

Bionomija in načini zatiranja ameriške koruzne sovke (*Spodoptera frugiperda* [J.E. Smith], 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)

Žiga LAZNIK¹, Stanislav TRDAN^{1,2}, Luka BATISTIČ¹

Received Received June 11, 2025; accepted July 4., 2025

Delo je prispelo: 11. junija 2025, sprejeto 4. julija 2025

Bionomija in načini zatiranja ameriške koruzne sovke (*Spodoptera frugiperda* [J.E. Smith], 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)

Abstract: Ameriška koruzna sovka (*Spodoptera frugiperda* [J.E. Smith]) je ena najinvazivnejših in najškodljivějšíh žuželk sodobnega časa. Izvira iz tropskih in subtropskih območij obeh Amerik, od koder se je od 2016 hitro razširila v Afriko, Azijo in se začela pojavljati tudi v Južni Evropi. Zaradi polifagnosti, velike reprodukcije ter sposobnosti letenja in migracije predstavlja resno grožnjo pridelavi koruze, žit in drugih rastlin. Gosenice povzročajo veliko škodo, saj objedajo liste, storže in vrtajo v stebela, kar povzroča znatne izgube pridelka. Ukrepi zatiranja vključujejo mehanske metode, uporabo rastlinskih pripravkov (npr. neem) ter biotično varstvo z jajčnimi parazitoidi, kot so *Trichogramma* spp. Ciljno usmerjeni insekticidi lahko zmanjšajo populacijo tudi do 90 %. V Sloveniji, kjer škodljivca še nismo zaznali, je pomembno sistematično spremljanje s feromonskimi pastmi in vizualnimi pregledi, kar omogoča pravočasno ukrepanje. Zaradi naraščajoče odpornosti na insekticide je nujno uveljavljati integrirano varstvo rastlin (IVR) ter vzpostaviti usklajene nadzorne sisteme, okrepiti obveščanje pridelovalcev in spodbujati trajnostne rešitve za varnost prehranske verige in stabilnost agroekosistemov.

Key words: *Spodoptera frugiperda*, ameriška koruzna sovka, Slovenija, koruza, monitoring, zatiranje, integrirano varstvo rastlin, biotično varstvo, invazivna vrsta

Bionomics and control methods of the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* [J.E. Smith, 1797]) (Lepidoptera: Noctuidae)

Izveček: The fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* [J.E. Smith]) is one of the most invasive and harmful insects of modern times. Originally from the tropical and subtropical regions of the Americas, it has rapidly spread since 2016 to Africa, Asia, and has started appearing sporadically in Southern Europe. Due to its polyphagy, high reproductive capacity, and ability to fly and migrate, it poses a serious threat to the cultivation of maize, cereals, and other crops. The larvae cause significant damage by feeding on leaves, ears, and boring into stems, leading to substantial yield losses. Control measures include mechanical methods, the use of plant-based preparations (e.g., neem), and biological control with egg parasitoids such as *Trichogramma* spp. Targeted insecticides can reduce populations by up to 90%. In Slovenia, where the pest has not yet been detected, systematic monitoring using pheromone traps and visual inspections of crops is essential for timely intervention. Due to increasing resistance to insecticides, integrated pest management (IPM) practices are crucial, along with establishing coordinated control systems, strengthening communication with farmers, and promoting sustainable solutions to ensure food security and the stability of agro-ecosystems.

Ključne besede: *Spodoptera frugiperda*, fall armyworm, Slovenia, Corn, monitoring, integrated pest management, biological control, crop protection, invasive species

¹ Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana

² korespondenčni avtor: stanislav.trdan@bf.uni-lj.si

1 UVOD

Žita predstavljajo ključni del prehrane prebivalstva po vsem svetu, pri čemer ima koruza (*Zea mays* L.) posebno gospodarsko in prehransko vlogo (FAO, 2017; CABI, 2018). Njena pridelava je pogosto ogrožena zaradi številnih škodljivcev, med katerimi v zadnjih letih izstopa ameriška koruzna sovka (*Spodoptera frugiperda* [J.E. Smith, 1797]), invazivna vrsta iz družine Noctuidae (Goergen in sod., 2016). Gre za izrazito polifagnega škodljivca, ki napada in odlaga jajčeca na več kot 350 rastlinskih vrst, zlasti iz družine Poaceae, kot so koruza, sirek, riž in pšenica (Harrison in sod., 2019; Devi in sod., 2024).

Gosenice povzročajo škodo v vseh razvojnih fazah rastlin – hranijo se z listi, vrtajo v steblo ter uničujejo storže in druge reproduktivne dele (Ali in sod., 1990; Montezano in sod., 2018). Značilni simptomi napada vključujejo skeletiranje listov, poškodbe stebela in odmiranje mladih rastlin. Zaradi značilnega skupinskega gibanja gosenic, podobnega premikanju vojaške enote, je vrsta dobila angleško ime »fall armyworm« (FAO in CABI, 2019).

Vrsta izvira iz tropskih in subtropskih območij obeh Amerik, vendar se je od leta 2016 dalje hitro razširila v Afriko, Azijo in Avstralijo, zabeležena pa je tudi že v Evropi (Goergen in sod., 2016; Prasanna in sod., 2018; Sisay in sod., 2019; Maino in sod., 2021). Njena sposobnost migracije – v eni noči lahko preleti do 100 km – ter odsotnost diapavze, ji omogočata hitro kolonizacijo novih območij (Johnson, 1987; Ramirez-Cabral in sod., 2017).

Zaradi obsežnih poškodb, ki jih povzroča na prehransko pomembnih rastlinah, in hitrega širjenja po svetu predstavlja ameriška koruzna sovka resno grožnjo prehranski varnosti – zlasti v regijah z majhnimi kmetijskimi gospodarstvi, ki so še posebno ranljiva (CABI, 2017; Harrison in sod., 2019). Namen tega preglednega članka je celostno predstaviti biologijo, ekologijo, razširjenost ter možnosti obvladovanja te invazivne vrste

2 RAZŠIRJENOST VRSTE V SVETU

Ameriška koruzna sovka je bila sprva omejena na tropska in subtropska območja Amerik, vključno s Severno, Srednjo in Južno Ameriko ter Karibi (Rwomushana, 2019; Goergen in sod., 2016). Zaradi izrazitih migracijskih sposobnosti ter vpliva vremenskih razmer (npr. vetrovi), se je hitro razširila zunaj prvotnega območja (Westbrook in Sparks, 1986; Johnson, 1987).

Leta 2016 je bila prvič zabeležena v Afriki (Nigerija), nato pa se je hitro razširila po podsaharski regiji in

do danes prizadela več kot 44 afriških držav (Goergen in sod., 2016; Day in sod., 2017; Sisay in sod., 2018). V Aziji je bila potrjena leta 2018 v Indiji (državi Karnataka in Gujarat), nato pa se je hitro razširila še v Pakistan, Nepal, Bangladeš, Šrilanko, Mjanmar, Kitajsko, Vietnam, Tajsko, Kambodžo in Južno Korejo (Sharanabasappa in sod., 2018; Bajracharya in Bhat, 2019; Naeem-Ullah in sod., 2019; Lee in sod., 2020; He in sod., 2021).

Leta 2019 je bila razglašena za karantenskega škodljivca tudi v Nepal (NPPO Nepal, 2019). Pozneje je bila potrjena tudi v Turčiji in Avstraliji (Maino in sod., 2021), opazili pa so jo že tudi blizu evropskih meja (Early in sod., 2018). Po zadnjih podatkih je škodljivec zastopan v več kot 70 državah, vključno z vsaj 47 afriškimi in 18 azijskimi državami (Prasanna in sod., 2018; Rwomushana, 2019).

V Združenih državah Amerike in drugih območjih s hladnejšimi zimami je zastopanost ameriške koruzne sovke omejena na toplejše regije, kjer lahko prezimi. V hladnejših predelih preživi kot selitvena vrsta, ki se sezonsko vrača z južnejših območij (Marenco in sod., 1992; Capinera, 2000).

Na Stari celini so ameriško koruzno sovko prvič ugotovili v Baden-Württembergu v Nemčiji leta 1999, kjer so na 3 ha njivi s sladko koruzo našli 40 gosenic. Predvidevali so, da se je vnos škodljivca izvršil ob uvozu storžev koruze. Najdbi gosenic je sledila eradikacija. Leta 2020 so na otoku Tenerife na Kanarskih otokih našli dva samca vrste *S. frugiperda* v feromonskih pasteh. Z nadaljnjimi pregledi na otokih so leta 2021 potrdili zastopanost škodljivca na vseh otokih, a le na koruzi, kjer so našli gosenice brez prisotnosti poškodb na rastlinah. Leta 2023 so na Cipru na zasebnem vrtu v Limassolu našli tri samce škodljivca v svetlobnih pasteh. Zanimivo je, da v bližini ni bilo njiv s koruzo, sirkom ali sladkornim trsom. Z nadaljnjimi pregledi pa so potrdili zastopanost gosenic na koruzi. Istega leta so na različnih območjih Grčije ob posebnem nadzoru našli samce ameriške koruzne sovke v feromonskih pasteh na njivah s koruzo, rižem in razhudnikovkami. Leta 2023 so škodljivca potrdili tudi na Portugalskem, kjer so v okviru posebnega nadzora škodljivca na njivi s sladkornim trsom našli enega samca v feromonski pasti. O poškodbah iz te sredozemske države niso poročali. Istega leta so v regiji Sud-Muntenia v Romuniji našli več samcev vrste *S. frugiperda* v feromonskih pasteh, v Rabatu na Malti pa so v svetlobni pasti v okviru favnističnih študij našli dva samca in samico škodljivca. Zanimivo je, da ameriške sovke tam pri posebnem nadzoru še niso našli, čeprav ta program izvajajo od leta 2019 (EFSA Panel on Plant Health, 2018; EPPO Global Database 2025). V Sloveniji ameriške koruzne sovke še nismo našli, čeprav tega karantenskega škodljivca iz EPPO se-



Slika 1: Feromonska past za sovko *Spodoptera frugiperda* na robu rastlinjaka v Otočcu (foto: S. Trdan)

Figure 1: Pheromone trap for *Spodoptera frugiperda* next to the greenhouse in Otočec (photo: S. Trdan)

znama A2 karantenskih škodljivih organizmov načrtno spremljamo po vsej državi v okviru Programa preiskav za ugotavljanje navzočnosti sovke *Spodoptera frugiperda* od leta 2019. Načrtno spremljanje škodljivca smo doslej izvajali med majem in oktobrom s feromonskimi pastmi (slika 1), postavljenimi na robovih rastlinjakov z zelenjadnicami in med julijem in septembrom s pregledi rastlinjakov na zastopanost gosenic oz. njihovih poškodb. V letu 2025 smo nastavljali feromonske pasti na robovih njiv s koruzo, tudi večina pregledov pa se je navezovala na koruzo, najpomembnejšega gostitelja škodljivca in najpomembnejšo poljščino na njivah v Sloveniji.

