

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Urša MELANŠEK

**UČINKOVITOST ENTOMOPATOGENE OGORČICE
Steinernema feltiae [Filipjev] (Rhabditida:
Steinernematidae) ZA ZATIRANJE CVETLIČNEGA
RESARJA (*Frankliniella occidentalis* [Pergande])
(Thysanoptera, Thripidae) NA KUMARAH**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2007

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Urša MELANŠEK

UČINKOVITOST ENTOMOPATOGENE OGORČICE *Steinernema feltiae* [Filipjev] (Rhabditida: Steinernematidae) ZA ZATIRANJE CVETLIČNEGA RESARJA (*Frankliniella occidentalis* [Pergande]) (Thysanoptera, Thripidae) NA KUMARAH

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

EFFICACY OF ENTOMOPATHOGENIC NEMATODE *Steinernema feltiae* [Filipjev] (Rhabditida: Steinernematidae) AGAINST WESTERN FLOWER THRIPS (*Frankliniella occidentalis* [Pergande]) (Thysanoptera, Thripidae) ON CUCUMBERS

GRADUATION THESIS
Higher Professional Studies

Ljubljana, 2007

Diplomsko delo je zaključek visokošolskega strokovnega študija agronomije in hortikulture in je bilo opravljeno na Katedri za entomologijo in fitopatologijo, na Oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Poskus je bil opravljen na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja diplomskega dela imenovala doc. dr. Stanislava Trdana.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: akad. prof. dr. Ivan KREFT
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: doc. dr. Stanislav TRDAN
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Jože OSVALD
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisana se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddala v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Urša Melanšek

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Vs
- DK UDK 632. 731: 635. 63: 632. 937: 632. 651: 632. 951 (043. 2)
- KG cvetlični resar/*Frankliniella occidentalis*/entomopatogene ogorčice/*Steinernema feltiae*/učinkovitost/insekticidi/abamektin/solatne kumare/rastni substrati/perlit/vermikulit/glinopor/šota
- KK AGRIS H01/H10
- AV MELANŠEK, Urša
- SA TRDAN, Stanislav (mentor)
- KZ SI-1111 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- LI 2007
- IN UČINKOVITOST ENTOMOPATOGENE OGORČICE *Steinernema feltiae* [Filipjev] (Rhabditida: Steinernematidae) ZA ZATIRANJE CVETLIČNEGA RESARJA (*Frankliniella occidentalis* [Pergande]) (Thysanoptera, Thripidae) NA KUMARAH
- TD Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
- OP IX, 36 str., 1 pregl., 11 sl., 52 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI V poskusu, ki smo ga leta 2004 izvajali v plastenjaku na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani, smo primerjali učinkovitost entomopatogene ogorčice *Steinernema feltia* in abamektina proti ličinkam in odraslim osebkom cvetličnega resarja (*Frankliniella occidentalis*), na solatnih kumarah. Kumare, ki so rastle od sredine junija do konca avgusta, so bile posejane v štirih različnih substratih: šotnem substratu, vermikulitu, perlitu in na glinoporu. Suspenzijo entomopatogenih ogorčic (2500 infektivnih ličink/ml) smo aplicirali na kumare devetkrat, aplikacijo insekticida v priporočeni koncentraciji (22,5 g aktivne snovi/ha) pa smo opravili trikrat. Način zatiranja (aplikacija ogorčic, insekticida ali neškropljena kontrola) je pokazal pomemben vpliv na obseg poškodb na listih, medtem ko tip rastnega substrata in dan ocenjevanja nista imela pomembnega vpliva na obseg poškodb. Na kumarah, ki smo jih tretirali z ogorčicami ali insekticidom, smo opazili manj poškodb (manj kot 10% listne površine) kot na netretiranih rastlinah. Rastni substrati, na katerih so rastle kumare, so vplivali na število in maso plodov. Izkazalo se je, da je glinopor v tej zvezi manj ustrezen kot ostali trije substrati. Na povprečno maso plodov je močno vplival način zatiranja cvetličnega resarja. Tako je bil omenjeni parameter na škropljenih rastlinah za 37-51% večji kot na neškropljenih. Povprečno število plodov na rastlino se ni bistveno razlikovalo med različnimi načini zatiranja.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs
DC UDC 632. 731: 632. 63: 632. 937: 632. 651: 632. 951 (043.2)
CX western flower thrips/*Frankliniella occidentalis*/entomopathogenic nematodes/*Steinernema feltiae*/efficacy/insecticides/abamectin/slicer cucumbers/growth substrates/expanded perlite/vermiculite/light clay aggregate/peat
CC AGRIS H01/H10
AU MELANŠEK, Urša
AA TRDAN, Stanislav (supervisor)
PP SI-1111 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
PY 2007
TI EFFICACY OF ENTOMOPATHOGENIC NEMATODE *Steinernema feltiae* [Filipjev] (Rhabditida: Steinernematidae) AGAINST WESTERN FLOWER THRIPS (*Frankliniella occidentalis* [Pergande]) (Thysanoptera, Thripidae) ON CUCUMBERS
DT Graduation Thesis (Higher Professional Studies)
NO IX, 36 p., 1 tab., 11 fig., 52 ref.
LA sl
AL sl/en
AI In a greenhouse experiment in 2004, we compared the effectiveness of entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* and abamectin against larvae and adults of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, on slicer cucumbers. In a period from mid of June till end of August cucumbers were grown in four different growth substrates: peat, expanded vermiculite, expanded perlite and light expanded clay aggregate. Suspension of entomopathogenic nematodes (2500 infective juveniles/ml) was applied to cucumber leaves nine times in growing season, while insecticide at recommended dose (22.5 g a.i./ha) was used three times. Important effect in the extent of damage on the leaves (assessed by six grade scale) was determined only for type of suppression (nematodes, insecticide, and untreated control), while type of growth substrate and damage evaluation dates (16 July, 3 August and 23 August) showed no such effect. The leaves of cucumbers, treated with nematodes and insecticide, were less damaged (damage did not exceed 10 % of the leaf surface) by the pest compared to untreated plants. Type of growth substrate, on the other hand, showed important effect on the number of fruits as well as on the mean mass of fruits. In this connection light expanded clay aggregate showed to be the least appropriate growth substrate, while other three substrates can be recommended for cucumber growing. Mean mass of fruits was also influenced by type of suppression; namely, mean mass of fruits in treated plants was higher (from 37 up to 51 %) than in untreated plants. The mean number of fruits per plant did not differ much between different types of pest suppression.

KAZALO VSEBINE

Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	VIII
Simboli in okrajšave	IX
1 UVOD	1
1.1 NAMEN RAZISKAVE	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 CVETLIČNI RESAR (<i>Frankliniella occidentalis</i> [Pergande])	2
2.1.1 Izvor in razširjenost	2
2.1.2 Sistematika resarjev	2
2.1.2 Opis cvetličnega resarja	3
2.1.4 Identifikacija	4
2.1.5 Razvojni krog z opisom ostalih razvojnih stadijev	4
2.1.6 Razvojni krog v zavarovanih prostorih	5
2.1.7 Gostiteljske rastline	5
2.1.8 Škoda	6
2.1.8.1 Neposredna škoda	6
2.1.8.2 Posredna škoda	6
2.2 ENTOMOPATOGENE OGORČICE	8
2.2.1 Splošne lastnosti ogorčic	8
2.2.2 Zgodovina entomopatogenih ogorčic	9
2.2.3 Sistematika entomopatogenih ogorčic iz rodu <i>Steinernema</i>	9
2.2.3.1 Vrste entomopatogenih ogorčic iz rodu <i>Steinernema</i>	10
2.2.4 Razvojni krog entomopatogenih ogorčic	10
2.3 ODNOSI MED OGORČICAMI IN ŽUŽELKAMI	11
2.3.1 Načini parazitiranja	12
2.4 ENTOMOPATOGENE OGORČICE IN NJIHOVE SIMBIOTSKE BAKTERIJE	12
2.4.1 Sistematika simbiotskih bakterij	13
2.4.2 Razmnoževanje simbiotskih bakterij	13
2.5 DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA PREŽIVETJE ENTOMOPATOGENIH OGORČIC	13
2.6 FORMULACIJA OGORČIC	14
2.6.1 Nanašanje entomopatogenih ogorčic	15
2.7 GOJENJE KUMAR	15
2.7.1 Morfološke in biološke lastnosti kumar	15
2.7.2 Vpliv okoljskih dejavnikov na rast in razvoj kumar	16
2.7.3 Gojenje kumar v zavarovanem prostoru	17
2.7.3.1 Gojenje kumar v plastenjaku	17
2.7.3.2 Gojenje kumar v steklenjaku	17
2.8 RASTNI SUBSTRATI	18

2.8.1 Glinopor	18
2.8.2 Perlit	18
2.8.3 Šotni substrat	18
2.8.4 Vermikulit	18
3 MATERIALI IN METODE DELA	19
3.1 ZASNOVA POSKUSA	19
3.2 OCENJEVANJE KUMAR	20
4 REZULTATI	22
4.1 POVPREČNI INDEKS POŠKODB NA LISTIH KUMAR	22
4.2 POVPREČNA MASA PLODOV	24
4.3 POVPREČNO ŠTEVILO PLODOV NA RASTLINO	26
5 RAZPRAVA IN SKLEPI	28
6 POVZETEK	30
7 VIRI	32
ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Entomopatogene ogorčice iz rodu <i>Steinernema</i> in njihove simbiotske bakterije (Kaya, 2000)	12
----------------	---	----

KAZALO SLIK

Slika 1:	Odrasli osebek cvetličnega resarja (<i>Frankliniella occidentalis</i> [Pergande]) (<i>Frankliniella occidentalis</i> ... 2004)	3
Slika 2:	Poškodbe zaradi cvetličnega resarja na cvetu nageljna (foto: S. Trdan)	7
Slika 3:	Poškodbe zaradi cvetličnega resarja na streptokarpu (foto: S. Trdan)	7
Slika 4:	Poškodbe na listu kumare zaradi napada cvetličnega resarja (<i>Frankliniella occidentalis</i> [Pergande])	20
Slika 5:	Preučevanje učinkovitosti dveh načinov zatiranja cvetličnega resarja smo leta 2004 izvajali v plastenjaku na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani.	21
Slika 6:	Povprečni indeks poškodb zaradi napada cvetličnega resarja (<i>Frankliniella occidentalis</i>) na listih kumar, gojenih na štirih različnih substratih.	22
Slika 7:	Povprečni indeks poškodb zaradi napada cvetličnega resarja (<i>Frankliniella occidentalis</i>) na listih kumar v treh različnih obravnavanjih.	23
Slika 8:	Povprečna masa plodov na kumarah, gojenih v štirih različnih substratih	24
Slika 9:	Povprečna masa plodov na kumarah v treh različnih obravnavanjih	25
Slika 10:	Povprečno število plodov na rastlino. Kumare so bile gojene v štirih različnih substratih	26
Slika 11:	Povprečno število plodov na rastlino v treh različnih obravnavanjih.	27

SIMBOLI IN OKRAJŠAVE

t.i. tako imenovano
in sod. in sodelavci

1 UVOD

Več kot 20 let po vnosu v Evropo je cvetlični resar (*Frankliniella occidentalis* [Pergande]) v številnih državah Stare celine še vedno najpomembnejši škodljivec v zavarovanih prostorih (Karnkowski, 2002). V nekaterih južноеvropskih državah pa se pogosto pojavlja tudi na prostem. Je značilen polifag, saj se lahko prehranjuje na več kot 250 vrstah gostiteljskih rastlin. Njegove populacije so navadno številčnejše in škodljivejše na okrasnih rastlinah in vrtninah. Ta polifagna žuželka je rastlinam škodljiva posredno in neposredno, pri čemer je rezultat prvega dejanja največkrat srebrenje napadenih organov, iznakaženost in šibka rast. Druga oblika resarjevega delovanja se največkrat omenja v zvezi s prenašanjem tospovirusov (Inoue in sod., 2004).

