčija. Ugotovili smo, da škodo povzroča tudi v Sloveniji, pri čemer sta med kmetijskimi panogami najbolj ogrožena vrtnarstvo in sadjarstvo. V določeni meri so oškodovani prav vsi slovenski pridelovalci, kar na območju osrednje Slovenije po oceni strokovnjakov predstavlja do 10 % kmetij. Na območju Maribora je resno ogroženih približno 15 % pridelovalcev. V primerjavi z drugimi škodljivimi organizmi povzroča MS približno enak obseg škode, sicer pa je to kot pri drugih škodljivih vrstah odvisno od številčnosti populacije, vremenskih razmer in razpoložljivosti gostiteljskih rastlin. V teoretičnem delu smo predstavili tudi različne metode spremljanja in zatiranja tega škodljivca. Pri tem smo prikazali učinkovitost vibracijskih signalov pri motenju parjenja stenic. Uporaba vibracijskih signalov kaže velik potencial za uporabo pri razvoju bioracionalnih metod kontrole, ki temeljijo na vedenjski manipulaciji škodljivcev. V sklopu diplomskega dela smo izvedli intervjuje s strokovnjaki na področju varstva kmetijskih rastlin in poznavanja marmorirane smrdljivke. Rezultate intervjujev smo predstavili oz. analizirali s pomočjo analitične metode. S podatki, pridobljenimi z intervjuji, smo lahko potrdili spoznanja iz teoretičnega dela.

SUMMARY

In the thesis, we investigated current distribution of BMSB in Slovenia and its impact on Slovenian agriculture. In the theoretical work, we used the descriptive method. We presented species' morphologic and taxonomic characteristics, its origin and distribution in the environment, intraspecific communication with chemical and vibratory signals, reproduction and development and feeding habits. BMSB is an invasive alien species, which belongs in the family Pentatomidae. The species originates from south Asia, from where it spread to different parts of the world. In Slovenia, it was first discovered in 2017, in the region of Goriška. We found that today it is present everywhere in the country, its population continues to increase compared to previous years. While mating, stink bugs communicate with each other on long distances with chemical signals/pheromone and on middle and short distances with vibrations, in combination with other types of signals. The species develops from a fertilized egg through five phases of larva to an adult specimen, complete development takes about 1 to 1.5 month. In the European climate conditions, the female produces one to two generations per year. We found that BMSB, like many other stink bugs, feeds by piercing and sucking the plant tissue. Hereinafter, we presented its harmful impact on agriculture. With feeding, it causes different damages on cultivated plants, which is observed as necrotic spots, different types of scars, discoloration of tissue on the mesocarp of fruit, spongy stains on the surface of fruits, deformations, etc. In practice this often means destroyed crops for agricultural producers. Findings of laboratory and field research show data of damage, caused by BMSB in the USA and many European countries, among which are Italy, Hungary, Switzerland, Greece, etc. We found that it also causes damage in Slovenia, wherein gardening and fruit growing are the most threatened among agriculture sectors. To a certain extent, all Slovenian agriculture producers suffer damages, which estimates at 10 % of farms in the region of Osrednja Slovenija. 15 % of agriculture producers are seriously threatened in the area of Maribor. In comparison with other pests, BMSB causes approximately the same extent of damage, but like with other pest species this depends on population size, weather conditions and availability of host plants. In theoretical work, we also presented different methods for monitoring and repression of this pest. Here, we presented the efficiency of vibratory signals to disrupt mating of stink bugs. The use of vibratory signals shows a great potential for use in developing biorational methods for control, which are based on behavior manipulation of pests. In the thesis, we conducted interviews with experts in the field of agriculture plants protection and of BMSB. We interpreted/analysed the results of interviews with analytical method. With data, obtained by interviews, we confirmed findings from the theoretical work.