Zaradi svoje biološke prilagodljivosti, invazivne narave in velikega škodnega potenciala velja danes ameriška koruzna sovka za enega najnevarnejših invazivnih škodljivcev poljščin na svetu.

3 GLOBALNA OGROŽENOST ZARADI AMERIŠKE KORUZNE SOVKE

Ameriška koruzna sovka velja za enega najnevarnejših invazivnih škodljivcev sodobnega časa. Njen vpliv sega daleč prek same fizične prisotnosti na njivah – gre za vsestransko grožnjo svetovni prehranski varnosti, stabilnosti agroekosistemov in preživetju malih kmetov, zlasti v državah v razvoju.

Ena od ključnih težav, povezanih s to vrsto, je izjemno širok spekter gostiteljskih rastlin; ameriška koruzna sovka se namreč uspešno razvija – prehranjuje in zarodi potomstvo – na več kot 350 rastlinskih vrstah iz 76 družin, kar ji omogoča neprekinjeno razmnoževanje in preživetje skozi vse leto (Montezano in sod., 2018; CABI, 2019). Ta lastnost je eden glavnih razlogov, da je

bila ameriška koruzna sovka leta 2017 uvrščena med deset najpomembnejših škodljivcev v kmetijstvu na svetu (FAO, 2019).

Najhujše posledice škodljivcev povzročajo v pridelavi žit in krmnih rastlin, kjer gosenice neposredno zmanjšujejo pridelok in kakovost zrnja. Ocene iz Afrike kažejo, da se lahko brez ustreznega varstva pridelok koruze zmanjša za več milijonov ton letno, kar pomeni tudi večmilijardne finančne izgube (Day in sod., 2017; Baudron in sod., 2019). Podobne razmere so zabeležene v Južni Ameriki in Aziji – na primer v Braziliji ameriška koruzna sovka povzroča gospodarsko škodo, ocenjeno na 400 milijonov USD letno (Figueiredo in sod., 2005), v Indiji pa so v posameznih sezonah poročali o več kot 170.000 hektarjih poškodovanih posevkov (FAO in CABI, 2019).

Zaradi pomanjkanja informacij o možnostih nekemičnega zatiranja ameriške koruzne sovke, številni kmetje posegajo po sintetičnih insekticidih, pogosto brez ustreznega nadzora ali navodil. To vodi do povečanja stroškov pridelave, ogrožanja zdravja ljudi in živali ter neželenega delovanja na koristne organizme v agroekosistemi (Yang in sod., 2021; Wyckhuys in sod., 2024). Zaradi ponavljajoče in neciljne uporabe insekticidov ameriška koruzna sovka v mnogih regijah že razvija odpornost proti več aktivnim snovem.

K vse večji grožnji zaradi obravnavanega škodljivca prispevajo tudi podnebne spremembe. Zaradi višjih temperatur in pogostejših ekstremnih vremenskih pojavov se podaljšuje sezona aktivnosti škodljivca, s čimer se povečuje število rodov na leto. Modeli napovedujejo, da bo do leta 2050 oz. 2070 ameriška koruzna sovka sposobna naseliti še številna območja Evrope, Srednje Azije in Vzhodne Azije (Ramirez-Cabral in sod., 2017; Ramasamy in sod., 2022).

Posledice napadov ameriške koruzne sovke niso omejene le na količino pridelka. Poškodovana rastlinska tkiva so dovzetnejša za sekundarne okužbe z glivami, kar vodi v kontaminacijo z mikotoksini. Takšno onesnaženo zrnje ni primerno za prehrano ljudi ali živali, kar še dodatno prispeva k prehranski negotovosti in ekonomskim izgubam (Yousaf in sod., 2022; Zanzana in sod., 2024).

Zaradi vseh teh dejavnikov je ameriška koruzna sovka globalno prepoznana kot kompleksna in sistemska grožnja kmetijski pridelavi, ki zahteva usklajene, dolgoročne in trajnostne pristope. Ti vključujejo zgodnje opozarjanje na pojav škodljivca, uporabo biotičnih sredstev za njegovo zatiranje, uporabo odpornost sort, kolobar, ciljno rabo insekticidov ter izobraževanje pridelovalcev. V nasprotnem primeru obstaja velika nevarnost, da se bo škodljivec še naprej širil in ogroža temelje svetovne prehranske varnosti.

4 OPIS VRSTE

4.1 MORFOLOŠKE ZNAČILNOSTI

Odrasli osebkovi ameriške koruzne sovke so srednje veliki metulji iz družine Noctuidae. Samci dosežejo od 16 do 18 mm, dolžina njihovih sprednjih kril pa znaša med 10,5 in 15 mm. Krila so sivorjave barve z rumenkastimi ovalnimi lisami ter značilno belo, klinasto oznako v spodnjem kotu obročastih lis. Na zunanem robu kril je viden skoraj trikotni bel madež. Samice so nekoliko večje (18–20 mm), njihova sprednja krila pa so daljša (11–18 mm), navadno sivorjava ali marmorirana, brez izrazitih vzorcev (Todd in Poole, 1980; Ashley in sod., 1989).

Gosenice navadno preidejo skozi šest razvojnih stopenj (včasih tudi pet). Mlade gosenice so zelenkaste ali svetlo rjave in jih je težko morfološko ločiti od drugih vrst sovk. V prvi razvojni stopnji merijo približno 1,5 mm v dolžino, v drugi 3–4 mm, nato hitro rastejo (Montezano in sod., 2018). Starejše gosenice pa imajo izrazito obrnjeno črko "Y" na svetli glavi ter štiri temne pike, razporejene v kvadrat na prvih osmih abdominalnih segmentih (Farias in sod., 2014). Ti znaki omogočajo zanesljivo prepoznavo vrste. Popolnoma razvite gosenice dosežejo dolžino 30–40 mm, njihova širina pa je približno 3–5 mm (Montezano in sod., 2018).

Jajčeca so kupolaste oblike, s premerom približno 0,4 mm in višino 0,3 mm. Na vrhu imajo značilno okroglo konico. Bube so podolgovate, dolge 14–18 mm in široke približno 4,5 mm; sprva so bele, nato postanejo rdečkasto-rjave (Visser, 2017).

4.2 BIONOMIJA

Vrsta *S. frugiperda* ima izredno hitro razvojno dinamiko. V poletnih mesecih lahko zaključi celoten življenjski cikel že v 30 dneh, v spomladanskih in jesenskih razmerah v 60 dneh, medtem ko v hladnejših obdobjih razvoj traja od 80 do 90 dni (Visser, 2017). Ena samica lahko v času življenja izleže do 1500 jajčec, število pa je odvisno predvsem od okoljskih dejavnikov (Shaurub, 2024).

Gosenice se prehranjujejo z listi, listnimi nožnicami, rastnimi vršički in drugimi vegetativnimi deli rastlin. V zgodnjih razvojnih stopnjah je njihova potreba po hrani majhna, medtem ko se v poznejših fazah te potrebe povečajo tudi do 50-krat. Zaradi te nenadne porabe biomase lahko gosenice v eni sami noči uničijo večji del ali celo celoten posevek (Farias in sod., 2014; Visser, 2017). Po zaključenem razvoju se gosenice zabubijo v zgornji plasti

tal, običajno 2 do 8 cm pod površjem, kjer si pripravijo ustrezno mesto ali prostor za zabubljanje (Du Plessis in sod., 2020).

Odrasle sovke so sposobne dolgih migracij s pomočjo vetrov, ki pihajo v višjih zračnih plasteh (več sto metrov nad tlemi). V eni noči lahko preletijo do 100 km, v določenih primerih pa tudi do 500 km. Takšna velika mobilnost omogoča vrsti hitro širjenje in naseljevanje novih območij (Johnson, 1987).

4.3 GOSTITELJSKE RASTLINE

Ameriška koruzna sovka je izrazito polifagna vrsta, katere gosenice se hranijo z več kot 80 vrstami rastlin. Najpogostejše so prizadete vrste iz družine trav (Poaceae), kot so kuruza, sladkorna kuruza, sirek in različne druge vrste trav (npr. *Digitaria* spp.). Poleg tega napada tudi številne druge kmetijske rastline, vključno z lucerno, ječmenom, ajdo, bombažem, deteljo, ovsom, prosom, arašidi, rižem, ržjo, sojo, sladkornim trsom, tobakom in pšenico. Škodo povzroča tudi na številnih vrtninah (npr. paradižniku) in sadnih vrstah (grozdje, jabolka, breskve, papaje, jagode) (Goergen in sod., 2016; Montezano in sod., 2018). Zaradi razlik v izbiri gostitelja in ekoloških preferencah znanstveniki domnevajo, da obstajata dva biotipa – tako imenovani »koruzni sev« in »rižev sev«, ki se razlikujeta po vedenju, reprodukciji in razširjenosti (CABI, 2018).

5 TIPI POŠKODB

Poškodbe zaradi hranjenja gosenic ameriške koruzne sovke se pojavijo že takoj po njihovem izleganju iz jajčec. Ena najzgodnejših značilnosti je skeletiranje listov, kjer gosenice ob prehranjevanju odstranijo listni mezofil in pustijo le žile (Sagar in sod., 2020). Gosenice druge razvojne stopnje začnejo delati luknje v listih in se prehranjujejo od roba proti sredini. Posledično imajo listi raztrgan, nažrt videz, listni robovi pa se pogosto odtrgajo od rastline (Capinera, 2000).