Ob ustrezni uporabi kemičnih insekticidov je mogoče škodljivčeve populacije zmanjšati, kljub temu pa se v zadnjem času več pozornosti namenja okolju in ljudem prijaznejšim načinom njihovega zatiranja. Med slednje štejemo tudi uporabo entomopatogenih ogorčic, to je parazitskih, brezbarvnih, nesegmentiranih glistic, ki imajo sposobnost ubiti žuželke. Entomopatogene ogorčice so biotični agensi, ki so bili doslej preučevani na precejšnjem številu žuželčjih vrst, v laboratoriju in na prostem. Na začetku so bile omenjene ogorčice znane zlasti kot naravni sovražniki talnih škodljivih žuželk, v zadnjih letih pa so v nekaterih raziskavah dokazali, da so lahko učinkovite tudi proti nadzemskim škodljivcem (Arthurs in sod., 2004).

Pridelava kumar na rastnih substratih je vse pomembnejši način pridelave te vrtnine v rastlinjakih. Prednost tega načina v primerjavi s konvencionalnim (talnim) načinom pridelave, je poleg nadzorovanega dodajanja hranil tudi v tem, da lahko neustrezen substrat zamenjamo, če ni več ustrezen. Uporaba entomopatogenih ogorčic v takšnih pridelovalnih sistemih lahko zato temelji predvsem na njihovi foliarni aplikaciji, s katero je mogoče doseči hitrejšo delovanje teh biotičnih agensov.

1.1 NAMEN RAZISKAVE

Namen naše raziskave je bil ugotoviti, kakšna je učinkovitost entomopatogene ogorčice *Steinernema feltiae* (Filipjev) pri zatiranju ličink in odraslih osebkov cvetličnega resarja (*Frankliniella occidentalis* [Pergande]) na kumarah, v primerjavi s kemičnim insekticidom abamektinom. Poleg tega smo želeli ugotoviti ali manjši obseg škodljivčevih poškodb na listih, škropljenih s preučevanim biotičnim agensom, vpliva na višji pridelek kumar.

2 PREGLED OBJAV

2.1 CVETLIČNI RESAR (*Frankliniella occidentalis* [Pergande])

2.1.1 Izvor in razširjenost

Cvetličnega resarja (*Frankliniella occidentalis* [Pergande]) je prvi opisal Pergande leta 1895, ki ga je v Kaliforniji (ZDA) našel na listih marelice in krompirja, na cvetovih pomarančevca in na različnih plevelih. Leta 1913 so pojav resarja ugotovili na mangu in fižolu na Floridi, na cvetovih raznih citrusov pa v Kanadi (1923), Utahu (1930), na Havajih (1972) in v Teksasu (1985).

V začetku sedemdesetih let prejšnjega stoletja se je škodljivec postopoma razširil tudi na ostale celine. Leta 1973 se pojavi v Novi Zelandiji, leto pozneje pa v vzhodni Aziji (Koreja). Od leta 1977 je zastopan v Južni Ameriki, kjer so ga našli v Peruju. O njegovi prvi najdbi na Japonskem poročajo leta 1986, v Južnoafriški republiki leta 1989 in v Avstraliji leta 1993.

V Evropi so ga prvič opazili leta 1983 na Nizozemskem. Od tam se je vrsta hitro razširila po celini, tako da je danes zastopana v vseh evropskih državah (Tommasini in Maini, 1995). V naših sosednjih državah se leta 1987 pojavi v Italiji, po letu 1989 pa na Hrvaškem in Madžarskem. Zastopana je tudi v Avstriji (CAB International, 1997). Leta 1992 je bila vrsta prvič ugotovljena v Sloveniji (Janežič, 1993).

2.1.2 Sistematika resarjev

Ocenjeno je bilo, da na Zemlji živi približno 8000 vrst resarjev. V red resarjev (Thysanoptera) so jih doslej uvrstili okrog 5000. Najdemo jih lahko v vseh območjih, največ v toplih območjih, nekoliko manj pa v območjih z zmernim podnebjem. Nekaj vrst resarjev poseljuje tudi območja z hladnim podnebjem. Resarje delimo v dve večji skupini: Terebranti (podred Terebrantia) in Tubuliferi (podred Tubulifera), nadalje pa so razdeljeni v 8 družin (Merothripidae, Aeolothripidae, Heterothripidae, Adiheterothripidae, Thripidae, Uzelothripidae, Fauriellidae in Phlaeothripidae). V podred Tubulifera štejemo le družino fleotripid (Phlaeothripidae), ki je s 3000 znanimi vrstami tudi najštevilčnejša (Trdan, 2003).

Podred Terebrantia je bolj raznolika skupina, ki vsebuje 8 družin in okrog 2000 vrst resarjev (Mound, 2003). Najštevilčnejša družina v tem podredu je družina tripid (Thripidae), kamor uvrščamo tudi rod *Frankliniella*. Ta spada med vrstno najštevilčnejše rodove v redu resarjev, saj vključuje približno 180 vrst. V tem pogledu ga presegajo le rodovi *Thrips* (približno 275 vrst), *Liothrips* (približno 255 vrst) in *Haplotrips* (okrog 230 vrst). Družina Thripidae je zaradi številčnosti rodov in vrst razdeljena v dve poddružini, Panchaethripinae in Thripidae. V slednjo uvrščamo tudi rod *Frankliniella*.

Kar 93% vrst resarjev uvrščamo v družini Phlaeothripidae ali Thripidae in prav te tudi največkrat najdemo na gojenih rastlinah. Vendar pa le slab odstotek vrst, ki so bile doslej najdene v svetu, štejemo med škodljivce gojenih rastlin.

2.1.3 Opis cvetličnega resarja

Odrasli osebki cvetličnega resarja so manjši od 2 mm in so s prostim očesom težko opazni. So vitke, drobne žuželke z ozkimi resastimi krili (slika 1). Samice so svetlo do temno rjave barve in imajo temnejši zadek. Velike so približno od 1,3 do 1,4 mm in so večje od samcev, ki merijo od 0,9 do 1,1 mm (Tommasini in Maini, 1995). Na podlagi drugih literaturnih virov pa ugotavljamo, da se pojavljajo tudi daljše forme. Samice imajo ožji storžast zadek, samci pa so svetlejši (EPPO, 2002).

V sredini petdesetih in začetku šestdesetih let tega stoletja so v Kaliforniji (ZDA) ugotovili, da se vrsta pojavlja v treh barvnih vzorcih, ki so genetsko določeni. Označili so jih kot temni tip, svetli tip, (oba imata homozigotni genotip) ter vmesni tip, ki ima heterozigotni genotip. Samice se lahko pojavljajo v vseh treh oblikah, saj so diploidne. Haploidni samci pa so vedno svetli. Barva osebkov ni odvisna od vrste gostiteljske rastline, ampak predvsem od dejavnikov okolja. Avtorji nekaterih raziskav so sklepali, da so temnejši osebki odpornejši na nižjo temperaturo, svetlejši osebki, pa bi naj bolje prenašali višjo temperaturo (Bryan in Smith, 1956 cit. po Brødsgaard 1989a; Sakimura, 1962, cit. po Brødsgaard, 1989a). V Nemčiji, na Nizozemskem in v Italiji so doslej našli le svetlejše in vmesne oblike vrste *Frankliniella occidentalis*, temnejša forma je bila doslej najdena v enem samem zgledu in sicer na Danskem (Brødsgaard, 1989b; Mantel, 1987, cit. po Tommasini in Maini, 1995).



Slika 1: Odrasli osebki cvetličnega resarja (*Frankliniella occidentalis* [Pergande]) (*Frankliniella occidentalis* ... 2004)

2.1.4 Identifikacija

Za cvetličnega resarja in večino drugih vrst resarjev je značilno delno ali popolno nespolno razmnoževanje ali partenogeneza. Partenogenetsko razmnoževanje je možno bodisi z arhenotokijo, kar pomeni, da se iz neoplojenih jajčec razvijejo samo samci, bodisi s telitokijo, kjer se iz neoplojenih jajčec razvijejo le samice (Tommasini in Maini, 1995).

Identifikacija živih osebkov resarja *Frankliniella occidentalis* in tudi večine drugih vrst resarjev je težavna. To trditev lahko delno zanikamo le z odličnim poznavanjem lokalne favne. Obstoje temnejših in svetlejših form je pri številnih vrstah neredko povezan tudi s precejšnjimi razlikami v velikosti telesa, ki se pojavljajo tako znotraj obeh spolov kot med njima. Zato moramo vzorčne osebkke nabirati nadvse skrbno in jih natančno preparirati za ogled pod mikroskopom. Že najmanjša poškodba vzorca lahko vodi v napačno identifikacijo (Palmer in sod., 1989; Mound in Kibby, 1998).

Vendar pa je v entomološki praksi velikokrat potrebna hitra determinacija osebkov, saj se lahko le na takšen način odločimo za potrebne varstvene ukrepe. Ravno s tem namenom so bili narejeni nekateri ključi za identifikacijo resarjev. Služijo nam kot učinkovit pripomoček pri raziskovalnem delu, kot tudi v praksi (Moritz, 1994).

2.1.5 Razvojni krog z opisom ostalih razvojnih stadijev

Preobrazba (metamorfoza) resarjev ima značilnosti hemimetabolnega (nepopolna preobrazba) in holometabolnega (popolna preobrazba) razvoja. Zato nekateri entomologi resarje uvrščajo v prvo, spet drugi pa v drugo skupino žuželk. Schliephake in Klimt govorita celo o posebni skupini žuželk, to je o žuželkah z t. i. remetabolno preobrazbo (Schliephake in Klimt, 1979, cit. po Brødsgaard, 1989a).

Kot pri vseh predstavnikih podreda Terebrantia, velja tudi za vrsto *Frankliniella occidentalis*, da se med razvojnim stadijem jajčeca od odraslega osebkke zvrstita dva stadija ličink, predpupa (predbuba) in pupa (buba). Samice cvetličnega resarja imajo žagasto leglico (ovipozitor), s katero delajo luknje v parenhimsko tkivo listov, cvetov in plodov. Vanje odložijo od 40 do 300 motnih ledvičastih jajčec z velikostjo 0,25 x 0,50 mm (Schmidt, 1997). Ličinke imajo dve razvojni stopnji; predstavniki prve so prozorni, predstavniki druge pa zlatorumeni. Morfološko spominjajo na image, le da se od njih razlikujejo po rdečih očeh in manjšem številu členov v tipalkah ter da nimajo kril. Ličinke druge stopnje so bolj požrešne in za gostiteljske rastline do trikrat bolj škodljive kot ličinke prve stopnje. V razvojni stadij predpupe in zatem v razvojni stadij pupe preidejo resarji na skritih mestih na rastlinah ali v tleh, na globini od 1,5 do 2 cm. Na belkastih predpupah so že vidne krilne zasnove in še vedno enostavne tipalke. Zelo svetle pa so pupe, vendar pa imajo že bolj razvite krilne zasnove in daljše tipalke, ki so obrnjene navzdol. V omenjenem stadiju se žuželke ne hranijo, premikajo pa se le če jih vznemirimo. Odrasli osebki so sprva belkasti, približno 48 ur po zadnji pupalni levitvi pa dobijo značilno barvo. Imagi lahko letijo le prvih 24 ur (Brødsgaard, 1989a).