7 VIRI IN LITERATURA

- Bariselli, M., Bugiani, R., Maistrello, L. 2016: Distribution and damage caused by *Halyomorpha halys* in Italy. Medmrežje: https://www.researchgate.net/publication/303870635_Distribution_and_damage_caused_by_Halyomorpha_halys_in_Italy (20. 5. 2024)
- Candian, V., Pansa, M. G., Briano, R., Peano, C., Tedeschi, R., Tavella, L. 2018: Exclusion nets: a promising tool to prevent *Halyomorpha halys* from damaging nectarines and apples in NW Italy. Medmrežje: https://www.researchgate.net/publication/324727614_Exclusion_nets_a_promising_tool_to_prevent_Halyomorpha_halys_from_damaging_nectarines_and_apples_in_NW_Italy (20. 5. 2024)
- Costi, E., Haye, T., Maistrello, L. 2018: Surveying native egg parasitoids and predators of the invasive *Halyomorpha halys* in Northern Italy. Medmrežje: https://www.researchgate.net/publication/329183474_Surveying_native_egg_parasitoids_and_predators_of_the_invasive_Halyomorpha_halys_in_Northern_Italy (14. 7. 2024)
- Čokl, A., Borges, M. (2017). *Stink Bugs: Biorational Control Based on Communication Processes*. London New York, CRC Press Taylor & Francis Group Boca Raton.
- Čokl, A., Žunič-Kosi, A., Laumann, R. A. 2019: Stink Bug Communication with Multimodal Signals Transmitted through Air and Substrate. Medmrežje: https://www.researchgate.net/publication/337699472_Stink_Bug_Communication_with_Multimodal_Signals_Transmitted_through_Air_and_Substrate (20. 5. 2024)
- Damos, P., Soulopoulou, P., Thomidis, T. 2020: First record and current status of the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* damaging peaches and olives in northern Greece. Medmrežje: <https://www.plantprotection.pl/First-record-and-current-status-of-the-brown-marmorated-stink-bug-Halyomorpha-halys,118322,0,2.html> (28. 9. 2024)
- Devetak, M., Hobljaj, S., Rot, M., Jančar, M. 2023: Marmorirana smrdljivka (*Halyomorpha halys*) in ugotavljanje njenega vpliva na odpadanje plodov oljk. Medmrežje: <https://www.ivr.si/app/uploads/2023/11/KGZS-NG-marmorirana-smrdljivka-clanek-ivr-portal.pdf> (20. 5. 2024)
- Dias, A. M., Borges, M., Blassioli Moraes, M. C., Figueira Coelho, M. L., Čokl, A., Laumann, R. A. 2021: Inhibitory Copulation Effect of Vibrational Rival Female Signals of Three Stink Bug Species as a Tool for Mating Disruption. Medmrežje: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7923018/> (14. 7. 2024)
- Duthie, C. 2012: Risk analysis of *Halyomorpha halys* (brown marmorated stink bug) on all pathways. Medmrežje: <https://www.mpi.govt.nz/dmsdocument/3943/direct> (20. 5. 2024)
- Gyawaly, S. 2011: Feeding Behavior of *Podisus maculiventris* (Say) (Hemiptera: Pentatomidae): Implications for Mass Rearing and Biological Control. Medmrežje: <https://researchrepository.wvu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=5764&context=etd> (20. 5. 2024)

Haye, T., Zhang, J. 2015: Can native egg parasitoids adopt the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae), in Europe? Medmrežje: https://www.researchgate.net/publication/276418990_Can_native_egg_parasitoids_adapt_the_invasive_brown_marmorated_stink_bug_Halyomorpha_halys_Heteroptera_Pentatomidae_in_Europe (14. 7. 2024)

Hoblaj, S., Devetak, M., Jančar, M., Rot, M., Žežlina, J. 2024: POPULACIJSKA DINAMIKA MARMORIRANE SMRDLJIVKE (*Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae)) V OLJČNIKI SLOVENSKE ISTRE LETA 2023. Medmrežje: <https://www.ivr.si/app/uploads/2024/02/Dinamika-marmorirane-smrdljivke-2023-pdf.pdf> (23. 5. 2024)

Ishaaya, I., Horowitz, R. (2009). *Biotaional Control of Arthropod Pests: Application and Resistance Management*. London New York, Springer Doerdrech Heidelberg.