Pri hujših napadih gosenic pride do obsežne defoliacije, z značilnimi ostanki iztrebkov na rastlinah, kar dodatno prispeva k okužbam z glivami in zmanjšanju fotosinteze (Sathyan in sod., 2022). Poškodovani so tudi reproduktivni deli rastlin, saj pogosto pride do zaustavitve razvoja storžev, svile in metlic (Reddy, 2019). V začetnih razvojnih stopnjah gosenic (prvi in drugi) se pojavijo prosojne poškodbe in skeletiranje, medtem ko v poznejših stopnjah (tretji do šesti) nastanejo večje luknje. Ob koncu razvoja gosenic je mogoče v listnem lijaku ali

na listih opaziti ostanke, podobne žagovini (CABI, 2018). Starejše gosenice povzročajo izjemno škodo – pogosto ostanejo le rebra listov in stebila, medtem ko je rastlina povsem uničena (Marenco in sod., 1992).

6 ZATIRANJE AMERIŠKE KORUZNE SOVKE

Zgodnje odkrivanje škodljivca je ključno za preprečitev morebitne gospodarske škode ameriške koruzne sovke (Nagoshi in sod., 2019). Po raziskavah Fernández (2002) je prag gospodarske škode pri 5 % uničenih sadih ali 20 % napadenih listnih rozetah. Prvih 30 dni po setvi koruze je kritično obdobje za opazovanje zastopnosti gosenic (Assefa in Ayalew, 2019).

Učinkovito obvladovanje je možno le s kombinacijo različnih metod – fizikalnih, mehanskih, agrotehničnih, biotičnih, biotehniških in kemičnih. Kot kažejo raziskave, je razvojni stadij gosenice najbolj dovzeten in ustrezen za izvajanje varstva rastlin, zlasti če se sredstva uporabijo v jutranjih, popoldanskih ali večernih urah (Assefa in Ayalew, 2019). Vključitev vseh razpoložljivih ukrepov v integrirani pristop (IVR) je ključen za dolgoročno zatiranje te invazivne vrste.

6.1 KEMIČNO ZATIRANJE

Insekticidi se za namene zatiranja ameriške koruzne sovke uporabljajo že od začetka 20. stoletja, kar je na škodljivčevem izvornem območju v ZDA privedlo do razvoja odpornosti na številne aktivne snovi (Luginbill, 1928). Monitoring oz. spremljanje stopnje odpornosti populacij škodljivca na območju izvora je tako ključnega pomena, vendar zahteva poznavanje osnovne (referenčne) stopnje občutljivosti. Zaradi prekomerne, dolgotrajne in preveč razširjene uporabe insekticidov proti ameriški koruzni sovki pa so osnovne ravni odpornosti v ciljnih populacijah pogosto neznane (Yu, 1991; Kulye in sod., 2021). Posledično je težko interpretirati, kako so se ravni odpornosti spreminjale ali razvijale skozi čas. Ravno zato populacije ameriške koruzne sovke, ki izvirajo iz njenega domorodnega območja v Severni in Južni Ameriki, predstavljajo dragocen vir za spremljanje sprememb v odzivu na izbrane insekticidne snovi (Yu, 1991; Kulye in sod., 2021). Poleg tega omogočajo prepoznavanje genetske osnove, ki je v ozadju razvoja odpornosti.

Znotraj domorodnega območja razširjenosti ameriške koruzne sovke so do danes dokumentirali več zgle- dov odpornosti na različne skupine klasičnih sintetičnih insekticidov, vključno s piretroidi, karbamati in organ-

skimi fosforjevimi estri (Pitre, 1988; Carvalho in sod., 2013). Poročila o odpornosti na karbamate segajo že v sedemdeseta leta prejšnjega stoletja v zvezni državi Georgia (ZDA) (Young in McMillan, 1979), medtem ko je bila odpornost na piretroidi prvič ugotovljena leta 1997 v laboratorijsko vzdrževani populaciji škodljivca v Braziliji (Diez-Rodriguez in Omoto, 2001).

V zadnjem času so na območju izvora škodljivca številni poročali o njegovi odpornosti na novejši razrede insekticidnih spojin, ki veljajo za bolj specifične ter okolju prijaznejše. Sem sodita tudi spinosad in toksini bakterije *Bacillus thuringiensis* Berliner 1915, ki ju uporabljamo tudi v Sloveniji, saj ne spadata med tradicionalne kemične pripravke, ki so v veliki meri že prepovedani oz. nimajo več registracije za uporabo (FITO-INFO, 2025). Znotraj domorodnega območja vrste bi izpostavili odpornost škodljivca na spinosad, ki je bila potrjena v Braziliji (Okuma in sod., 2017), podobno tudi v Portoriku (Gutiérrez-Moreno in sod., 2019). V obeh državah pa so zabeležili tudi odpornost na Bt-toksin Cry1F, ki je izražen v gensko spremenjeni koruzi (Storer in sod., 2010; Farias in sod., 2014). Omeniti moramo, da gensko spremenjenih rastlin v Evropi ni dovoljeno pridelovati, poznamo pa pripravke, ki vsebujejo kot aktivno snov omenjeno vrsto toksina (FITO-INFO, 2025). Podobno so odpornost na toksin VIP3A zaznali tudi v ZDA v zvezni državi Louisiana (Yang in sod., 2017).

Raziskave o odpornosti in uporabi kemičnih snovi potekajo tudi na območjih, kjer vrsta postaja ali je že dlje invazivna. Raziskovalne skupine iz Afrike (Sisay in sod., 2019), Indije (Deshmukh in sod., 2020; Kulye in sod., 2021), Kitajske (Zhang in sod., 2020; Guan in sod., 2021), jugovzhodne Azije (Boaventura in sod., 2020) in Avstralije (Nguyen in sod., 2021; Tay in sod., 2022) poročajo in še vedno raziskujejo upad učinkovitosti različnih skupin insekticidnih snovi ter beležijo podatke o odpornosti invazivnih populacij ameriške koruzne sovke. Uporabljene metode vključujejo bioanalize, gensko karakterizacijo s pomočjo PCR in Sangerjevega sekvenciranja ter tudi ponovno sekvenciranje celotnega genoma. Rezultati kažejo, da nekatere populacije kažejo odpornost na določene snovi, medtem ko so druge znotraj naravnega razpona toksikoloških okvirjev, kar odraža genetsko raznolikost med preučevanimi skupinami. V določenih zgledih so bile zaznane tudi spremembe v stopnji tolerance do določenih insekticidov, kot sta klorpirifos in emamektin benzoat. Kljub številnim podatkom pa primerljivost med študijami ostaja otežena zaradi metodoloških neskladij v bioanalizah – denimo različnih pristopov k izpostavitvi kemikalijam, načinov ocenjevanja smrtnosti, razvojnih fazah testiranih osebkov ter izračunu smrtonosnih odmerkov (Deshmukh in sod., 2020; Kulye in sod., 2021).

Vsa ta poročila odražajo trende razvoja odpornosti znotraj in zunaj naravnega območja razširjenosti te vrste.

V takšnem kontekstu je iskanje alternativnih sredstev in drugih načinov zatiranja izjemno pomembno. Le celosten pristop, ki vključuje usklajene raziskovalne metode, spremljanje odpornosti in integrirane strategije zatiranja, lahko pripelje do dolgoročno učinkovitega zatiranja ameriške koruzne sovke.

6.2 MEHANSKE METODE ZATIRANJA

6.2.1 Pasti

Pri mehanskem zatiranju ameriške koruzne sovke se uporabljajo predvsem različne vrste pasti. Po podatkih raziskovalcev iz Etiopije naj bi z uporabo pasti lahko zatrli 54 % celotne populacije tega škodljivca (Assefa, 2018; Assefa in Ayalew, 2019). Med najpogostejše uporabljene metode spada uporaba feromonskih pasti, ki privabljajo samce metuljev predvsem za namene monitoringa populacije (Assefa, 2018; Assefa in Ayalew, 2019). Ob večjih izbruhih pa se te uporabljajo tudi kot orodje za masovno lovljenje samcev (Assefa in Ayalew, 2019). V skladu s priporočili FAO naj bi bila za učinkovito spremljanje in obvladovanje populacije ameriške koruzne sovke optimalna gostota namestitve feromonskih pasti približno pet pasti na 0,5 ha obdelovalne površine (FAO, 2017; Firake in sod., 2019). Gre za enostavno, ciljno usmerjeno in stroškovno učinkovito metodo, še posebno uporabno pri sledenju populacijske dinamike škodljive vrste. Poleg feromonskih pasti se pogosto uporabljajo tudi t. i. vedraste pasti, sestavljene iz zelenega pokrova, rumenega lijaka in belega zbirnega vedra, namenjene lovljenju odraslih osebkov ameriške koruzne sovke (Meagher, 2001; Hardke in sod., 2015).

Velik pomen pri zgodnjem odkrivanju te škodljive vrste imajo tudi svetlobne pasti, ki temeljijo na privabljanju nočnih metuljev z uporabo ultravijolične svetlobe (UV) ali svetlobe drugih valovnih dolžin (Nagoshi in sod., 2019). Čeprav so manj selektivne kot feromonske, saj privabljajo tudi druge, neželene žuželke, ostajajo dragoceno orodje za načrtno spremljanje (monitoring), zlasti na območjih, kjer se ameriška koruzna sovka pojavlja kot invazivna vrsta (Nagoshi in sod., 2019). Zaradi svoje nespecifičnosti pa niso ustrezne za ciljno zatiranje populacij.

6.2.2 Protiinsektna mreža in koprena

Med mehanske metode lahko štejemo tudi uporabo zaščitne mreže in koprene, a se te v praksi ne uporabljajo

za namene zatiranja ameriške koruzne sovke na njivah s koruzo, saj zaradi stroškov in delovne intenzivnosti niso ustrezne za večje površine (FAO, 2017; FAO, 2019).