2.1.6 Razvojni krog v zavarovanih prostorih

Za večina evropskih držav je znano, da se vrsta *Frankliniella occidentalis* nemoteno razvija in razmnožuje le v zavarovanih prostorih. Ob celoletni pridelavi vrtnin ali okrasnih rastlin je bilo zastopanost cvetličnega resarja v zavarovanih prostorih permanentna, kar ji omogoča tudi izrazita polifagnost. V optimalnih razmerah razvije škodljivec letno od 11 do 15 rodov. Škodljivec zapusti rastlinjake le v toplem obdobju in se zunaj njih razmnožuje, vendar pa se od njih nikoli pretirano ne oddalji. V primeru zimske prekinitve pridelave rastlin v rastlinjakih za daljši ali krajši čas, škodljivec preživi neustrezne življenjske razmere (predvsem nizke temperature in pomanjkanje hrane) v razvojnem stadiju pupe v tleh ali pa v stadiju imaga na različnih plevelih. V primeru prekinitve pridelave gojenih rastlin v toplem obdobju leta, pa vrsta *Frankliniella occidentalis* brez večjih težav preživi na rastlinah ali plevelih ob njih in se na gojene rastline ponovno naseli ob začetku njihovega gojenja (Trdan in sod., 1999).

Gospodarski pomen vrste je vezan na trajanje razvojnega kroga, ki je najbolj odvisen od temperature okolja. Razvojni krog traja pri 15 °C 48 dni, pri 20 °C 22 dni, pri 25 °C 15 dni in pri 30 °C 12 dni. Pod 9,5 °C oziroma nad 34 °C se škodljivec ne razmnožuje ali umre. V povprečju živijo odrasli osebk 21 dni (Trdan, 1999a).

2.1.7 Gostiteljske rastline

Vrsto *Frankliniella occidentalis* so doslej našli na približno 250 vrstah rastlin iz več kot 62 družin. Med gojenimi rastlinskimi vrstami naseljuje okrasne rastline in vrtnine v zavarovanih prostorih in na prostem. Najdemo pa jo tudi na sadnem drevju, vinski trti, poljščinah in plevelih. V večini evropskih držav najdemo cvetličnega resarja predvsem v rastlinjakih (Felland in sod., 1995). Cvetličnega resarja omenjajo na prostem kot pomembnega škodljivca bombaža, pšenice, jagod, čebule, marelic, breskev, jablane, krompirja, sončnic, vinske trte in citrusov, v zavarovanih prostorih pa kot pomembnega škodljivca kumar, paprike, jajčevca, fižola, paradižnika ter okrasnih rastlin, kot so krizanteme, gerbere, vrtnice, ciklame, vodenke, krvomočnice, gloksinije, cinerarije in druge (Schmidt, 1995). V Sloveniji so leta 1997 in leto pozneje ugotovili prerazmnožitev tega škodljivca v rastlinjakih na treh lokacijah. V Ljubljani se je škodljivec prerazmnožil na kumarah in jajčevcu, v Novi Gorici na kumarah, v Čatežu pa na krizantemah, nageljnih in še nekaterih vrstah okrasnih rastlin (Trdan in sod., 1999).

2.1.8 Škoda

Cvetlični resar je rastlinam škodljiv neposredno in posredno.

2.1.8.1 Neposredna škoda

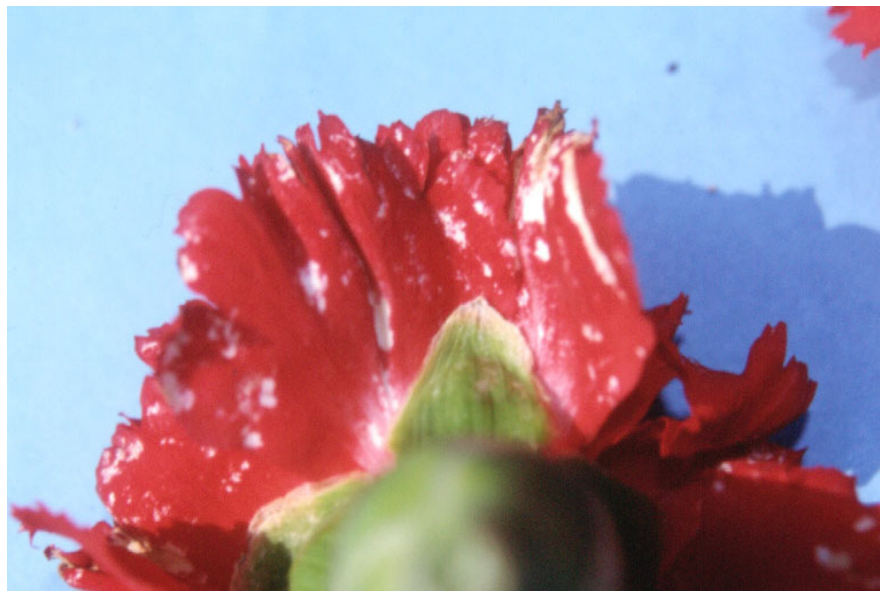
Cvetlični resar je gostiteljskim rastlinam škodljiv neposredno in posredno. Neposredna škoda na rastlinah, napadenih od fitofagnih predstavnikov iz reda Thysanoptera je povezana z aktivnostjo ustnega aparata med hranjenjem. Pri predstavnikih podreda Terebrantia, kamor uvrščamo tudi cvetličnega resarja, pa do poškodb pride tudi med odlaganjem jajčec. Tako ličinke kot odrasli osebki imajo dobro razvit ustni aparat, ki jim služi za bodenje, strganje in sesanje. Žuželka najprej preluknja rastlinsko tkivo in izbrizga vanj slino. Posledica tega je lizija celic. Nato resar posesa celično vsebino s posebno cevko, maksilarnim stiletom. Podobne poškodbe nastanejo tudi zaradi vdora leglice v rastlinsko tkivo pri odlaganju jajčec. Slina resarjev vsebuje fitotoksične snovi, ki vplivajo na specifične reakcije tkiva, kot so dehidracija in razbarvanje. Obseg poškodb je odvisen od številčnosti škodljivca in od rastlinskih organov, ki jih ta naseljuje. Odvisen je tudi od razvojnega stadija rastlin in od strupenosti sline posamezne vrste resarja.

Najbolj značilna poškodba vrste *Frankliniella occidentalis* je razbarvanje listov na zgornji strani. Napadena mesta imajo značilno srebrno barvo (sliki 2 in 3), ki je posledica vstopa zraka v izsesane celice. Drugi znaki so iznakaženost, šibkejša rast in razvoj, rjave izbokline in svetleče pege, ki jih predstavljajo manjše temnejše brazgotine, obkrožene z belkastim tkivom. Poškodbe najdemo tudi na cvetovih in pogosto na plodovih, kažejo pa se v razbarvanju, zvijanju in nastanku brazgotin. Brsti so lahko iznakaženi, če je bila rastlina napadena še pred odprtjem cvetov. Zanesljiva sled poškodb cvetličnega resarja so tekoči temnejši iztrebki ob ali na poškodovanem tkivu (Tommasini in Maini, 1995).

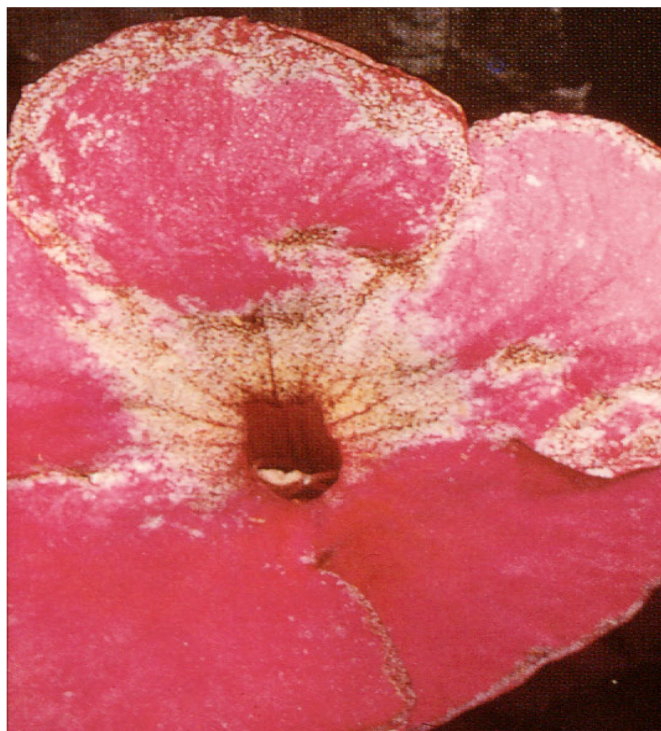
2.1.8.2 Posredna škoda

Hranjenje resarja se začne z izbrizgom sline v celice gostiteljskih rastlin in se nadaljuje s sesanjem vsebine celice, ki pozneje propade. Pri tovrstnem načinu prehranjevanja resarji pridobijo viruse v telo in jih nato prenašajo. Cvetličnega resarja uvrščamo med pomembne prenašalce nekaterih vrst virusov. Največje pozornosti je v zadnjem obdobju deležna njegova tovrstna povezava s povzročiteljem broncaste pegavosti tobaka (virus tomato spotted wilt ali krajše TSWV). Novejše raziskave so pokazale, da lahko pridobijo ta virus že en dan stare ličinke in da ga lahko kar 80% ličink prenaša še preden pridejo v razvojni stadij pupe (Anon., 1997). V Sloveniji je TSWV že dokazan (Mavrič in Ravnikar, 2001). Bolezenska znamenja zaradi okužbe rastlin s TSWV se navadno pokažejo šele po štirinajstih dneh, zato v svetu v namen zgodnejše detekcije virusa uporabljajo nekatere indikatorske rastline. Med njih uvrščamo petunije in nekatere vrste tobaka. Te namreč po nekaj dni po okužbi pokažejo izrazita bolezenska znamenja (Allen in Metteoni, 1991; Jenser, 1997).

Vrsta *Frankliniella occidentalis* lahko prenaša tudi viruse INSV (impatiens necrotic spot tospovirus), PFBV (pelargonium flower break virus), GRSV (groundnut ringspot tospovirus), TCSV (tomato chlorotic spot tospovirus) in nekatere druge viruse iz skupine tospovirusov.



Slika 2: Poškodbe zaradi cvetličnega resarja na cvetu nageljna (foto: S. Trdan)



Slika 3: Poškodbe zaradi cvetličnega resarja na streptokarpu (foto: S. Trdan)

2.2 ENTOMOPATOGENE OGORČICE

2.2.1 Splošne lastnosti ogorčic

Izraz »nematode« ali slovensko ogorčice prihaja iz grščine; »nema« namreč po grško pomeni nit, »toid« pa oblika. Ogorčice so talni organizmi. V dolžino merijo od 0.1 mm do več metrov (Kaya in Koppenhofer, 1999). So živali, ki za rast in razvoj potrebujejo vlago. So kozmopoliti in jih lahko najdemo tudi v ekstremnih razmerah. Doslej entomopatogene ogorčice niso bile najdene le na Antarktiki.

Ogorčice so enostavni, nesegmentirani valjasti črvi, ki so veliki od 0,1 mm do nekaj metrov. Imajo prebavni, razmnoževalni, mišični, žlezni in živčni sistem, nimajo pa dihalnega in cirkularnega sistema. Prav tako nimajo razvitega vida in sluha. Lahko so enospolniki, hermafroditi, kjer so v istem organizmu spolni organi obeh spolov, ali pa se razmnožujejo s partenogenezo (Kaya in Koppenhofer, 1999).

So bilateralno-simetrično, podolgovato, nečlenasto oblikovani organizmi, katerih telo je prikrito s kutikulo hipodermalnega izvora. Sprednji del telesa je navadno zaokrožen, med vrstami pa se oblika telesa razlikuje. Ustna odprtina je največkrat na skrajnem sprednjem delu telesa, na katerem se nahajajo značilni izrastki v obliki papil in set. Ustna odprtina se nadaljuje v prednjo črevo, srednje črevo ali intestine in zadnje črevo, ki se končuje oziroma se odpira v kloako pri samcih ali v zadnjično odprtino (anus) pri samicah (Pechenik, 2005).