Khrimian, A., Zhang, A., Weber, D. C., Ho, H.Y. 2014: Discovery of the Aggregation Pheromone of the Brown Marmorated Stink Bug (*Halyomorpha halys*) through the Creation of Stereoisomeric Libraries of 1-Bisabolen-3-ols. Medmrežje: https://www.researchgate.net/publication/263476623_Discovery_of_the_Aggregation_Pheromone_of_the_Brown_Marmorated_Stink_Bug_Halyomorpha_halys_through_the_Creation_of_Stereoisomeric_Libraries_of_1-Bisabolen-3-ols (20. 5. 2024)

Laznik, Ž., Trdan, S. 2021: Načini zatiranja marmorirane smrdljivke (*Halyomorpha halys* [Stål, 1855], Hemiptera, Pentatomidae). Medmrežje: <https://journals.uni-lj.si/aas/article/download/12979/11669/39726> (14. 7. 2024)

Leskey, T. C., Nielsen, A. L. 2018: Impact of the Invasive Brown Marmorated Stink Bug in North America and Europe: History, Biology, Ecology, and Management. Medmrežje: https://www.researchgate.net/publication/322908290_Impact_of_the_Invasive_Brown_Marmorated_Stink_Bug_in_North_America_and_Europe_History_Biology_Ecology_and_Management (20. 5. 2024)

Macavei, L. I., Oltean, I., Florian, T. 2015: FIRST DETECTION OF *Halyomorpha halys* Stål, A NEW INVASIVE SPECIES WITH A HIGH POTENTIAL OF DAMAGE ON AGRICULTURAL CROPS IN ROMANIA. Medmrežje: https://www.researchgate.net/publication/286263563_FIRST_DETECTION_OF_Halyomorpha_halys_Stal_A_NEW_INVASIVE_SPECIES_WITH_A_HIGH_POTENTIAL_OF_DAMAGE_ON_AGRICULTURAL_CROPS_IN_ROMANIA (20. 5. 2024)

Medmrežje 1: <https://rastlinstvoslovenije.splet.arnes.si/rastlinstvo-slovenije/primorski-svet/rastlinstvo-primorskega-sveta/> (14. 7. 2024)

Medmrežje 2: <https://spletni2.furs.gov.si/FFS/REGSR/> (20. 5. 2024)

Medmrežje 3: https://www.kmetijski-zavod.si/Portals/0/Novosti_Nasveti/MARMORIRANA%20SMRDLJIVKA.pdf?ver=2021-03-23-071749-177 (20. 5. 2024)

Medmrežje 4: <https://www.gov.si/podrocja/kmetijstvo-gozdarstvo-in-prehrana/kmetijstvo-in-razvoj-podezelja/rastlinska-pridelava/> (20. 5. 2024)

Medmrežje 5: <https://www.kmetijskizavod-ng.si/> (20. 5. 2024)

Medmrežje 6: https://sl.wikipedia.org/wiki/Kategorija:Kulturne_rastline (14. 7. 2024)

Ministry for Primary Industries (2015). Economic Impact Assessment: Halyomorpha halys (Brown Marmorated Stink Bug). Medmrežje: <https://www.epa.govt.nz/assets/FileAPI/hsno-ar/APP204312/APP204312-Attachment-5-Economic-Impact-Assessment-Halyomorpha-halys.pdf> (20. 5. 2024)

Modic, Š., Žigon, P., Devetak, M., Jančar, M., Hobljaj, S. 2023: Marmorirana smrdljivka. Medmrežje: <https://www.ivr.si/skodlivec/marmorirana-smrdljivka/> (20. 5. 2024)