6.2.3 Fizikalne metode zatiranja

Ročno odstranjevanje jajčnih legel in gosenic predstavlja enega najstarejših fizikalnih načinov zatiranja škodljivcev, ki se še danes uporablja tam, kjer so druge metode manj dostopne (Yigezu in Waggari, 2020). Firake in sod. (2019) navajajo, da se ta pristop v državah v razvoju (na primer v Indiji) uspešno uporablja za zatiranje ameriške koruzne sovke, pri čemer fizično pobrana jajčna legla in gosenice ubijejo s potopitvijo v petrolej ali vodo. Metoda je sicer učinkovita, vendar zahteva veliko fizičnega dela, njen učinek pa je omejen na škodljivce, ki se že pojavljajo na rastlinah (Firake in sod., 2019).

Med fizikalne metode zatiranja spada tudi uporaba inertnih prahov, kot so pesek, žagovina, diatomejska zemlja, lesni pepel ter drugi podobni materiali, ki se nanšajo bodisi po celotni rastlini (listi, rozete ipd.) bodisi ciljno na škodljivca ali njegovo izvrtino (FAO, 2019).

Za razliko od insekticidov, ki učinkujejo prek toksičnih mehanizmov (npr. protoplazemski, dihalni ali živčni strupi), inertni prahovi delujejo izključno na fizikalni način – z motenjem dihanja ter mehanskimi poškodbami kutikule, kar vodi v desikcijo in posledično pogin žuželke (Batistič in sod., 2023a). Njihova učinkovitost je pogojena z različnimi dejavniki, kot so velikost in oblika delcev, pH prahu ter čistost uporabljenih snovi (Batistič in sod., 2023a).

V kategorijo nekemičnih sredstev poleg inertnih prahov sodijo tudi rastlinska olja, mila in detergenti, ki se v praksi pogosto uporabljajo pri zatiranju ameriške koruzne sovke (Silva in sod., 2016; Kansiime in sod., 2019). V primerih velike napadenosti se kmetje poslužujejo tudi kombinacij inertnih prahov s kemičnimi pripravki v obliki granul, kar omogoča večjo učinkovitost zatiranja škodljivcev (FAO, 2017; Kansiime in sod., 2019).

Čeprav se ameriška koruzna sovka v Sloveniji še ne pojavlja, obstajajo zgledi uporabe inertnih prahov proti drugim gospodarsko pomembnim škodljivcem, denimo proti koloradskemu hrošču (*Leptinotarsa decemlineata* [Say, 1824]) (Batistič in sod., 2023b), rdečemu žitnemu strgaču (*Oulema melanopus* [L., 1758]) (Batistič in sod., 2024) ter škodljivcem zelja na prostem (Batistič in sod., 2025). Te raziskave kažejo na možnost integracije nekemičnih metod v celovite strategije integriranega varstva rastlin, zlasti kot okolju prijaznejšo alternativo uporabi sintetičnih insekticidov.

Dodatno potrdilo o uporabi omenjenih snovi proti tej invazivni vrsti lahko zasledimo tudi v tujih raziskavah iz območij, kjer se vrsta že pojavlja (Silva in sod., 2016;

Kansiime in sod., 2019; Babendreier in sod., 2020). Vendar so tovrstni pristopi praviloma ustrežnejši za manjša pridelovalna zemljišča in ekološko pridelavo.

7 AGROTEHNIČNI UKREPI

Po vsem svetu je priporočen širok nabor agrotehničnih ukrepov za zatiranje ameriške koruzne sovke. Med najpogostejšimi so pravočasna setev, uporaba mešanih in privabilnih posevkov in kolobarjenje, skupaj z ustrezno uporabo dušičnih gnojil (Assefa, 2018; Kasoma in sod., 2020). Eden od dejavnikov, ki ravno tako pripomore k manjšemu pojavu ter zmanjševanju populacije ameriške koruzne sovke je tudi uporaba zgodnjih sort. Uporaba zgodaj dozorevajočih sort koruze lahko po poročanju Chhetri in Acharya, (2019) pomembno zmanjša populacijo ameriške koruzne sovke v naslednji rastni dobi. Prav tako so padavine v zgodnjih fazah rasti posevka povezane z zmanjšanjem števila osebkov. V tej zvezi je bilo v Gani zabeleženo 56 %, v Zambiji pa celo 70 % zmanjšanje pojava ameriške koruzne sovke (Day in sod., 2017; Harrison in sod., 2019).

Kolobar ostaja eden od pomembnejših agrotehničnih ukrepov, ki učinkuje proti širokemu naboru škodljivcev, vendar je njegova neposredna učinkovitost proti ameriški koruzni sovki omejena zaradi polifagnega značaja škodljivca (Montezano in sod., 2018) in njegove izjemne migracijske sposobnosti (Kansiime in sod., 2019). Kljub temu kolobar pomembno prispeva k izboljšanju rodovitnosti tal in posledično zdravju rastlin (Meagher in sod., 2016; Prasanna in sod., 2018).

Med mehanskimi metodami, ki bi se jih lahko poslužili za zatiranje koruzne sovke svetujejo uporabo globokega oranja ali rahljanja tal, s katerima zatiramo bube med prezimovanjem v tleh; ta ukrepa se navadno izvajata med rastnima dobama ali tik pred setvijo (Harrison in sod., 2019). Eksperimentalno se uvajajo tudi sesalne ali pihalne naprave, ki se uporabljajo na posevkih, kot je koruza, za odstranjevanje gosenic s površja rastlin (Prasanna in sod., 2018).

8 PRIVABILNI POSEVKI

Med ukrepe mehanskega ali biotehniškega zatiranja ameriške koruzne sovke spada tudi uporaba privabilnih posevkov. V vzhodni Afriki poročajo o učinkoviti uporabi Napierove trave (*Pennisetum purpureum* Schumach.) za privabljanje škodljivca ter fizični odstranitvi jajčnih legel oz. gosenic s posevka (Midega in sod., 2018). Posevek lahko tudi preventivno uničijo pred pojavom razvojnega

stadija bube oz. zabubljanjem sovke v tleh (Midega in sod., 2018). Številni posevki, ki se uporabljajo v okviru t. i. "push-pull" tehnike delujejo privabilno oz. odvračalno na različne vrste škodljivih organizmov (Khan in sod., 2016). Omenjena metoda se je izkazala kot učinkovita tudi proti ameriški koruzni sovki (Hruska, 2019).

9 PRIPRAVKI NA PODLAGI RASTLINSKIH IZVLEČKOV

Aktivne snovi, pridobljene iz različnih rastlinskih vrst, kažejo v mnogih primerih določene toksične učinke na ameriško koruzno sovko. Omenjene snovi lahko to škodljivo žuželčo vrsto ubijejo, onemogočijo rast in razvoj gosenic ter delujejo antifidantno (vplivajo na manjšo ješčnost). Z uporabo teh derivatov oziroma določenih aktivnih snovi vplivamo tudi na plodnost in uspešnost parjenja žuželk (Rioba in Stevenson, 2020). Proti ameriški koruzni sovki je bilo testiranih mnogo rastlinskih ekstraktov, med najbolj učinkovite pa sodijo aktivne snovi, pridobljene iz naslednjih rastlin: *Azadirachta indica* (A. Juss.), *Phytolacca dodecandra* (L'Hér.) in *Schinus molle* (L.); (Lin in sod., 2020).

Rastlinski pripravki predstavljajo obetavno in cenovno dostopno možnost za zatiranje ameriške koruzne sovke, zlasti v afriških državah, kjer majhni kmetje pogosto nimajo dostopa do dragih kemičnih insekticidov. Souza in sod. (2010) izpostavljajo rastlinski vrsti *Corymbia citriodora* (Hook. K.D. Hill & L.A.S. Johnson) in evkaliptov križanec *Eucalyptus urograndis* (hibrid med *E. grandis* W. Hill in *E. urophylla* S.T. Blake), ki kažeta zadovoljivo učinkovitost proti omenjenemu škodljivcu. Po poročilu Figueroa-Brito in sod. (2013) so semena papaje (*Carica papaya* L.) izkazala večjo učinkovitost pri zatiranju škodljivca kot insekticid malation. Poleg tega so eterična olja rastlin, kot so klinčevец (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M. Perry), kurkuma (*Curcuma longa* L.), palmarosa (*Cymbopogon martinii* (Roxb.) W. Watson) in neem (*Azadirachta indica* A. Juss.), ravno tako pokazala potencial pri zatiranju gosenic ameriške koruzne sovke v prvi in drugi razvojni stopnji gosenice (Figueroa-Brito idr., 2013).

Zaradi velike razpoložljivosti rastlinskega materiala v naravi in enostavne priprave, so ti rastlinski pripravki praktična in cenovno ugodna rešitev zlasti za majhne kmetije. Takšne metode temeljijo na lokalno dostopnih rastlinskih virih in omogočajo zmanjšanje stroškov začetnih surovin, hkrati pa zmanjšujejo uporabo sintetičnih insekticidov.

10 BIOTIČNO VARSTVO

10.1 PARAZITOIDI

Primerjalne raziskave biotičnega zatiranja vrste *S. frugiperda* v tujini so večinoma usmerjene na naravne sovražnike, zlasti parazitoidne osece in muhe, ki parazitirajo jajčeca, gosenice in bube. Do danes je bilo najdenih več kot 150 vrst teh naravnih sovražnikov, vključno s 36 vrstami os (Hymenoptera) in 28 vrstami muh (Diptera), ki parazitirajo bube in odrasle osebkke (Molina-Ochoa in sod., 2003).

V Severni Ameriki so najpomembnejše parazitske ose obravnavanega škodljivca vrste *Telenomus remus* (Nixon, 1937), *Cotesia marginiventris* (Cresson, 1879), *Chelonus texanus* Cresson, 1872, *Chelonus insularis* Cresson, 1865, *Euplectrus platyhypenae* Howard, 1898 *Diapetimorpha introita* (Cresson, 1870) in *Archytas marmoratus* (Townsend, 1892). V Srednji Ameriki prevladujejo vrste *Chelonus insularis* Cresson, *Rogas vaughani* Muesebeck, 1958, *Rogas laphygmae* Viereck, 1911 ter muha *Lespesia archippivora* (Riley, 1871). V Južni Ameriki so pogoste vrste *Meteorus laphygmae* Viereck, 1911, *Camptopletis grioti* (Blanchard, 1947), *Ophion* sp., ter muhe *Archytas incertus* (Macquart, 1847) in *Archytas marmoratus* (Townsend, 1892) (Ruíz-Nájera in sod., 2007; Meagher in sod., 2016).