Ogorčice živijo na kopnem, zastopane pa so tudi v sladki in slani vodi. So kozmopoliti, zato jih lahko najdemo tudi v ekstremnih razmerah ledene Antarktike in na območjih s tropsko vročino. Večina ogorčic je prostoživečih, nekatere vrste pa so tudi paraziti rastlin in živali, vključno z žuželkami (Kaya in Koppenhofer, 1999). Za nekatere vrste ogorčic, ki parazitirajo žuželke je značilen komenzalizem, kar pomeni odnos med živalsko ali rastlinsko vrsto, ki navadno živi skupaj in kjer ima ena vrsta korist od druge, medtem ko druga skoraj ni prizadeta (Naravoslovje..., 1996). Pri drugih vrstah ogorčic pa se pojavlja tudi fakultativni ali obligatni parazitizem. Pri fakultativnem parazitizmu ogorčice živijo prosto, zunaj žuželke, in vstopijo v parazitski krog tedaj, ko se v njihovi bližini pojavi ustrezna gostiteljska žuželka. V obligatnem parazitizmu ogorčica ne more preživeti brez gostitelja (Kaya in Koppenhofer, 1999).

Pri parazitizmu ogorčice škodujejo njihovim gostiteljem, tako da slednji postanejo sterilni, slabše plodni, imajo krajšo življenjsko dobo, slabše letajo, povzročajo pa tudi motnje v razvoju gostitelja in druge vedenjske, morfološke in fiziološke aberacije (Kaya in Koppenhofer, 1999). Ogorčice, ki lahko parazitirajo žuželke, uvrščamo v 23 različnih družin. Predstavniki iz sedmih družin so potencialno ustrezni za biotično zatiranje žuželk. Danes za zatiranje žuželk uporabljamo le ogorčice iz družine Heterorhabditidae in Steinernematidae, ki jih v tržne namene proizvajajo številna podjetja na različnih koncih sveta (Koppenhofer, 2000).

2.2.2 Zgodovina entomopatogenih ogorčic

V letu 1929 sta Glaser in Fox prvič našla ogorčico, ki je parazitirala ličinko hrošča *Popillia japonica* (Newman) na igrišču za golf v New Jerseyu (ZDA). Steiner je istega leta parazitsko ogorčico opisal kot *Neoaplectana (Steinernema) glaseri*. Glaser in sodelavci so omenjeno ogorčico namnožili in jo leta 1930 uporabili v poljskem poskusu za zatiranje omenjenega hrošča v New Jerseyu. Ogorčico so aplicirali na 73 različnih parcelah, po 14 dneh pa so na 72 parcelah odkrili parazitirane ličinke hrošča (Smart, 1995).

Glaserjevo pomembno odkritje bi v tistem času lahko pomenilo veliki napredek v biotičnem varstvu rastlin. Na to so pozabili, saj se je po 2. svetovni vojni število raziskav z entomopatogenimi ogorčicami zmanjšalo zaradi cenejših sintetičnih insekticidov na trgu. V obdobju 1960-1970 so se pokazali negativni vplivi insekticidov na okolje, zato je v teh letih Ameriška agencija za varstvo okolja (U.S. Environmental Protection Agency) dosegla prepoved uporabe nekaterih fitofarmacevtskih sredstev. Tako so se ljudje ponovno začeli zanimati za entomopatogene ogorčice kot sredstvo za biotično varstvo rastlin. S tem se je povečala tudi intenzivnost raziskav na temo entomopatogenih ogorčic (Smart, 1995).

Prvotno so entomopatogene ogorčice uporabljali kot biotične agense za zatiranje talnih škodljivcev, ker so bile prilagojene na življenje v tleh. Danes jih uporabljajo tudi za zatiranje žuželk na nadzemskih delih rastlin, posebno na območjih z visoko zračno vlago (Kaya, 2000).

2.2.3 Sistematika entomopatogenih ogorčic iz rodu *Steinernema*

Entomopatogene ogorčice iz rodu *Steinernema* uvrščamo v naslednje tolsonovske kategorije:

Deblo:	Nemata
Razred:	Secrenentea
Podrazred:	Rhabditia
Red:	Rhabditida
Podred:	Rhabditina
Naddružina:	Rhabditoidea
Družina:	Steinernamatidae
Rodova:	<i>Steinernema</i> , <i>Neosteinernema</i>

2.2.3.1 Vrste entomopatogenih ogorčic iz rodu *Steinernema*

V rod *Steinernema* je bilo doslej uvrščenih 26 vrst, in sicer *S. abbasi*, *S. affine*, *S. arenarium*, *S. bicornutum*, *S. bibionis*, *S. carpocopsae*, *S. caudatum*, *S. ceratophorum*, *S. cubanum*, *S. feltia*, *S. glaseri*, *S. intermedium*, *S. kari*, *S. kushidai*, *S. kraussei*, *S. longicaudum*, *S. monticolum*, *S. neocurtillae*, *S. oregonense*, *S. puertoricense*, *S. rarum*, *S. riobravis*, *S. ritteri*, *S. scapterisci*, *S. siamkayai*, *S. tami* (Gaugler, 2002).

Ogorčica *Steinernema feltiae* najpogosteje parazitira ličinke dvokrilcev (Diptera) (Peters, 1996; Gaugler, 1999; Koppenhofer, 2000). Omenjena vrsta lahko gostitelje parazitira pri temperaturi nižji od 10 °C. *S. feltiae* je od vseh vrst iz rodu *Steinernema* najmanj stabilna, saj je njena življenjska doba v pripravkih zelo kratka (Gaugler, 1999). Odrasla ogorčica meri v dolžino 849 µm in je široka 26 µm, infektivna ličinka pa meri v dolžino 736-950 µm, široka pa je 22-29 µm (Gaugler, 2002).

2.2.4 Razvojni krog entomopatogenih ogorčic

V razvojnem krogu entomopatogenih ogorčic se zvrstijo naslednji razvojni stadiji: jajčece, ličinka, ki se navadno levi do štirikrat, in odrasel osebek (imago). Življenjski krog ogorčic iz družine Steinernematidae ima poseben stadij, imenovan »dauer juvenile«, kar pomeni v nemščini trpežen oziroma trajen. V slovenskem jeziku ta stadij imenujemo infektivna ličinka ali tretja larvalna stopnja ogorčic. To je morfološka posebnost tega stadija, ki nastane kot posledica pomanjkanja hrane in prilagoditev na neugodne razmere zunaj gostitelja za daljše časovno obdobje. Infektivne ličinke so edini prostoživeči stadij ogorčic in so zelo dobro prilagojene na življenje v tleh. Omenjena ličinka ima v sprednjem delu črevesa od 200 do 2000 simbiotskih bakterij.

Pri ogorčicah iz družine Steinernematidae so simbiotske bakterije v veziklih črevesja. V telo gostitelja prodre infektivna ličinka prek naravnih odprtín, kot so usta, zadnjična odprtina ali traheje oziroma skozi kutikulo. Nato preide v hemolimfo gostitelja, kjer sprosti bakterije (Hazir in sod., 2003). Hemolimfa je bogat medij, ki bakterijam omogoča rast, sproščanje toksinov in eksoencimov, ki ubijejo gostitelja (Burnell in Stock, 1999).

Bakterije se v hemolimfi hitro množijo in proizvajajo toksine ter druge metabolite, ki prispevajo k oslabitvi obrambnega mehanizma gostitelja. Ta približno dva dni po vstopu ličinke vanj propade (Ehlers, 2001). Snovi, ki jih izločajo bakterije, poginule žuželke varujejo tudi pred napadi drugih mikroorganizmov (Hazir in sod., 2003). Ličinke se začnejo v gostitelju hraniti z bakterijami in razgrajenim tkivom gostitelja. Aktivni postanejo žrelo, prebavni trak in ekskrecijski metabolizem.

Ličinke se nato začnejo leviti v četrto larvalno stopnjo, iz katere se razvijejo odrasli osebki prvega rodu. Po parjenju samice ležejo jajčeca. Če hrane ni dovolj, se iz jajčec neposredno razvijejo infektivne ličinke, ki obdržijo simbiotske bakterije v črevesju, zapustijo gostitelja in v tleh nadaljujejo z iskanjem novega gostitelja. V tleh lahko preživijo tudi več mesecev

brez ustreznega gostitelja (Burnell in Stock, 1999). Če pa je hrane dovolj vsaj še za en rod, se iz jajčec, ki so jih izlegle samice prvega rodu, razvijejo ličinke prve larvalne stopnje, ki se nato levijo v ličinke druge, tretje in četrte larvalne stopnje. Ličinke četrte larvalne stopnje se razvijejo v odrasle samce in samice drugega rodu. Razmnoževanje ogorčic se nadaljuje vse dotlej, dokler imajo v poginulem gostitelju dovolj zaloge hrane. Ponavadi je hrane v gostitelju dovolj za dva do tri rodove (Gaugler, 2002). Najugodnejše razmere za razmnoževanje ogorčic so v hemolimfi gostitelja. V ugodnih razmerah infektivne ličinke iz družine Steinernematidae zapustijo gostitelja 6. do 11. dni po parazitiranju (Kaya, 2002).

2.3 ODNOSI MED OGORČICAMI IN ŽUŽELKAMI

Odnosi med ogorčicami in žuželkami so različni. Govorimo lahko tako o naključnem odnosu, kakor tudi o tako imenovanem parazitskem odnosu. Vse te odnose lahko poimenujemo z izrazom »entomofilne ogorčice«. O entomopatogenih ogorčicah govorimo takrat, ko imajo le-te z žuželko fakultativen ali obligaten parazitski odnos. Pojav parazitizma entomopatogenih ogorčic na ciljni organizem se odraža kot sterilnost, zmanjšana plodnost, slabše letalne sposobnosti, krajša življenjska doba, zaostanek v razvoju in druga vedenjska, morfološka in fiziološka odstopanja od osebk, ki ni bil napaden (Kaya in Koppenhofer, 1999).

Entomopatogene ogorčice v večini zgledov povzročijo smrt gostitelja. Parazitski odnos z žuželkami je znan za ogorčice iz 23 družin. Med temi družinami imajo ogorčice iz sedmih družin lastnosti, ki so potrebne za biotično zatiranje žuželk. Med slednje spada tudi družina Steinernematidae, ki se razlikuje od ostalih po visoki stopnji virulentnosti in lažjemu načinu gojenja ter je ravno zaradi tega pomembnejši dejavnik v biotičnem varstvu rastlin pred škodljivimi žuželkami. Trenutno je znanih 63 vrst entomopatogenih ogorčic iz treh rodov, vendar imajo samo vrste iz rodu *Steinernema* in *Heterorhabditis* (Rhabditida) pomembno vlogo v biotičnem varstvu rastlin (Kaya in Koppenhofer, 1999).

Nekatere vrste ogorčic ima obligaten parazitski odnos z žuželko, kjer ni vidnih škodljivih vplivov na gostitelja. Nekatere druge vrste pa imajo fakultativen oziroma obligaten odnos z vidnimi škodljivimi vplivi na gostitelja. Razvojni krog ogorčic je v fakultativnem odnosu neodvisen od gostitelja, parazitski razvojni krog pa se pojavi šele ob pojavu ustreznega gostitelja. V obligatnem parazitskem odnosu ogorčice ne morejo preživeti brez gostitelja (Kaya in Koppenhofer, 1999).