Musolin, D. L., Konjevic, A., Karpun, N. N., Protsenko, V. Y., Ayba, L. Y., Saulich, A. K. 2018: Invasive brown marmorated stink bug Halyomorpha halys (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae) in Russia, Abkhazia, and Serbia: history of invasion, range expansion, early stages of establishment, and first records of damage to local crops. Medmrežje: https://www.researchgate.net/publication/321083973_Invasive_brown_marmorated_stink_bug_Halyomorpha_halys_Stal_Heteroptera_Pentatomidae_in_Russia_Abkhazia_and_Serbia_history_of_invasion_range_expansion_early_stages_of_establishment_and_first_records_of (28. 9. 2024)

Nielsen, A. L., Hamilton, G. C., Matadha, D. 2008: Development rate estimation and life table analysis for Halyomorpha halys (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae). Medmrežje: https://www.researchgate.net/publication/5432582_Development_rate_estimation_and_life_table_analysis_for_Halyomorpha_halys_Stal_Hemiptera_Pentatomidae_Environ_Entomol (20. 5. 2024)

Ogorelec, A., Skalič Holešek, K. 2020: NOVA INVAZIVNA STENICA MARMORIRANA SMRDLJIVKA Halyomorpha halys (BMSB brown marmorated stink bulb). Medmrežje: <https://lj.kgzs.si/Portals/1/A-Splet2020/TL105%20-%20Nova%20invazivna%20stenica%20Marmorirana%20smrdljivka%20Halyomorpha%20halys%20-%202020.pdf> (20. 5. 2024)

Peiffer, M., Felton, G. W. 2014: Insights into the Saliva of the Brown Marmorated Stink Bug Halyomorpha halys (Hemiptera: Pentatomidae). Medmrežje: https://www.researchgate.net/publication/260447154_Insights_into_the_Saliva_of_the_Brown_Marmorated_Stink_Bug_Halyomorpha_halys_Hemiptera_Pentatomidae (20. 5. 2024)

Sabbatini Peverieri, G., Bortolotti, P. P., Nannini, R., Marianelli, L., Roversi, F. P. 2018: Efficacy of Long Lasting Insecticide Nets in Killing Halyomorpha Halys in Pear Orchards. Medmrežje: https://www.researchgate.net/publication/324803418_Efficacy_of_Long_Lasting_Insecticide_Nets_in_Killing_Halyomorpha_Halys_in_Pear_Orchards (14. 7. 2024)

Soergel, D. C., Ostiguy, N., Fleischer, S. J., Troyer, R. R. 2015: Sunflower as a Potential Trap Crop of Halyomorpha halys (Hemiptera: Pentatomidae) in Pepper Fields. Medmrežje: https://www.researchgate.net/publication/281517343_Sunflower_as_a_Potential_Trapping_Crop_of_Halyomorpha_halys_Hemiptera_Pentatomidae_in_Pepper_Fields (20. 5. 2024)

Stahl, J. M., Scaccini, D., Pozzebon, A., Daane, K. M. 2020: Comparing the Feeding Damage of the Invasive Brown Marmorated Stink Bug to a Native Stink Bug and Leaf-footed Bug on California Pistachios. Medmrežje: https://www.researchgate.net/publication/344660595_Comparing_the_Feeding_Damage_of_the_Invasive_Brown_Marmorated_Stink_Bug_to_a_Native_Stink_Bug_and_Leaf-footed_Bug_on_California_Pistachios (14. 7. 2024)

Stoeckli, S., Felber, R., Haye, T. 2020: Current distribution and voltinism of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, in Switzerland and its response to climate change using a high-resolution CLIMEX model.