V Afriki so raziskave pokazale na zastopanost petih vrst naravnih sovražnikov jajčec in gosenic vrste *S. frugiperda*, med katerimi so štiri vrste os in ena vrsta muhe. V Etiopiji je bila kot prevladujoča ugotovljena parazitska osa *Cotesia icipe* Fernández-Triana, 2014, s stopnjo parazitizma med 33,8 in 45,3 %. V Keniji je najpogostejša parazitska muha *Palexorista zonata* (Curran, 1933), pri kateri je bil ugotovljen 12,5 % parazitizem. Vrsti *Charops ater* Szépligeti, 1899, in *Coccygidium luteum* (Cameron, 1910) sta pogosti v Keniji in Tanzaniji, zabeležene stopnje parazitizma pa znašajo med 4 in 12 % (Sisay in sod., 2018).

V Aziji, zlasti v južni Indiji, so bili kot naravni sovražniki ameriške koruzne sovke ugotovljene vrste, kot so *Telenomus* sp. (Haliday), *Trichogramma* sp. (Westwood), *Glyptapanteles creatonoti* (Viereck, 1914), *Camptopletis chlorideae* (Uchida, 1957) ter predstavniki družine Agriopidae (Wyckhuys in O'Neil, 2006). Med vsemi je bil kot eden od najučinkovitejših naravnih sovražnikov prepoznana vrsta *Telenomus remus*, saj parazitira jajčeca in tako učinkovito prepreči nadaljnji razvoj gosenic. V Braziliji, Mehiki, Venezueli in delih Afrike je bila ta vrsta že uspešno uporabljena v praksi. Pri sproščanju 5000–8000 osebkov/ha lahko doseže tudi do 100 % parazitiranje

(Cave in Acosta, 1999; Pomari-Fernandes in sod., 2012; Kenis in sod., 2019).

Osi *Cotesia marginiventris* in *Chelonus insularis* sta ključna naravna sovražnika mladih gosenic ameriške koruzne sovke. Vrsta *C. marginiventris* je razširjena v Ameriki in parazitira predvsem prvo in drugo razvojno stopnjo gosenic, včasih tudi jajčeca. Vrsta *C. insularis* pa parazitira tako jajčeca kot tudi gosenice in lahko vpliva na prezgodnje zabubljanje gostitelja tudi brez uspešnega parazitiranja (Meagher in sod., 2016).

10.2 PARAZITSKE OGORČICE

Najpomembnejša doslej opisana parazitska ogorčica je *Noctuidonema guyanense* Rémillat & Silvain, 1988, ki okužuje do 25 vrst metuljev iz družine Noctuidae, najpogostejše pa vrsto *Spodoptera frugiperda* (Rogers in sod., 1990). Vendar je bila naravna okuženost v poljskih razmerah ocenjena le na 3,8 %, kar pomeni, da komercialna uporaba te vrste še ni izvedljiva. Po drugi strani pa entomopatogena ogorčica *Neoaplectana carpocapsae* (danes znana kot *Steinernema carpocapsae* (Weiser, 1955) izkazuje večji potencial za zatiranje ameriške koruzne sovke. Vrsta je bila že v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja najdena v Latinski Ameriki in Kolumbiji, kjer so jo testirali za uporabo pri biotičnem varstvu koruze (Landa-zabal in sod., 1973). *S. carpocapsae* je danes ena izmed najboljše preučenih vrst ogorčic v biotičnem varstvu rastlin, predvsem zaradi svoje sposobnosti iskanja gostitelja in hitrega povzročanja smrtnosti v zgodnjih razvojnih stadijih škodljivcev.

Acharya in sod. (2020) so izvedli raziskavo učinkovitosti dveh vrst entomopatogenih ogorčic – *S. carpocapsae* in *Heterorhabditis indica* Poinar, Karunakar & David, 1992 – na različnih razvojnih stopnjah gosenic ameriške koruzne sovke. Ugotovili so, da so zgodnje stopnje (2. in 3. razvojna stopnja) zelo občutljive na okužbo z obema vrstama. Vrsta *S. carpocapsae* je vplivala na do 100 % smrtnost gosenic 48–72 ur po tretiranju, medtem ko je vrsta *H. indica* potrebovala daljši čas za takšno učinkovitost zlasti pri starejših gosenicah (5. in 6. stopnja), kjer se je čas do podobne smrtnosti podaljšal na 120–188 ur. Manjše koncentracije ogorčic so povzročile le zmerno smrtnost, preživeli osebki pa so pogosto poginili v stadiju bube ali se razvili v deformirane odrasle osebkke.

V nedavni raziskavi so Chen in sod. (2022) preučevali virulentnost vrste *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1976, sev HbSD proti ameriški koruzni sovki v laboratorijskih razmerah, v rastlinjaki in na prostem. V laboratoriju je bila učinkovitost sevov HbSD velika, zlasti proti 3. in 5. stopnji gosenic, učinkovitost pa je bila

odvisna od koncentracije in trajanja izpostavljenosti. V rastlinjakih je škropljenje z vodno suspenzijo HbSD prav tako pokazalo dobro učinkovitost. Vendar pa se je učinkovitost v poljskih razmerah zmanjšala zaradi vpliva številnih okoljskih dejavnikov, ki negativno vplivajo na preživetje in delovanje ogorčic. Kljub temu raziskava potrjuje, da ima entomopatogena ogorčica *H. bacteriophora* potencial za nadaljnji razvoj kot trajnostno in učinkovito sredstvo za biotično zatiranje ameriške koruzne sovke.

10.3 ENTOMOPATOGENE GLIVE

Entomopatogene glive, kot sta *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. in *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) Sorokin, spadajo med pomembne agense za biotično zatiranje žuželk. Gre za naravno zastopane patogene, ki okužujejo gostitelje prek stika s hitinsko povrhnjico, kar pomeni, da jih je mogoče uporabljati kot kontaktna sredstva. Vendar pa njihova učinkovitost za zatiranje ameriške koruzne sovke ob samostojni uporabi pogosto ostaja omejena.

Več raziskav je pokazalo, da je največja smrtnost gosenic ob tretiranju z izbranimi sevi *B. bassiana* in *M. anisopliae* redko presegla 45 % tudi pri večjih koncentracijah (Carneiro in sod., 2009; Thomazoni in sod., 2014). Povečana odpornost gosenic, njihova hitra rast in prikrit življenjski slog (npr. v notranjosti rastlin ali v zavetju listov) lahko zmanjšajo dostopnost patogenov in s tem omejijo njihovo delovanje.

Zato se v sodobnih pristopih v biotičnem varstvu priporoča kombinacija entomopatogenih gliv z izbranimi insekticidi. Rivero-Borja in sod. (2018) so pokazali, da so kombinacije entomopatogenih gliv *B. bassiana* in *M. anisopliae* z insekticidi, kot je klorpirifos-etil, povzročile sinergističen učinek – povečano smrtnost gosenic, skrajšan čas delovanja ter zmanjšano potrebo po uporabi večjih količin kemičnih sredstev. Ta integrirani pristop zmanjšuje negativne vplive na okolje in neciljne organizme, obenem pa ohranja učinkovitost nadzora populacij vrste *S. frugiperda*. Poleg tega entomopatogene glive prispevajo tudi k psevdoparazitizmu – pojav, pri katerem sicer ne pride do razvoja patogena znotraj gostitelja, vendar interakcija vodi do fizioloških motenj in povečane smrtnosti gosenic. To dodatno prispeva k zmanjšanju populacije škodljivca.

V raziskavah na travnikih in njivah s koruzo (Shylesha in sod., 2018) so bili ugotovljeni naravni izbruhi okužb z vrsto *Nomuraea rileyi* (Farl.) Samson, ki lahko pomembno zatire večje populacije ameriške koruzne sovke v vlažnih razmerah. Vendar pa je učinkovitost te glive močno odvisna od okoljskih razmer, zlasti temperature

in vlage, kar omejuje njeno dosledno uporabo v različnih agroekosistemih.

Trenutni razvoj se zato osredotoča na izboljšanje formulacij, uporabo sevov z večjo virulentnostjo ter kombinacije z drugimi biotičnimi ali kemičnimi sredstvi. Takšen pristop omogoča, da entomopatogene glive postanejo pomemben sestavni del celostnih programov zatiranja ameriške koruzne sovke v okviru strategij trajnostnega kmetovanja.

10.4 ENTOMOPATOGENI VIRUSI

Granulozni virusi (GV), kot je argentinski izolat SfGV ARG, predstavljajo eno od biotičnih možnosti za zatiranje ameriške koruzne sovke. Okužene gosenice pogosto kažejo značilne simptome, kot so otekanje telesa, rumenkasta obarvanost in posledična smrt. Samostojna uporaba GV pogosto ne dosega zadostne učinkovitosti, saj virusi delujejo počasneje in imajo omejeno širjenje v populaciji gostiteljev.

Vendar se učinkovitost granuloznih virusov bistveno poveča, kadar se uporabljajo v kombinaciji z drugimi virusnimi pripravki, zlasti z nuklearno poliedroznim virusom (NPV). Sinergistično delovanje teh virusov vodi v znatno večjo smrtnost gosenic, saj kombinirani učinek oslabi imunski odziv škodljivca in podaljša trajanje okužbe (Shapiro, 2000; Pidre in sod., 2019).

Študije so pokazale, da lahko okužba z GV povzroči počasnejšo rast in zmanjšano sposobnost preživetja gosenic, kar povečuje možnosti za uspešno zatiranje populacij škodljivcev z drugimi agensi. Z uporabo virusnih mešanic se doseže tudi zmanjšanje odmerkov in širše delovanje na različne razvojne stadije škodljivca. V praksi to pomeni, da GV v integriranem varstvu rastlin lahko predstavljajo varno, okolju prijazno in učinkovito strategijo, predvsem če se uporabljajo v kombinaciji z drugimi biotičnimi agensi.

Kljub obetavnim laboratorijskim rezultatom pa ostajajo izzivi, povezani s stabilnostjo virusov v naravnem okolju, UV-občutljivostjo ter učinkovitostjo njihove uporabe na prostem. Potrebne so nadaljnje raziskave, zlasti na področju formulacij, ki bi povečale vzdržljivost virusnih delcev in izboljšale njihovo uporabo v realnih agroekosistemih.