Vsako leto strokovnjaki odkrijejo nekaj novih vrst entomopatogenih ogorčic (Kaya, 2000). V večini zgledov gre za laboratorijske poskuse, kjer so okoljske razmere ustrezne, in je kontakt med ogorčico in gostiteljem zagotovljen. Zato lahko večina entomopatogenih ogorčic parazitira različne vrste žuželk (Kaya in Koppenhofer, 1999).

2.3.1 Načini parazitiranja

Sposobnost parazitiranja imajo smo t. i. infektivne ličinke, ki vstopijo v gostitelja na različne načine, odvisno od dostopnih poti in razvojnega stadija gostitelja. Najpogostejše vstopijo v gostitelja prek dihalnih odprtih, pa tudi prek ustne in zadnjične odprtine. Po uspešnem vstopu v dihalni ali prebavni sistem gostitelja, morajo infektivne ličinke predreti še steno traheol in steno prebavnega trakta. To dosežejo z uporabo fizične moči, in sicer z udarjanjem telesa ali zoba, ki se nahaja na koncu ust. Stene traheol so zelo nežne, zato jih infektivne ličinke lahko predrejo z mehanskim pritiskom glave. Težave pa jim povzroča prediranje stene prebavnega trakta, saj je njegova membrana močnejša. Vrsta *Steinernema glaseri* rabi kar od 4 do 6 ur, da predre steno srednjega črevesja hrošča *Popillia japonica*. Simbiotske bakterije se sprostijo od pol ure do petih ur po tem, ko infektivne ličinke predrejo steno (Kaya, 2000).

2.4 ENTOMOPATOGENE OGORČICE IN NJIHOVE SIMBIOTSKE BAKTERIJE

Bakterije, ki so v simbiotskem odnosu z entomopatogenimi ogorčicami iz rodu *Steinernema*, pripadajo rodu *Xenorhabdus*, medtem ko bakterije, ki so v simbiotskem odnosu z entomopatogenimi ogorčicami iz rodu *Heterorhabditis*, pripadajo rodu *Photorhabdus*.

Vsaka vrsta entomopatogenih ogorčic je v simbiotskem odnosu samo z eno vrsto bakterij (preglednica 1), ena vrsta bakterij pa je lahko v simbiotskem odnosu z več vrstami entomopatogenih ogorčic. Odnosi med entomopatogenimi ogorčicami in simbiotskimi bakterijami niso obvezni, saj lahko ogorčice in bakterije v laboratorijskih razmerah gojimo ločeno. V nasprotju z drugimi ogorčicami (Rhabditidae), ki se lahko hranijo z različnimi bakterijami, so entomopatogene ogorčice razvile zelo tesen simbiotsko-mutualističen odnos s točno določenimi vrstami bakterij. Simbiotske bakterije preoblikujejo nekatere beljakovine gostitelja v substrat, na katerem se ogorčice lahko razvijajo in razmnožujejo. Ogorčica pa bakteriji omogoči vstop v gostitelja, kjer se lahko tudi sama hrani in razmnožuje (Burnell in Stock, 2000).

Preglednica 1: Entomopatogene ogorčice iz rodu *Steinernema* in njihove simbiotske bakterije (Kaya, 2000)

Vrsta entomopatogenih ogorčic	Vrsta simbiotskih bakterij
<i>Steinernema carpocapsae</i>	<i>Xenorhabdus nematophilus</i>
<i>Steinernema feltiae</i>	<i>Xenorhabdus bovienii</i> Akhurst
<i>Steinernema glaseri</i>	<i>Xenorhabdus poinarii</i> Akhurst
<i>Steinernema kuchidae</i>	<i>Xenorhabdus japonicus</i>
<i>Steinernema riobrave</i>	<i>Xenorhabdus</i> sp.
<i>Steinernema scapterisci</i>	<i>Xenorhabdus</i> sp.

2.4.1 Sistematika simbiotskih bakterij

Družina: Enterobacteriaceae

Rod: *Xenorhabdus*

Rod: *Photorhabdus*

Bakterije iz rodov *Xenorhabdus* in *Photorhabdus* so v mutualističnem odnosu z infektivnimi ličinkami entomopatogenih ogorčic. Omenjene bakterije se nahajajo v črevesju infektivnih ličink (Burnell in Stock, 2000).

V rod *Xenorhabdus* je uvrščenih pet vrst simbiotskih bakterij, in sicer *X. nematophilus* (Poinar & Thomas), *X. bovienii* Akhurst, *X. poinarii* Akhurst, *X. japonicus* Nishimura in *X. beddingi* Akhurst (Kaya, 2000). Celice bakterij iz roda *Xenorhabdus* so asporogene, paličaste oblike, velike 0,3-2 x 2-10 µm in Gram negativne. So fakultativno anaerobne. Najustreznejša temperatura za njihovo rast je 28 °C ali manj, vendar nekatere vrste rastejo tudi pri 40 °C. Omenjeni rod simbiotskih bakterij so doslej našli samo v prebavnem traktu entomopatogenih ogorčic iz družine Steinernematidae in v žuželkah, ki so jih parazitirale omenjene ogorčice (Gaugler, 2002).

2.4.2 Razmnoževanje simbiotskih bakterij

Simbiotske bakterije se razmnožujejo v žuželkah in mirujejo v ogorčicah. Do slej še ni bilo dokazano, da bi se bakterije razmnoževale že v črevesju infektivnih ličink. Bakterijska okužba se začne šele po vstopu infektivne ličinke v telo gostitelja. Ko infektivna ličinka iz rodu *Steinernema* parazitira gostitelja, bakterija sprosti snov, ki nevtralizira antimikrobne snovi parazitirane žuželke. Omenjene ličinke sprostijo bakterije v gostitelja. Tam se hitro množijo in v 48 urah povzročijo smrt gostitelja (Burnell in Stock, 2000). Manjši gostitelji lahko poginejo v nekaj minutah, kar je verjetno posledica mehanskih poškodb (Kaya in Koppenhofer, 1999). Večinoma pa gostitelj pogine zaradi zastrupitve. V poginulem gostitelju ogorčice nadaljujejo življenjski krog in se hranijo z bakterijsko biomaso in z bakterijsko predelanim tkivom gostitelja (Burnell in Stock, 2000).

2.5 DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA PREŽIVETJE ENTOMOPATOGENIH OGORČIC

Dejavniki, ki vplivajo na preživetje entomopatogenih ogorčic razdelimo v dve skupini. Na notranje, to so genetski, fiziološki in vedenjski dejavniki, in pa na zunanje. Te delimo na abiotične in biotične dejavnike. Med abiotične dejavnike uvrščamo svetlobo, temperaturo, vlago, teksturo tal in fitofarmacevtska sredstva. Biotični dejavniki so ugodni za ogorčice, saj ustvarijo ustrezno okolje za njihovo preživetje. Mednje sodita prisotnost gostiteljev in rastlin, biotični dejavniki so lahko tudi antagonistični (Gaugler, 2002).

Pomembno je, da ogorčice nameščamo na rastline zgodaj zjutraj ali zvečer, ko je UV sevanje najšibkejšje, saj lahko UV svetloba v minuti inaktivira ali ubije ogorčico. Čas

nanosa ogorčic v tla ni tako pomemben, če jih z zadostno množino vode hitro speremo v tla (Koppenhofer, 2000).

Vlaga je najpomembnejši dejavnik za preživetje ogorčic, saj potrebujejo vodo za učinkovito gibanje. V tleh se ogorčice gibajo z vodnim filmom, ki zapolnjuje zračne pore. Vodni film v suhih tleh postane pretanek ali pa postanejo zračne pore nasičene z vodo in tako je gibanje ogorčic omejeno (Koppenhofer, 2000). Ogorčice lahko preživijo tudi v obdobju pomanjkanja vode. Tedaj znižajo njihov metabolizem, pri čemer se s postopnim izločanjem vode iz telesa prilagodijo na sušno obdobje. Prednost imajo infektivne ličinke, ki lahko preživijo sušno obdobje v gostitelju, dokler se razmere ne izboljšajo (Hazir in sod., 2003). Vendar pa lahko ogorčice preživijo, če se vsebnost vode v okolju zmanjšuje postopno. Takrat imajo namreč čas za prehod v neaktivni stadij.

V talnih porah je relativna zračna vlaga blizu 100%, zato so zmerna vlažna tla pogoj za dobro delovanje ogorčic. Na površju rastlin in drugih izpostavljenih delih ogorčice preživijo le nekaj ur, razen, če je relativna zračna vlaga okrog 100%. Suspenziji ogorčic za nanos na nadzemske dele rastlin moramo dodajati snovi, ki ohranjajo vlago in izboljšajo obstojnost ogorčic (Koppenhofer, 2000).

Vpliv temperature na ogorčice je odvisen od vrste. Na splošno so ogorčice pri nižji temperaturi (<10-15 °C) slabo mobilne, medtem ko so pri višji temperaturi (>30-40 °C) neaktivne. Za dobro učinkovitost entomopatogenih ogorčic je najbolj ustrezna temperatura med 20 in 30 °C. Izjema sta ogorčici *Steinernema feltiae*, ki je najbolj učinkovita med 12 in 25 °C in *Steinernema riobrave* z dobro učinkovitostjo med 25 in 35 °C. Za ogorčice je optimalna temperatura, saj tedaj živijo najdlje, med 5 in 15 °C. Višja temperatura vpliva na povečanje metabolne aktivnosti in s tem na večjo porabo rezervnih snovi, kar posledično skrajša življenjsko dobo entomopatogenih ogorčic (Koppenhofer, 2000).

V fino strukturiranih tleh je preživetje ogorčic slabše, najslabše pa prenašajo glinasta tla. Višja smrtnost v fino strukturiranih tleh je povezana z manjšim deležem kisika v majhnih talnih porah. Prav tako pa je kisik omejujoč dejavnik preživetja ogorčic v tleh, ki so nasičena z vodo in v tleh z veliko vsebnostjo organske snovi. Preživetje ogorčic pri pH vrednosti tal med 4 in 8 se ne razlikuje, medtem ko se pri pH vrednosti 10 smrtnost ogorčic naglo poveča (Koppenhofer, 2000).

2.6 FORMULACIJA OGORČIC

Formulacija entomopatogenih ogorčic se nanaša na pripravo sredstva, ki je sestavljen iz aktivne snovi (entomopatogena ogorčica) in dodatkov. Formulacija je namenjena izboljšanju učinkovitosti, transportu, enostavnejši uporabi in nespremenljivosti aktivne snovi med shranjevanjem. Možnost izbire formulacijskih oblik in sestavin omejujejo številni dejavniki, kot so velika vsebnost kisika in vlažnost, občutljivost na ekstremne temperature in obnašanje infektivnih ličink. Cilj pri oblikovanju entomopatogenih ogorčic

je povečanje stabilnosti med shranjevanjem, enostaven transport in uporaba (Grewal, 1998).

Škodljive dejavnike okolja je mogoče omejiti z nekaterimi dodatki k formulaciji. Dejavniki okolja so navadno najbolj škodljivi pri foliarni aplikaciji, zato so dodatki v glavnem namenjeni ogorčicam, ki zatirajo nadzemske škodljivce. Dodatek glicerina za preprečitev izsuševanja priporočata Broadbent in Olthof (1995), Bauer (1997) pa olje Roadspray. Velikokrat so ti dodatki fitotoksični ali negativno vplivajo na infektivne ličinke oziroma služijo kot substrat za rast bakterij in gliv. Zato mora biti vsak dodatek preverjen na različnih vrstah rastlin in škodljivcev. Sredstva za pomivanje posode povečajo hitrost prehajanja ogorčic v tla (Koppenhofer, 2000).