Medmrežje: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00484-020-01992-z> (28. 9. 2024)

Stone, C., Tuten, H., Dobson, S. 2013: Determinants of Male *Aedes aegypti* and *Aedes polynesiensis* (Diptera: Culicidae) Response to Sound: Efficacy and Considerations for Use of Sound Traps in the Field. Medmrežje:

https://www.researchgate.net/publication/255712905_Determinants_of_Male_Aedes_aegypti_and_Aedes_polynesiensis_Diptera_Culicidae_Response_to_Sound_Efficacy_and_Considerations_for_Use_of_Sound_Traps_in_the_Field (14. 7. 2024)

Taylor, C. M., Coffey, P. L., DeLay, B. D., Dively, G. P. 2014: The Importance of Gut Symbionts in the Development of the Brown Marmorated Stink Bug, *Halyomorpha halys* (Stål). Medmrežje: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3943947/> (14. 7. 2024)

Trdan, S., Batistič, L. 2024: Priporočila za obvladovanje marmorirane smrdljivke (*Halyomorpha halys* [Stål]) v urbanem okolju. Medmrežje:

<https://www.ivr.si/app/uploads/2024/02/Priporocila-za-obvladovanje-marmorirane-smrdljivke-Halyomorpha-halys-Stal-v-urbanem-okolju-s-CIPom-9.2.2024.pdf> (20. 5. 2024)

Trdan, S., Lešnik, M., Rot, M., Batistič, L., Vidrih, M., Bohinc, T., Godeša, T. 2024: Strokovna priporočila za obvladovanje marmorirane smrdljivke (*Halyomorpha halys* /Stål/). Medmrežje:

<https://www.ivr.si/app/uploads/2024/02/Strokovna-priporocila-za-obvladovanje-marmorirane-smrdljivke-s-CIPom-9.2.2024.pdf> (20. 5. 2024)

Vétek, G., Korányi, D. 2017: Severe damage to vegetables by the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), in Hungary. Medmrežje:

https://www.researchgate.net/publication/319257662_Severe_damage_to_vegetables_by_the_invasive_brown_marmorated_stink_bug_Halyomorpha_halys_Hemiptera_Pentatomidae_in_Hungary (14. 7. 2024)

Wermelinger, B., Wyniger, D., Forster, B. 2008: First records of an invasive bug in Europe: *Halyomorpha halys* Stal (Heteroptera: Pentatomidae), a new pest on woody ornamentals and fruit trees? Medmrežje:

https://www.researchgate.net/publication/228912610_First_records_of_an_invasive_bug_in_Europe_Halyomorpha_halys_Stal_Heteroptera_Pentatomidae_a_new_pest_on_woody_ornamentals_and_fruit_trees (20. 5. 2024)

Zamljen, T., Slatnar, A. 2022: VPLIV NAPADA MARMORIRANE SMRDLJIVKE (*Halyomorpha halys* [Stål]) NA KAKOVOST IZBRANIH VRST SADJA IN ZELENJAVE. Medmrežje:

<https://dvrs.si/wp-content/uploads/08Zamljen-Slatnar-P1.pdf> (20. 5. 2024)

Žust, A. 2015: Fenologija v Sloveniji: Priročnik za fenološka opazovanja. Medmrežje:

<https://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/agromet/product/document/sl/Brosura0515.pdf> (23. 5. 2024)

8 PRILOGE

Priloga I: Vprašanja intervjuja

1. Ali je marmorirana smrdljivka prisotna na vašem delovnem območju?
2. Kako bi ocenili njeno pojavnost na tem območju?
(zelo številčna in redno prisotna/številčna in pogosto prisotna/se redkeje pojavlja)
3. Ali predstavlja marmorirana smrdljivka škodljivca v kmetijski pridelavi?
4. Na katerih rastlinskih vrstah je (najbolj) prisotna?
5. Kakšen delež kmetov je oškodovan zaradi marmorirane smrdljivke?
6. Kako bi ocenili njeno škodljivost v primerjavi z drugimi kmetijskimi škodljivci?
(prave listne uši, hrošči, polži, strune, ipd.)
7. Kako se kmetje borijo proti škodi pod gospodarskim pragom škodljivosti?
8. Kaj svetujejo pristojne institucije glede tega škodljivca?
9. Kakšne so kemične in nekemične metode kontrole in zatiranja marmorirane smrdljivke?
10. Kakšni so kurativni in preventivni ukrepi zoper marmorirane smrdljivke?