11 ZAKLJUČEK

Ameriška koruzna sovka (*Spodoptera frugiperda*) predstavlja danes eno od največjih globalnih groženj za pridelavo koruze in nekaterih drugih vrst gojenih rast-

lin. Njena izjemna mobilnost, odsotnost diapavze, hiter razvoj in širok nabor gostiteljskih rastlin omogočajo nje-
no hitro širjenje v različnih agroekosistemi. Vrsta, ki je
bila do nedavnega omejena na tropske in subtropske pre-
dele Amerik, se danes pojavlja skorajda po vsem svetu.
Njena zastopanost je bila potrjena tudi že v južni Evropi
– vključno z sporadičnim pojavom na grških otokih in
delom celinske Grčije, kar pomeni, da predstavlja realno
grožnjo tudi za Slovenijo.

V takšnem kontekstu postaja izjemno pomembno
zgodnje odkrivanje in spremljanje morebitne zastopa-
nosti škodljivca, kar zahteva sistematičen monitoring z
uporabo feromonskih ter drugih tipov pasti. Učinkovito
obvladovanje tega škodljivca pa zahteva celosten, integri-
ran in trajnostno usmerjen pristop, ki vključuje že prej
omenjeno pravočasno zaznavo, natančno spremljanje
populacij ter kombinacijo mehanskih, agrotehničnih,
biotičnih in biotehniških metod in kjer je nujno, tudi
kemičnih metod zatiranja. Poseben poudarek pa je treba
nameniti zgodnjemu odkrivanju in uporabi ukrepov var-
stva rastlin v najbolj občutljivejših razvojnih fazah škodljivca,
saj je prav to ključno za učinkovitejše zatiranje in pravo-
časno preprečevanje morebitne gospodarske škode.

Zaradi že ugotovljene odpornosti ameriške koruzne
sovke proti več skupinam insekticidov ter možnosti na-
daljnega razvoja rezistence je racionalna raba insektici-
dov nujna. Poleg tega je treba spodbujati uporabo okolju
prijaznejših načinov zatiranja škodljivca, kot so entomo-
patogene glive, entomopatogene ogorčice, rastlinski iz-
vlečki ter uporaba parazitoidov in različnih mehanskih
tipov pasti (feromonske, svetlobne, ipd.), zlasti v ekološki
pridelavi in na manjših površinah.

Izobraževanje kmetijcev, dostop do kakovostnih
informacij, lokalno prilagojeni ukrepi in podpora sveto-
valnih služb ter znanstvenih institucij bodo imeli ključno
vlogo pri dolgoročnem obvladovanju ameriške koruzne
sovke, če bi se vrsta pojavila tudi v Sloveniji. Le celostno
zasnovana strategija, podprta z znanstvenimi dognanji
in praktičnimi izkušnjami, lahko vodi k zmanjšanju tve-
ganj, ki jih predstavlja ta invazivni škodljivec, in zagotovi
trajnostno pridelavo v prihodnosti.

12 ZAHVALA

Prispevek je nastal v okviru projekta Euphresco
»Tracking *Spodoptera frugiperda* invasion pathways in
Europe through population genomics (2024-E-471)«, ki je
del Programa strokovnih nalog s področja zdravstvenega
varstva rastlin, ki ga financira Ministrstvo za kmetijstvo,
gozdarstvo in prehrano, Uprava Republike Slovenije za
varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin, in projekta

J4-50135 ter programskih skupin P4-0431 in P4-0013, fi-
nanciranih s strani Javne agencije za znanstvenorazisko-
valno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije.

13 VIRI

- Abrahams, P., Bateman, M., Beale, T., Clotney, V., Cock, M.
(2017). *Fall armyworm: Impacts and implications for Africa*.
CABI.
- Acharya, R., Hwang, H. S., Mostafiz, M. M., Yu, Y. S., & Lee,
K. Y. (2020). Susceptibility of various developmental sta-
ges of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, to ento-
mopathogenic nematodes. *Insects*, 11(12), 868. <https://doi.org/10.3390/insects11120868>
- Alam, S. N., Sarker, D., Pradhan, M. Z. H., Rashid, M. H., Sar-
kar, M. A., Ferdous, A. K. M. R. H. (2018). First report of
occurrence of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* in Ban-
gladesh. *Bangladesh Journal of Entomology*, 28, 97–101.
- Ali, A., Luttrell, R. G., Pitre, H. N. (1990). Feeding sites and di-
tribution of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) lar-
vae on cotton. *Environmental Entomology*, 19, 1060–1067.
- Ashley, T. R., Wiseman, B. R., Davis, F. M., Andrews, K. L.
(1989). The fall armyworm: A bibliography. *Florida Ento-
mologist*, 72, 152–202.
- Assefa, F. (2018). Status of fall armyworm (*Spodoptera fru-
giperda*), biology and control measures on maize crop in
Ethiopia: A review. *International Journal of Entomological
Research*, 6(2), 75–85.
- Assefa, F., Ayalew, D. (2019). Status and control measures of
fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) infestations in ma-
ize fields in Ethiopia: A review. *Cogent Food & Agriculture*,
5(1), 1641902.
- Babendreier, D., Koku Agboyi, L., Bese, P., Osae, M., Nboyine,
J., Ofori, S. E. K., Frimpong, J. O., Attuquaye Clotney, V.,
Kenis, M. (2020). The efficacy of alternative, environmen-
tally friendly plant protection measures for control of fall
armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in maize. *Insects*, 11(4),
240. <https://doi.org/10.3390/insects11040240>
- Bajracharya, A. R., Bhat, B. (2019). The first record of Fall Ar-
myworm *Spodoptera frugiperda* in Nepal. Khumaltar, Ne-
pal: NARC. Dostopno na: [http://narc.gov.np/the-first-re-
cord-of-fall-armyworm-spodoptera-frugiperda-in-nepal](http://narc.gov.np/the-first-record-of-fall-armyworm-spodoptera-frugiperda-in-nepal)
- Batistič, L., Bohinc, T., Horvat, A., Trdan, S. (2023a). Inertni
prahovi: alternativni pristop v varstvu rastlin pred kolo-
radskim hroščem (*Leptinotarsa decemlineata* [Say, 1824],
Coleoptera, Chrysomelidae). *Acta Agriculturae Sloveni-
ca*, 119(1), 1–9. [v Slovenščini]. <https://doi.org/10.14720/aas.2023.119.1.2914>
- Batistič, L., Bohinc, T., Horvat, A., Košir, I. J., & Trdan, S.
(2023b). Laboratory investigation of five inert dusts of lo-
cal origin as insecticides against the Colorado potato beetle
(*Leptinotarsa decemlineata* [Say]). *Agronomy*, 13(4), Article
4. <https://doi.org/10.3390/agronomy13041165>
- Batistič, L., Vučajnk, F., Vidrih, M., Horvat, A., Košir, I. J., Šilc,
U., Bohinc, T., Trdan, S. (2024). Evaluating locally sourced
inert dusts as insecticides against the cereal leaf beetle (*Ou-
lema melanopus* [L.]; Coleoptera: Chrysomelidae): A com-

- bined laboratory and field study. *Cogent Food & Agriculture*, 10(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2024.2415393>
- Batistič, L., Bohinc, T., Novljan, M., Indihar, E., Košir, I. J., Šilc, U., Horvat, A., Trdan, S. (2025). Cabbage pest control with local inert dusts: Do diatomaceous earth and wood ash have the highest potential? *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*, 75(1). <https://doi.org/10.1080/09064710.2025.2466448>
- Baudron, F., Zaman-Allah, M. A., Chaipa, I., Chari, N., Chinwada, P. (2019). Understanding the factors influencing fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) damage in African smallholder maize fields and quantifying its impact on yield. *Crop Protection*, 120, 141–150.
- Boaventura, D., Martin, M., Pozzebon, A., Mota-Sanchez, D., Nauen, R. (2020). Monitoring of target-site mutations conferring insecticide resistance in *Spodoptera frugiperda*. *Insects*, 11, 545.
- CABI. (2017). New report reveals cost of Fall Armyworm to farmers in Africa, provides recommendations for control. Dostopno na: <https://www.cabi.org/news-article/new-report-reveals-cost-of-armyworm-to-farmers-in-africa-provides-recommendations-for-control>
- CABI. (2018). Crop Protection Compendium. Dostopno na: <https://www.cabi.org/cpc/>
- CABI. (2019). Invasive Species Compendium: *Spodoptera frugiperda* (fall armyworm). Dostopno na: <https://www.cabi.org/isc/fallarmyworm> [pridobljeno 15. marec 2025]
- Carneiro, T. R., Fernandes, O. A., & Cruz, I. (2009). Influence of intraspecific competition and lack of host on *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) parasitism on *Spodoptera frugiperda* eggs. *Revista Brasileira de Entomologia*, 53, 482–486.
- Carvalho, R. A., Omoto, C., Field, L. M., Williamson, M. S., Bass, C. (2013). Investigating the molecular mechanisms of organophosphate and pyrethroid resistance in the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*. *PLOS ONE*, 8(4), e62268. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062268>
- Capinera, J. L. (2000). Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae). University of Florida IFAS Extension.
- Cave, R. D. in Acosta, N. M. (1999). *Telenomus remus* Nixon: un parasitoide en el control biológico del gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (Smith).
- Chhetri, L. B., Acharya, B. (2019). Fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*): A threat to food security for South Asian countries—control and management options: A review. *Farming Management*, 4(1), 38–44.
- Chen, Y., Long, H., Jin, T., Peng, Z., Sun, Y., & Feng, T. (2022). Potential of Entomopathogenic Nematode HbSD as a Candidate Biocontrol Agent against *Spodoptera frugiperda*. *Insects*, 14(1), 2. <https://doi.org/10.3390/insects14010002>
- Day, R., Abrahams, P., Bateman, M., Beale, T., Clotey, V., Cock, M., in sod. (2017). Fall armyworm: Impacts and implications for Africa. *Outlooks on Pest Management*, 28(5), 196–201.
- Deshmukh, S., Pavithra, H. B., Kalleswaraswamy, C. M., Shivan, B. K., Maruthi, M. S., Mota-Sanchez, D. (2020). Field efficacy of insecticides for management of invasive fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on maize in India. *Florida Entomologist*, 103, 221–227.
- Devi, R., Chandra, U., Rajak, R. K., Kumar, P., Singh, S. K., Veer, R. (2024). Biology of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) on maize under laboratory conditions. *International Journal of Environment and Climate Change*, 14(2), 463–469. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2024/v14i23961>
- Diez-Rodriguez, G. I., Omoto, C. (2001). Inheritance of lambda-cyhalothrin resistance in *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Neotropical Entomology*, 30, 311–316.
- Du Plessis, H., Schlemmer, M.-L., & Van den Berg, J. (2020). The effect of temperature on the development of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Insects*, 11(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/insects11040228>
- EPPO Global Database (2025). *Spodoptera frugiperda*. <https://gd.eppo.int/taxon/LAPHFR>
- EFSA Panel on Plant Health (EFSA PLH Pane I). 2018. Pest risk assessment of *Spodoptera frugiperda* for the European Union <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2018.5351>
- FAO. (2017). FAO Advisory Note on Fall Armyworm (FAW) in Africa. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2018). Integrated management of the fall armyworm on maize: A guide for Farmer Field Schools in Africa. Dostopno 25. Marca, 2025, preko: <http://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/1112643>
- FAO. (2019). Briefing note on FAO actions on fall armyworm. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO, CABI. (2019). Community-based fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) monitoring, early warning and management: Training of Trainers Manual (1. izd.). Dostopno na: <http://www.fao.org/3/CA2924EN/ca2924en>
- FAO. (2019). Regional workshop for Asia: Sustainable management of fall armyworm. Dostopno 24. Marca, 2025, preko: <http://www.fao.org/3/ca7615en/ca7615en>
- Farias, J. R., Andow, D. A., Horikoshi, R. J., Sorgatto, R. J., Freesia, P., et al. (2014). Field-evolved resistance to Cry1F maize by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. *Crop Protection*, 64, 150–158.
- Farias, C. A., Brewer, M. J., Anderson, D. J., Odvody, G. N., Xu, W., Sétamou, M. (2014). Native maize resistance to corn earworm, *Helicoverpa zea*, and fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, with notes on aflatoxin content. *Southwestern Entomologist*, 39(3), 411–426.
- Fernández, J. L. (2002). Estimación de umbrales económicos para *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultivo del maíz. *Investigación Agraria Producción y Protección Vegetal*, 17, 467–474.
- Figueiredo, M., Penteado-Dias, A., Cruz, I. (2005). Danos provocados por *Spodoptera frugiperda* na produção de matéria seca e nos rendimentos de grãos, na cultura do milho. *Embrapa Milho e Sorgo*.
- Figueroa, R., Camino, M., Pérez-Amador, M. C., Muñoz, V., Bratoeff, E., Labastida, C. (2002). Fatty acid composition