2.6.1 Nanašanje entomopatogenih ogorčic

Za nanos ogorčic lahko uporabljamo opremo, ki je namenjena škropljenju s fitofarmaceutskimi sredstvi, gnojenju ali namakanju. V ta namen se uporabljajo ročne, nahrbtnne ali traktorske škropilnice, pršilniki ali tudi letala. Infektivne ličinke lahko prehajajo prek škropilnih cevi, katerih premer znaša vsaj 100 μm in prenesejo pritisk do 1086 kPa. Entomopatogene ogorčice večinoma uporabljamo za kurativno zatiranje, včasih pa tudi za preventivno zatiranje škodljivih žuželk v bližini sadik in semena. Standardna koncentracija nanosa je ena milijarda ogorčic na 0,5 ha zemljišča oziroma 20000 ogorčic na lonček s premerom 30 cm (Lewis, 2002).

2.7 GOJENJE KUMAR

Kumare gojimo zaradi plodov. Glede na namen uporabe jih delimo v tri skupine: za predelavo, svežo porabo (solatne kumare) in kombinirano pridelavo.

2.7.1 Morfološke in biološke lastnosti kumar

Kumare razvijejo močan koreninski sistem. Posamezne korenine prodrejo tudi do globine 1,5 m, večina korenin pa se nahaja v površinski plasti do globine 0,5 m. Pri kumarah nastanejo tudi adventne korenine. V začetku razvoja rastejo korenine zelo hitro, tudi do 2,5 cm na dan, dokler ne dosežejo dolžine 90 cm. Pozneje se rast korenin umiri in raste počasneje kot poganjki (Osvald in Kogoj Osvald, 1999).

Steblo se imenuje vreža in se razprostira po tleh ali pa se s pomočjo enojnih vitic oprijema opore. Steblo zraste tudi do 10 m, odvisno od kultivarja in okoljskih razmer. Navadno je steblo kratko (0,5 m) ali srednje dolgo (do 2,5 m).

Listi so veliki peterokrpi s koničastimi krpami in ščetinami. Velikost listov je odvisna od vrste oziroma sorte, odvisna pa je tudi od rastlinskih razmer. Mlajše, višje ležeče listne ploskve, so redko večje od 15 cm, starejši listi na glavni vreži lahko merijo prek 30 cm, vendar pa ti listi navadno porumenijo, zato jih je priporočljivo odstraniti.

Cvetovi so petdelni in enospolni. Rastline so večinoma dvodomne, z ženskimi in moškimi cvetovi na eni rastlini. V listnih pazduhah je po en ali več ženskih cvetov, ki so nekoliko večji od moških cvetov. Cvet ima podraslo plodnico. Pri starejših kultivarjih se na vrežah višjega reda razvijejo številnejši ženski cvetovi. Moški cvetovi se pojavljajo v grozdih s kratkimi, tankimi peclji, ženski cvetovi pa so večinoma posamični s krepkimi kratkimi peclji. Je tujeprašnica. Sorte za rastlinjake razvijejo samo ženske cvetove, plodovi se tako razvijejo brez oploditve (partenokarpni plodovi) (Osvald in Kogoj Osvald, 1999).

Plod je jagoda; lahko je valjaste, klinaste, kijaste ali nepravilne oblike. Obrasel je z dlačicami, ki lahko na trenutke bodejo. Barva plodov je značilna za posamezno stopnjo zrelosti in je lahko zelena do temno zelena, rumenozelena, rumena ali rjavkastorumen. Navadno je plod enakomerno obarvan, pri nekaterih sortah pa se na njem pojavijo svetlejše proge. Masa plodov se giblje od nekaj 10 gramov do 1 kg, včasih tudi do 1,5 kg. Ena rastlina lahko nosi od 4 do 6 zrelih plodov (Osvald in Kogoj Osvald, 1999).

Seme je ploščato in podolgovato, belo ali rumeno. Absolutna masa semena je od 25 do 30 g. Normalno razvit plod vsebuje od 300 do 500 semen, ki so kaliva do 8 let. Kumare so žužkocvetne in tujeprašne rastline. V rastlinjaki, kjer gojimo partenokarpne sorte, le-te ne smejo biti oprašene s cvetnim prahom iz posevkov na prostem. Pri gojenju na prostem se ginecičnim sortam doda nekaj semen monecičnih sort, da se oprašijo.

2.7.2 Vpliv okoljskih dejavnikov na rast in razvoj kumar

Kumare so zelo zahtevne in dobro uspevajo samo v območjih, kjer je vsaj dva meseca temperatura zraka okrog 20 °C. Optimalna temperatura zraka za kalitev je od 20 do 22 °C, seme kumar miruje pri temperaturi od 7 do 8 °C, za vznik pa potrebuje od 13 do 14 °C. Kumare sejemo šele tedaj, ko se temperatura v tleh dvigne nad 12 °C. Za razvoj korenin je potrebna talna temperatura 20 °C, saj pri nižji temperaturi korenine ne morejo več črpati hranil in vode. Tedaj razvoj kumar zakasni. Velike temperaturne razlike in nizka nočna temperatura lahko povzroči močnejše odpadanje zasnovanih plodov, razvoj deformiranih plodov, vplivajo na okus in povzročajo grenkost plodov (Osvald in Kogoj Osvajd, 1999).

Kumare potrebujejo veliko svetlobe. Najbolj jim ustreza dan, dolg od 10 do 12 ur. Pri gojenju v zaprtih prostorih je potencialni pridelek odvisen od dolžine osvetlitve. Optimalna osvetlitev za potek fotosinteze je približno 100 W/m². Ugoden čas za sajenje z namenom hitre rasti in doseganja velikih skupnih pridelkov, je v marcu. Pomembno je, da kumare niso izpostavljene vetru. Če se pojavi nevarnost zaradi vetra sejemo kumare ob koruzo ali visoki fižol (Osvald in Kogoj Osvald, 1999).

Oskrba z vodo je pri kumarah zelo pomembna, saj večina korenin, razvitih v površinski plasti, črpa 80% vlage iz globine do 60 cm. V vlažnih tleh uspevajo kumare dobro tudi pri nižji relativni zračni vlagi. Rastlina mora biti dobro oskrbovana z vodo predvsem med

cvetenjem in oblikovanjem plodov, sicer cvetovi in plodovi odpadejo. Zaradi pomanjkanja vode propadejo tudi številni listi, prva znamenja pa se kažejo na spremembi barve cvetov in plodov. Kljub optimalni oskrbi z vodo se lahko v poletnem času listi preveč ogrejejo, zaradi močnega sončnega sevanja. Tedaj nastane za rastline stresno stanje, ker hitrost vsrkavanja vode ne zadostuje za zadostno transpiracijo. Pri gojenju v zavarovanih prostorih lahko omilimo sušo, pomanjkanje zračne vlage s kratkotrajnim pršenjem ali meglenjem.

Kumare se najbolje razvijajo in dosežejo obilne pridelke v toplih, zračnih, strukturnih, humoznih peščeno-ilovnatih, srednje težkih tleh, ki dobro zadržujejo vodo in so bogata s hranili. Optimalna reakcija tal je pri pH od 6 do 6,5, ob ustreznem gojenju pa lahko kumare gojimo tudi pri pH 5,5. Na takšnih tleh se koreninski sistem razvije bolje in je globlji. To omogoča, da so rastline odpornejše proti suši. Tla morajo biti strukturno stabilna, saj moramo kumare pogosto zalivati in v tla vnašati veliko organske snovi. V zavarovanih prostorih lahko nasad kumar dobro uspeva tudi na drugačnih, strukturno stabilnih podlagah (Osvald in Kogoj Osvald, 1999).

Kumare zelo hitro reagirajo na povečano koncentracijo CO₂ v zraku. To lahko izkoristimo pri gojenju rastlin na prostem in v zavarovanih prostorih. Vreže, ki se plazijo po tleh pri gojenju na prostem, izkoriščajo povečano koncentracijo CO₂ v prizemni zračni plasti, ki nastane zaradi razkroja organske snovi. Povečana koncentracija CO₂ intenzivira fotosintezo samo pri zdravih, normalnih rastlinah.

2.7.3 Gojenje kumar v zavarovanem prostoru

V intenzivnem zelenjadarstvu gojimo kumare le v zavarovanih prostorih. Kumara je celoletna rastlina, zato jo lahko sadimo prek celega leta. V zavarovanem prostoru gojimo predvsem sorte kumar za solato, uspešna pa je tudi pridelava sort za vlaganje. Zavarovani prostori za gojenje kumar so naslednji: zaprte grede, nizki tuneli, plastenjaki in steklenjaki.

2.7.3.1 Gojenje kumar v plastenjakih

V plastenjak posadimo sadike kumar štiri tedne po setvi. Sadimo jih na medvrstno razdaljo od 80 do 90 cm in v vrsto od 40 do 50 cm. Kumare lahko sadimo tudi v trakove (dvojne vrste); razdalja med trakovi naj bo 100 cm, razdalja med vrstama 70 cm, v vrsti pa 50 cm. Potrebno je intenzivno zračenje ali zalivanje na tri do pet dni s 25 do 30 litri vode na m². V ogrevanih plastenjakih začnemo obirati v maju, sicer pa 10 do 20 dni pozneje (Osvald in Kogoj Osvald, 1999).

2.7.3.2 Gojenje kumar v steklenjakih

V steklenjakih gojimo kumare predvsem z namenom, da obiramo plodove pozimi. Sejemo že v prvi polovici oktobra in sadike presajamo štiri do pet tednov pozneje na razdaljo 1 do 1,5 x 0,5 m. Temperaturo zraka vzdržujemo pri 22 do 24 °C, optimalna temperatura tal pa je od 18 do 20°C. Po potrebi kumare dodatno osvetljujemo. Kumare gojimo na klasičen ali

hidroponski način ob oporo (mreža, vrvice), visoko vsaj 2 m, zaradi boljše osvetlitve. Če želimo gojiti kumare za vlaganje, mora biti v bližini panj s čebelami ali čmrlji, da poskrbijo za oprášitev cvetov.

2.8 RASTNI SUBSTRATI

2.8.1 Glinopor

Glinopor (ekspandirana glina) je okolju prijazen gradbeni material iz gline, ki se peče v rotacijski peči pri 1200 °C. Pri tem zgorijo organske snovi in nastanejo fine zaprte pore, ki predstavljajo droben toplotni izolator. Tako dobimo granule različnih premerov. Izdelki iz glinopora so lažji od betonskih gradbenih elementov in so oblikovno stabilni, toplotno in zvočno izolativni. Odporni so proti kislinam in lugom in prenesejo veliko obremenitve. Glinopor je odporen proti zmrzali in ognju, se ne razkraja in je brez vonja (Strojanšek, 2006).

2.8.2 Perlit

Perlit je ekspandiran material anorganskega izvora. Izdelujejo ga iz vulkanske steklaste kamenine perlita. Za to kamenino je značilno, da je v finih zaprtih porah voda, čeprav je kamenina strjena lava. V pesek zdrobljen material potuje skozi peč in pri temperaturi 1100-1200 °C ekspandira. Zrna se omehčajo, postanejo zelo porozna, zato je ekspandiran perlit zelo dober toplotni izolator. Vendar se hkrati tudi zelo hitro navlaži, zato mu dodajamo sredstva za hidrofobiranje. Perlit ne gnije in ne trohni, je kemično nevtralen. Dobro zadržuje vodo, ima nevtralen do rahlo kisel pH in slabo pufrno kapaciteto. Slabost perlita je, da je mehansko drobljiv, tako lahko nastane droben puder, ki duši koreninski sistem (Fonteno, 1996, cit. po Miculinić, 2006).

2.8.3 Šotni substrat

Šota je nastala v anaerobnih razmerah, razlikuje se po biološkem izvoru in po fizikalno – kemičnih lastnostih. Šota se deli na svetlo in temno. Svetla je manj razgrajena in povečuje zračnost v substratu, temna pa je bolj razgrajena in predvsem povečuje zadrževanje vode.