- and toxic activity of the acetonetic extract of *Carica papaya* L. (Caricaceae) seeds (with 2 tables). *Phyton*, 71, 97–99.
- Firake, D. M., Behere, G. T., Babu, S., Prakash, N. (2019). Fall armyworm: Diagnosis and management (An extension pocket book) (p. 48). ICAR Research Complex for NEH Region, Umiam-793 103, Meghalaya, India.
- FITO-INFO. (2025). Slovenian information system for plant protection. Ministry of Agriculture, Forestry and Food, Phytosanitary Administration of the Republic of Slovenia. Dostopano 24. Marca 2025, preko: FITO-INFO: Slovenski informacijski sistem za varstvo rastlin
- Ganiger, P., Yeshwanth, H., Muralimohan, K., Vinay, N., Kumar, A., Chandrashekara, K. (2018). Occurrence of the new invasive pest, fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) in the maize fields of Karnataka, India. *Current Science*, 115, 621–623.
- Goergen, G., Kumar, P. L., Sankung, S. B., Togola, A., Tamò, M. (2016). First report of outbreaks of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) in West and Central Africa. *PLOS ONE*, 11(10), e0165632.
- Govt. Nepal. (2019). NPPO Nepal declares the invasion of American Fall Armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Nepal. Dostopno na: <https://reliefweb.int/report/nepal/nppo-nepal-declares-invasion-american-fall-armyworm-spodoptera-frugiperda-nepal>
- Guan, F., Zhang, J., Shen, H., Wang, X., Padovan, A., et al. (2021). Whole-genome sequencing to detect mutations associated with resistance to insecticides and Bt proteins in *Spodoptera frugiperda*. *Insect Science*, 28, 627–638.
- Gutiérrez-Moreno, R., Mota-Sanchez, D., Blanco, C. A., Whalon, M. E., Terán-Santofimio, H., et al. (2019). Field-evolved resistance of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) to synthetic insecticides in Puerto Rico and Mexico. *Journal of Economic Entomology*, 112, 792–802.
- Hardke, J. T., Lorenz, G. M. III, Leonard, B. R. (2015). Fall armyworm (*Lepidoptera: Noctuidae*) ecology in southeastern cotton. *Journal of Integrated Pest Management*, 6(1), 10.
- Harrison, R. D., Thierfelder, C., Baudron, F., Chinwada, P., Midega, C., Schaffner, U., Van Den Berg, J. (2019). Agro-ecological options for fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) management: Providing low-cost, smallholder friendly solutions to an invasive pest. *Journal of Environmental Management*, 243, 318–330.
- Hruska, A. J. (2019). Fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) management by smallholders. *CAB Reviews*, 14(043), 1–11.
- Johnson, S. J. (1987). Migration and the life history strategy of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in the western hemisphere. *International Journal of Tropical Insect Science*, 8(4–6), 543–549.
- Kansime, M. K., Mugambi, I., Rwomushana, I., Nunda, W., Lamontagne-Godwin, J., Rware, H., Phiri, N. A., Chipabika, G., Ndllovu, M., Day, R. (2019). Farmer perception of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith) and farm-level management practices in Zambia. *Pest Management Science*, 75(10), 2840–2850. <https://doi.org/10.1002/ps.5504>
- Kasoma, C., Shimelis, H., Laing, M. D. (2020). Fall armyworm invasion in Africa: Implications for maize production and breeding. *Journal of Crop Improvement*, 35(1), 111–146.
- Kenis, M., Du Plessis, H., Van den Berg, J., Ba, M. N., Goergen, G., Kwadjo, K. E. in Cafà, G. (2019). *Telenomus remus*, a candidate parasitoid for the biological control of *Spodoptera frugiperda* in Africa, is already present on the continent. *Insects*, 10(4), 92.
- Khan, Z. R., Midega, C. A. O., Hooper, A. M., Pickett, J. A. (2016). Push–pull: Chemical ecology-based integrated pest management technology. *Journal of Chemical Ecology*, 42, 689–697.
- Kiprop, V. (2017). Fall armyworm to cost more than \$2bn in losses. The East African Business. Dostopno na: <https://www.theeastafrican.co.ke>
- Kulye, M., Mehlhorn, S., Boaventura, D., Godley, N., Venkatesh, S. K., et al. (2021). Baseline susceptibility of *Spodoptera frugiperda* populations collected in India towards different chemical classes of insecticides. *Insects*, 12, 758.
- Lee, G. S., Seo, B. Y., Lee, J., Kim, H., Song, J. H., Lee, W. (2020). First report of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797), a new migratory pest in Korea. *Korean Journal of Applied Entomology*, 59, 73–78.
- Lin, S. K., Liu, K. H., Wang, R. F., Liu, B. J., Zhang, Y., Wu, J. Y. Z., Cheng, D. M., Xu, H. H., Zhang, Z. X. (2020). Indo-or toxicity of azadirachtin to *Spodoptera frugiperda* and its control effect in field. *Journal of South China Agricultural University*, 41, 22–27.
- Luginbill, P. (1928). The fall army worm. *Technical Bulletin No. 34*. U.S. Department of Agriculture, Washington, DC.
- Maino, J. L., Schouten, R., Overton, K., Day, R., Ekesi, S., Bett, B. (2021). Regional and seasonal activity predictions for fall armyworm in Australia. *Current Research in Insect Science*, 1, 100010.
- Marenco, R., Foster, R., Sanchez, C. (1992). Sweet corn response to fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) damage during vegetative growth. *Journal of Economic Entomology*, 85, 1285–1292.
- Meagher, R. L. Jr. (2001). Collection of fall armyworm (*Lepidoptera: Noctuidae*) adults and nontarget Hymenoptera in different colored unitraps. *Florida Entomologist*, 84, 77–82.
- Meagher, R. L., Nuessly, G. S., Nagoshi, R. N. in Hay-Roe, M. M. (2016). Parasitoids attacking fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in sweet corn habitats. *Biological Control*, 95, 66–72.
- Midega, C. A., Pittchar, J. O., Pickett, J. A., Hailu, G. W., Khan, Z. R. (2018). A climate-adapted push-pull system effectively controls fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), in maize in East Africa. *Crop Protection*, 105, 10–15.
- Molina-Ochoa, J., Carpenter, J. E., Heinrichs, E. A. in Foster, J. E. (2003). Parasitoids and parasites of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas and Caribbean Basin: an inventory. *Florida Entomologist*, 86(3), 254–289.
- Montezano, D. G., Specht, A., Sosa-Gómez, D. R., Roque-Specht, V. F., Sousa-Silva, J. C., Paula-Moraes, S. V., Peterson, J. A., Hunt, T. E. (2018). Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. *African Entomology*, 26(2), 286–300.
- Naeem-Ullah, U., Ansari, M. A., Iqbal, N., Saeed, S. (2019). First authentic report of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), an alien invasive species from Pakistan. *Applied Sciences and Business Economics*, 6, 1–3.
- Nagoshi, R. N., Goergen, G., du Plessis, H., van den Berg, J.,

- Meagher, R. L. Jr. (2019). Genetic comparisons of fall armyworm populations from 11 countries spanning sub-Saharan Africa provide insights into strain composition and migratory behaviors. *Scientific Reports*, 9(1), 8311.
- Nayyar, N., Gracy, R., Ashika, T., Mohan, G., Swathi, R., Mohan, M., Venkatesan, T. (2021). Population structure and genetic diversity of invasive fall armyworm after 2 years of introduction in India. *Scientific Reports*, 11, 1–12.
- Nguyen, D. T., Chen, Y., Herron, G. A. (2021). Preliminary characterisation of known pesticide resistance alleles in *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in its invasive Australian range. *Austral Entomology*, 60, 782–790.
- Okuma, D. M., Bernardi, D., Horikoshi, R. J., Bernardi, O., Silva, A. P., Omoto, C. (2017). Inheritance and fitness costs of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) resistance to spinosad in Brazil. *Pest Management Science*, 74, 1441–1448.
- Perera, N., Magamage, M., Kumara, A., Galahitigama, H., Dissanayake, K., Wekumbura, C. (2019). Fall armyworm (FAW) epidemic in Sri Lanka: Ratnapura district perspectives. *International Journal of Entomological Research*, 7, 09–18.
- Pidre, M. L., Sabalette, K. B., Romanowski, V. in Ferrelli, M. L. (2019). Identification of an Argentinean isolate of *Spodoptera frugiperda* granulovirus. *Revista Argentina de Microbiología*, 51(4), 381–385.
- Pitre, H. N. (1988). Relationship of fall armyworm (*Lepidoptera: Noctuidae*) from Florida, Honduras, Jamaica, and Mississippi: Susceptibility to insecticides with reference to migration. *Florida Entomologist*, 71, 56–61.
- Pomari-Fernandes, A., De Queiroz, A. P., de Freitas Bueno, A., Sanzovo, A. W. in De Bortoli, S. A. (2015). The importance of relative humidity for *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae) parasitism and development on *Corcyra cephalonica* (Lepidoptera: Pyralidae) and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs. *Annals of the Entomological Society of America*, 108(1), 11–17.
- Prasanna, B. M., Huesing, J. E., Eddy, R., Peschke, V. M. (2018). *Fall Armyworm in Africa: A Guide for Integrated Pest Management*. CIMMYT, Mexico, CDMX.
- Ramirez-Cabral, N. Y. Z., Kumar, L., Shabani, F. (2017). Future climate scenarios project a decrease in the risk of fall armyworm outbreaks. *The Journal of Agricultural Science*, 155, 1219–1238.
- Ramasamy, M., Das, B., Ramesh, R. (2022). Predicting climate change impacts on potential worldwide distribution of fall armyworm based on CMIP6 projections. *Journal of Pest Science*, 95(2), 841–854.
- Rioba, N. B., Stevenson, P. C. (2020). Opportunities and scope for botanical extracts and products for the management of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) for smallholders in Africa. *Plants*, 9, 207. <https://doi.org/10.3390/plants9020207>
- Rivero-Borja, M., Guzmán-Franco, A. W., Rodríguez-Leyva, E., Santillán-Ortega, C., & Pérez-Panduro, A. (2018). Interaction of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* with chlorpyrifos ethyl and spinosad in *Spodoptera frugiperda* larvae. *Pest Management Science*, 74(9), 2047–2052.
- Rogers, C., Marti, O., Simmons, A. in Silvain, J.-F. (1990). Host range of *Noctuidonema guyanense* (Nematoda: Aphelenchoididae): An ectoparasite of moths in French Guiana. *Environmental Entomology*, 19(3), 795–798.
- Ruiz-Nájera, R. E., Molina-Ochoa, J., Carpenter, J. E., Espinosa-Moreno, J. A., Ruiz-Nájera, J. A., Lezama-Gutiérrez, R. in Foster, J. E. (2007). Survey for hymenopteran and dipteran parasitoids of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in Chiapas, Mexico. *Journal of Agricultural and Urban Entomology*, 24(1), 35–42.
- Rwomushana, I. (2019). *Spodoptera frugiperda* (fall armyworm). *Invasive Species Compendium*. CABI. <https://doi.org/10.1079/ISC.29810.20203373913>
- Rwomushana, I., Bateman, M., Beale, T., Beseh, P., Cameron, K., Chiluba, M., Tambo, J. (2018). *Fall armyworm: Impacts and implications for Africa: Evidence note update*. UK: CABI.
- Sathyan, T., Sathiah, N., Mohankumar, S., Balasubramani, V., Ravikesavan, R., Kennedy, J. (2022). Molecular characterization of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*, J.E. Smith) feeding on rice (*Oryza sativa* L.) in Tamil Nadu. *International Journal of Plant & Soil Science*, 34(18), 31–38. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2022/v34i1831049>
- Shapiro, M. (2000). Effect of two granulosis viruses on the activity of the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) nuclear polyhedrosis virus. *Journal of Economic Entomology*, 93(6), 1633–1637. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.6.1633>
- Sharanabasappa, Kalleshwaraswamy, C. M., Asokan, R., Mahadeva Swamy, H. M., Maruthi, M. S., Pavithra, H. B., in sod. (2018). First report of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, an alien invasive pest on maize in India. *Pest Management in Horticultural Ecosystems*, 24, 23–29.
- Shaurob, E. S. H. (2024). Remote sensing and geographic information system applications as early-warning tools in monitoring fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*: A review. *International Journal of Tropical Insect Science*, 1–18.
- Shylesha, A., Jalali, S., Gupta, A., Varshney, R., Venkatesan, T., Shetty, P., Subaharan, K. (2018). Studies on new invasive pest *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) and its natural enemies. *Journal of Biological Control*, 32(3), 1–7.
- Silva, K. C. C., Zorzetti, J., Santoro, P. H., Hoshino, A. T., Neves, P. M. O. J. (2016). Inert powders alone or in combination with neem oil for controlling *Spodoptera eridania* and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Semina: Ciências Agrárias*, 37(4), 1801. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n4p1801>
- Sisay, B., Simiyu, J., Malusi, P., Likhayo, P., Mendesil, E., Elbariki, N. in Tefera, T. (2018). First report of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), natural enemies from Africa. *Journal of Applied Entomology*, 142(8), 800–804.
- Sisay, B., Tefera, T., Wakgari, M., Ayalew, G., Mendesil, E. (2019). The efficacy of selected synthetic insecticides and botanicals against fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in maize. *Insects*, 10, 2.
- Sisodiya, D., Raghunandan, B., Bhatt, N., Verma, H., Shewale, C., Timbadiya, B., Borad, P. (2018). The fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith): First report in maize fields of Gujarat, India. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6, 2089–2091.
- Sisay, B., Tefera, T., Wakgari, M., Ayalew, G., Mendesil, E.

- (2019). The efficacy of selected synthetic insecticides and botanicals against fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in maize. *Insects*, 10, 45.
- Souza, T. F., Fevero, S., Conte, C. D. O. (2010). Bioatividade de óleos essenciais de espécies de eucalipto para o controle de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Brasileira de Agroecologia*, 5(2), 157–164.
- Sparks, A. N. (1979). A review of the biology of the fall armyworm. *Florida Entomologist*, 62, 82–87.
- Storer, N. P., Babcock, J. M., Schlenz, M., Meade, T., Thompson, G. D., et al. (2010). Discovery and characterization of field resistance to Bt maize: *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Puerto Rico. *Journal of Economic Entomology*, 103, 1031–1038.
- Tay, W. T., Rane, R. V., James, W., Gordon, K. H. J., Downes, S., Kim, J., ... & Walsh, T. K. (2022). Resistance bioassays and allele characterization inform analysis of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) introduction pathways in Asia and Australia. *Journal of Economic Entomology*, 115(6), 1790–1805.
- Thomazoni, D., Formentini, M. A., & Alves, L. F. A. (2014). Patogenicidade de isolados de fungos entomopatogênicos à *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Arquivos do Instituto Biológico*, 81, 126–133.
- Todd, E., Poole, R. (1980). Keys and illustrations for the armyworm moths of the noctuid genus *Spodoptera* Guenée from the Western Hemisphere. *Annals of the Entomological Society of America*, 73(6), 722–738.
- Visser, D. (2017). *Fall armyworm: An identification guide in relation to other common caterpillars – A South African perspective*. Pretoria: Agricultural Research Council.
- Wyckhuys, K. A. G. in O'Neil, R. J. (2006). Population dynamics of *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) and associated arthropod natural enemies in Honduran subsistence maize. *Crop Protection*, 25(11), 1180–1190.
- Wyckhuys, K. A. G., Akutse, K. S., Amalin, D. M., Araj, S. E., Barrera, G., Beltran, M. J. B., in sod. (2024). Global scientific progress and shortfalls in biological control of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*. *Biological Control*, 105460.
- Yang, F., Morsello, S., Head, G. P., Sansone, C., Huang, F., et al. (2017). F₂ screen, inheritance and cross-resistance of field-derived Vip3A resistance in *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) collected from Louisiana, USA. *Pest Management Science*, 74, 1769–1778.
- Yang, X., Wyckhuys, K. A. G., Jia, X., Nie, F., Wu, K. (2021). Fall armyworm invasion heightens pesticide expenditure among Chinese smallholder farmers. *Journal of Environmental Management*, 282, 111949.
- Yigezu, G., Wakgari, M. (2020). Local and indigenous knowledge of farmers' management practice against fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* [J. E. Smith]) (Lepidoptera: Noctuidae): A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 8(1), 765–770.
- Young, J. R., McMillan, W. W. (1979). Differential feeding by two strains of fall armyworm larvae on carbaryl-treated surfaces. *Journal of Economic Entomology*, 72, 202–203.
- Yousaf, S., Rehman, A., Masood, M., Ali, K., Suleman, N. (2022). Occurrence and molecular identification of an invasive rice strain of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* in Sindh, Pakistan. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 129(1), 71–78.
- Yu, S. (1991). Insecticide resistance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 39, 84–91.
- Zanzana, K., Dannon, E. A., Sinzogan, A. A., Toffa, J. M. (2024). Fall armyworm management in a changing climate: An overview of climate-responsive IPM strategies. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 34(1), 54.
- Zhang, L., Liu, B., Zheng, W., Liu, C., Zhang, D., et al. (2020). Genetic structure and insecticide resistance characteristics of fall armyworm populations invading China. *Molecular Ecology Resources*, 20, 1682–1696.