2.8.4 Vermikulit

Vermikulit je mineral gline, ki nastaja s preperevanjem primarnega minerala biotita, če je v tleh na razpolago dovolj magnezija. Z elektronskim mikroskopom so ugotovili, da imajo minerali glin kristalno zgradbo. Vermikulit ima veliko kationsko izmenjalno kapaciteto in možnost sproščanja in fiksacije ionov (Čirič, 1989, cit. po Gantar, 1994). Vermikulit je zdravstveno in ekološko neoporečen, brez vonja, se ne stara in ne trohni, ne napadajo ga škodljivi organizmi, je netopen v vodi, zadržuje lahko tudi materiale kot so vosek, asfalt, droben prah (Strojanšek, 2006).

3 MATERIALI IN METODE DELA

Poskus je leta 2004 potekal v plastenjaku na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani (slika 5).

Cvetlični resar (*Frankliniella occidentalis*) se je v tem rastlinjaku pojavljal že v prejšnjih letih, njegov številčnejši pojav pa je bil navadno vezan na drugo polovico junija, julija in avgusta. Škodljivca in zaradi njegovega hranjenja povzročene poškodbe smo v zavarovanih prostorih na tej lokaciji največkrat ugotovili na kumarah, paradižniku, jajčevcu in fižolu (Trdan in Jenser, 2003).

3.1 ZASNOVA POSKUSA

Sadike kumar, hibrida 'Jazzer F1', smo vzgojili v steklenjaku. V plastenjak smo jih presadili 10. junija. Sadike smo presadili v štiri 10 m dolge, 40 cm široke in 30 cm visoke plastične posode. Razdalja med sadikami je bila 80 cm. Da v posodah ni zastajala voda, smo v vsaki posodi 5 cm nad dnom izvrtali 10 lukenj s premerom 1,5 cm.

Sadike solatnih kumar, hibrida 'Jazzer F1', smo posadili na štiri različne vrste substratov, in sicer na vermikulit, perlit, glinopor in šotni substrat. V vsak substrat smo posadili devet rastlin in jih razdelili na tri obravnavanja: 1- kontrola, neškropljene rastline, 2 – rastline, škropljene s suspenzijo ogorčice *Steinernema feltiae* (2500 infektivnih ličink/ml), 3 – rastline, škropljenje z insekticidom Vertimec 1,8% EC (aktivna snov abamektin, 12,5 ml/100 m²). Suspenzijo entomopatogenih ogorčic smo na kumare aplicirali devetkrat, raztopino insekticida pa trikrat.

Oba pripravka smo na rastline nanašali z nahrbtno škropilnico; razlika med njima je bila le v tem, da smo pred nanosom ogorčic v škropilnici odstranili filter. Vse sadike smo dognojevali s kapljičnim sistemom, pri čemer smo sadike v različnih substratih dobivale enako vrsto in količino hranil (tekoče gnojilo 8-18-26, kalcijev nitrat in magnezijev sulfat).

Prvi nanos entomopatogenih ogorčic in insekticida na rastline smo opravili 24. junija, to je bilo takrat, ko smo na svetlo modrih lepljivih ploščah – te so najbolj pogosto uporabljena detekcijska metoda resarjav (Trdan in Jenser, 2003) – našli prve odrasle osebkke cvetličnega resarja. Suspenzijo ogorčic smo nato nanašali na rastline v tedenskih razmakih osem tednov zapored. Abamektin smo nanесли na rastline še dva in šest tednov po prvem nanosu.

Na kumarah se razen cvetličnega resarja ni pojavljala nobena druga vrsta škodljivcev. Od drugih škodljivih organizmov se je na kumarah v manjšem obsegu pojavila kumarna pepelovka (*Sphaerotheca fuliginea* [Schlecht.] Pollacci), ki pa smo jo učinkovito omejili z dvakratnim škropljenjem – dva in tri tedne po prvi aplikaciji ogorčic – s pripravkom Quadris (aktivna snov azoksistrobin) v 0,075% koncentraciji.

3.2 OCENJEVANJE KUMAR

Na vseh treh rastlinah v vsakem od treh obravnavanj na vseh štirih substratih smo trikrat v rastni dobi (16. julij, 3. avgust, 23. avgust) ocenjevali odstotek poškodovane listne površine zaradi napada ličink in odraslih osebkov cvetličnega resarja. Na vsaki od rastlin smo ocenili tri liste (slika 4), in sicer po en list v spodnji, srednji in v zgornji tretjini rastline. Pri ocenjevanju smo si pomagali z šeststopenjsko lestvico (0 – brez poškodb, 1 – do 1% poškodovane listne površine, 2 – 2 do 10% poškodovane listne površine, 3 – 11 do 25% poškodovane listne površine, 4 – 26 do 50% poškodovane listne površine, 5 – nad 50% poškodovane listne površine). To lestvico smo izbrali zaradi relativno majhnega obsega poškodb na listih kumar v vseh obravnavanjih.

Plodove kumar smo obirali, ko so dosegli premer od 3 do 4 cm. S pobiranjem smo začeli dva tedna po prvem nanosu pripravkov. Plodove smo pobirali do osmega tedna po prvem nanosu pripravkov. Pridelek smo razdelili v tri skupine glede na čas pobiranja, in sicer 1) pred 22. julijem, 2) od 22. julija do 3. avgusta in 3) od 4. avgusta do 23. avgusta. Pridelek kumar smo ocenili na dva načina: 1) kot masa plodov na rastlino in 2) kot število plodov na rastlino.

Rezultate smo grafično prikazali s programom MS Excel 2003.



Slika 4: Poškodbe na listu kumare zaradi napada cvetličnega resarja (*Frankliniella occidentalis* [Pergande])

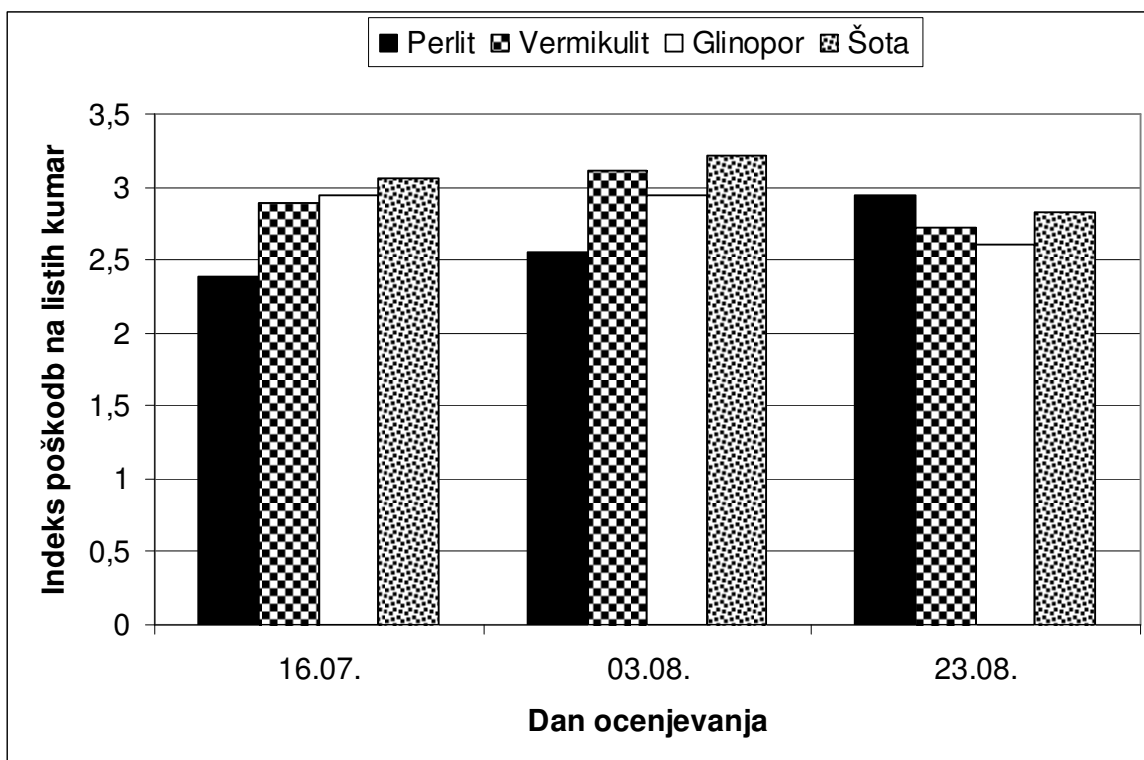


Slika 5: Preučevanje učinkovitosti dveh načinov zatiranja cvetličnega resarja smo leta 2004 izvajali v plastenjaku na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani.

4 REZULTATI

4.1 POVPREČNI INDEKS POŠKODB NA LISTIH KUMAR

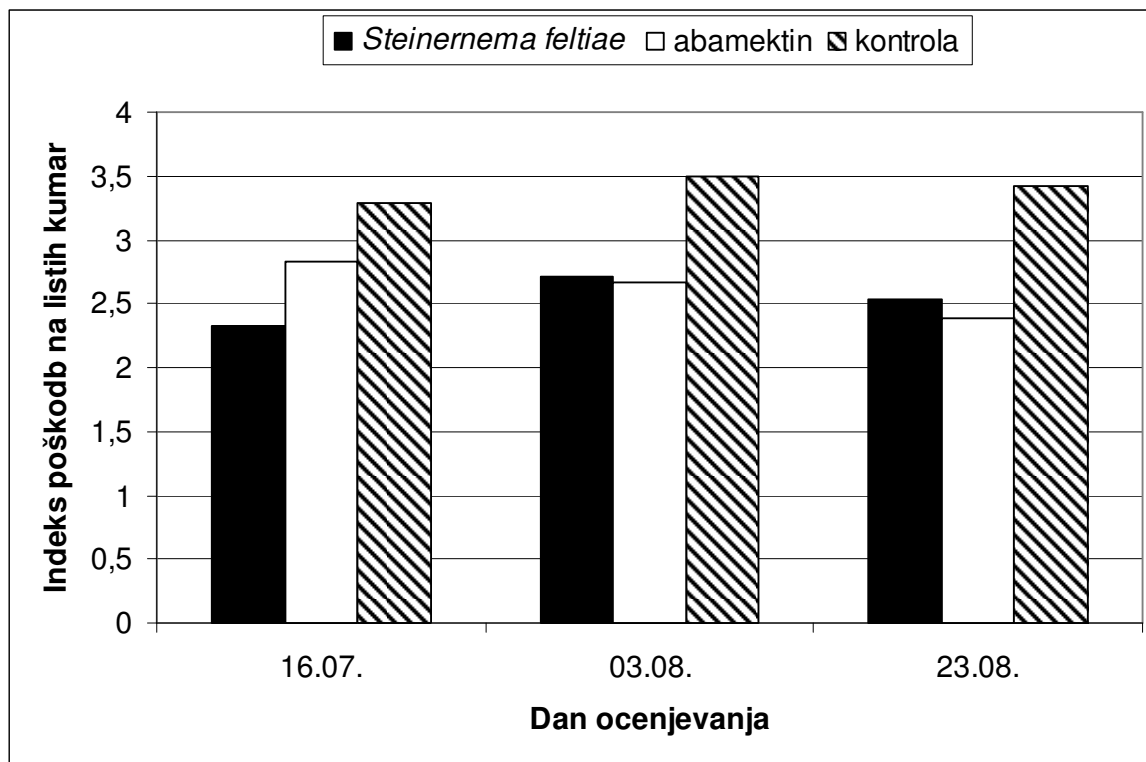
Pri ocenjevanju poškodb 16. julija in 3. avgusta je bilo na listih kumar gojenih v perlitu najmanj poškodb, na šotnem substratu pa smo opazili največji obseg poškodb (slika 6).



Slika 6: Povprečni indeks poškodb zaradi napada cvetličnega resarja (*Frankliniella occidentalis*) na listih kumar, gojenih na štirih različnih substratih.

Na listih kumar, gojenih na vermikulitu, smo največji obseg poškodb ugotovili ob drugem ocenjevanju. Pri zadnjem ocenjevanju, 23. avgusta, so se poškodbe na listih kumar povečale le na rastlinah, gojenih na perlitu, na rastlinah, gojenih na ostalih treh substratih, pa se je obseg poškodb, v primerjavi s prvima dvema ocenjevanjema, zmanjšal.

16. julija smo najmanj poškodb ugotovili na listih rastlin, ki so bile škropljene s suspenzijo entomopatogene ogorčice *Steinernema feltiae* (slika 7).

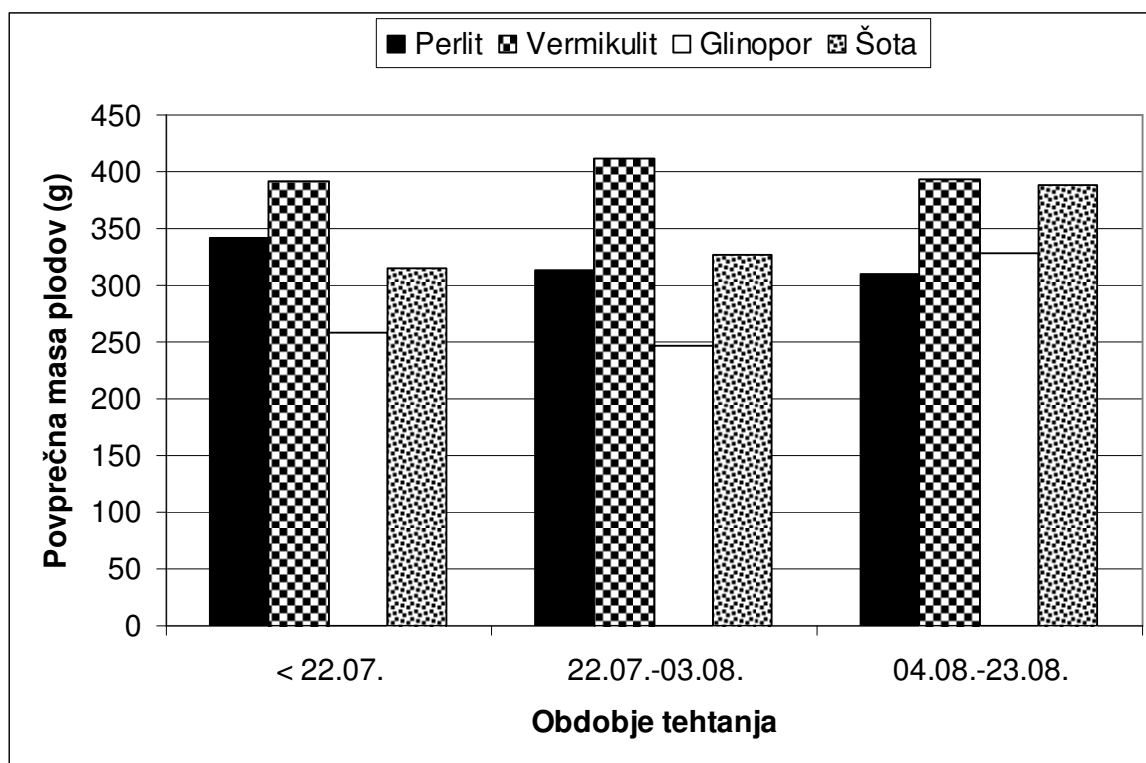


Slika 7: Povprečni indeks poškodb zaradi napada cvetličnega resarja (*Frankliniella occidentalis*) na listih kumar v treh različnih obravnavanjih.

Največji obseg poškodb smo tega dne ugotovili na neškropljenih rastlinah. Pri drugem in tretjem ocenjevanju (3. in 23. avgust) nismo potrdili večjih razlik v obsegu poškodb na listih rastlin, škropljenih z ogorčico *S. feltiae* in abamektinom. Neškropljene rastline so bile tudi pri drugem in tretjem ocenjevanju najbolj poškodovane.

4.2 POVPREČNA MASA PLODOV

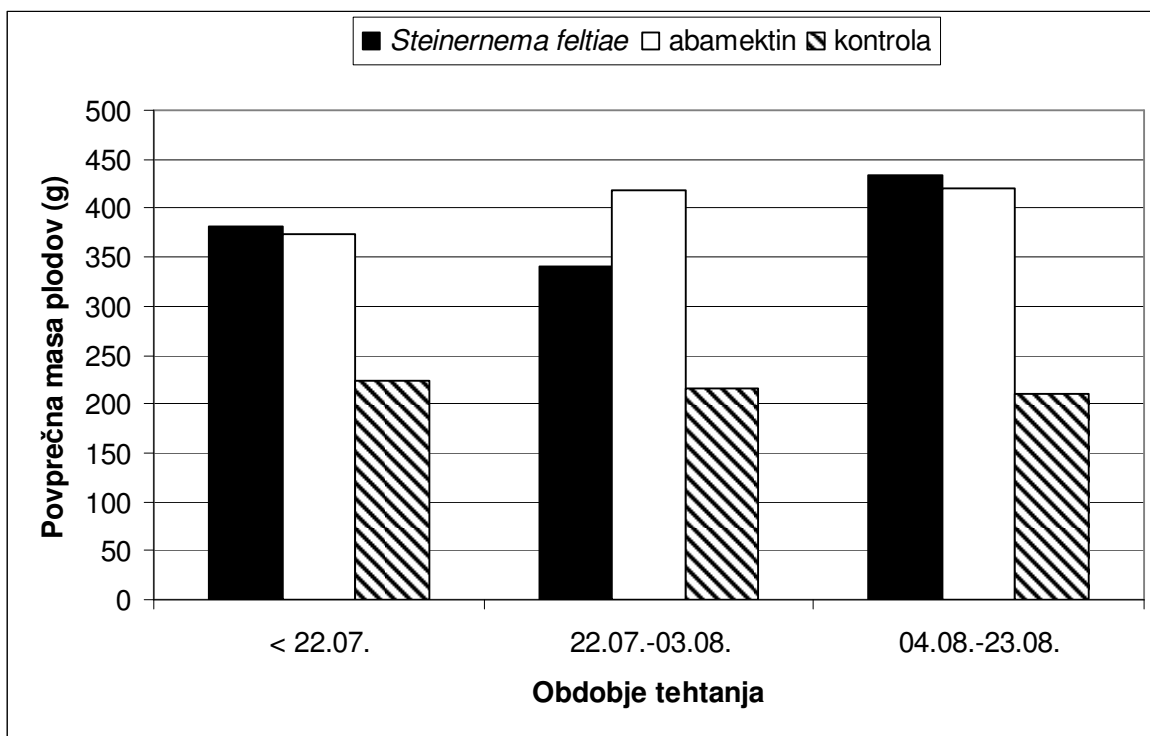
V prvem obdobju tehtanja plodov, to je trajalo od začetka pobiranja plodov do 22. julija, smo največjo povprečno maso plodov ugotovili na rastlinah, gojenih na vermikulitu, najmanjšo povprečno maso plodov pa smo ugotovili na rastlinah, gojenih na glinoporu (slika 8).



Slika 8: Povprečna masa plodov na kumarah, gojenih v štirih različnih substratih

Pri pobiranju pridelka med 22. julijem in 3. avgustom je bila povprečna masa plodov največja na rastlinah na vermikulitu, spet najmanjša pa na kumarah, gojenih na glinoporu. Na perlitu se je masa plodov v drugem obdobju, v primerjavi s prvim obdobjem, nekoliko zmanjšala, na šotnem substratu pa med prvima dvema obdobjema nismo ugotovili razlik. V zadnjem obdobju tehtanja (4. do 23. avgust) nismo ugotovili večjih odstopanj v povprečni masi plodov med kumarami, gojenimi na vermikulitu in šoti. Na obeh omenjenih substratih je bila povprečna masa plodov precej večja kot na rastlinah, gojenih na perlitu in glinoporu, med delovanjem katerih v zadnjem obdobju nismo ugotovili večjih razlik.

V prvem in zadnjem obdobju tehtanja plodov nismo opazili večjih razlik v povprečni masi plodov med rastlinami, ki so bile tretirane s suspenzijo ogorčic in insekticidom abamektin (slika 9).

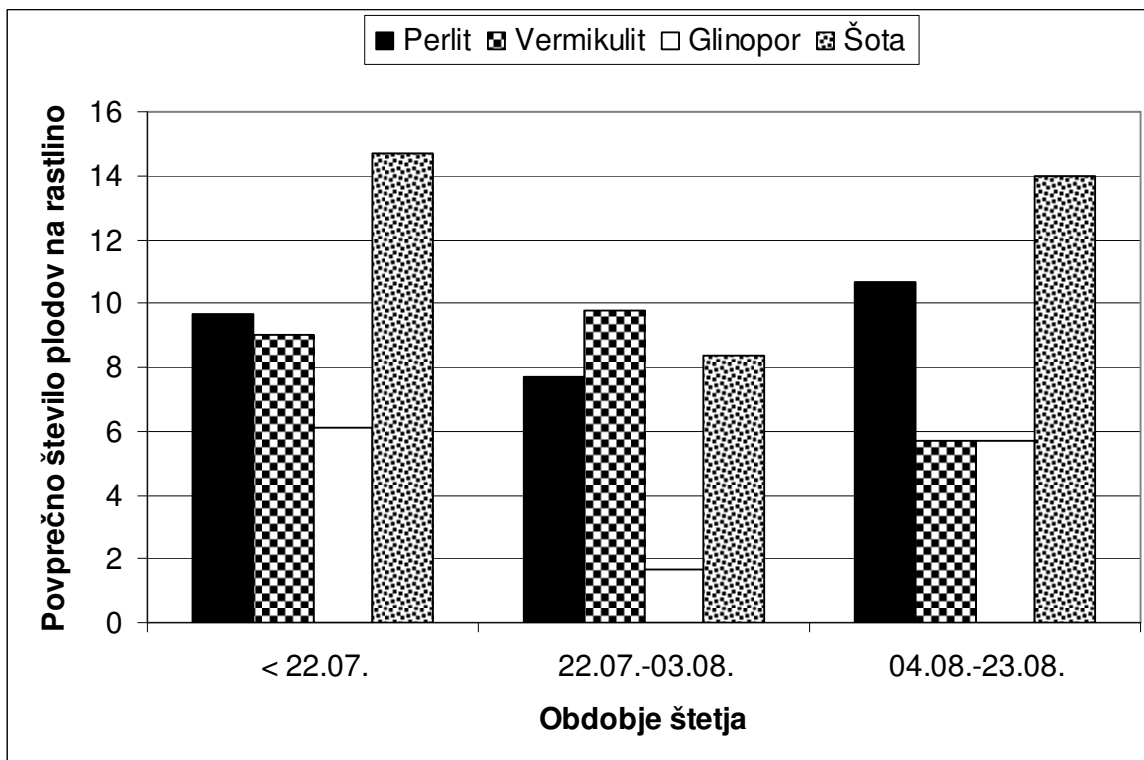


Slika 9: Povprečna masa plodov na kumarah v treh različnih obravnavanjih

Plodovi netretiranih rastlin so bili v vseh treh obdobjih v povprečju najlažji. V drugem obdobju (22. julij – 3. avgust) smo največjo povprečno maso plodov ugotovili na rastlinah, škropljenih z abamektinom, nekoliko manjša pa je bila povprečna masa plodov, škropljenih s suspenzijo entomopatogenih ogorčic.

4.3 POVPREČNO ŠTEVILO PLODOV NA RASTLINO

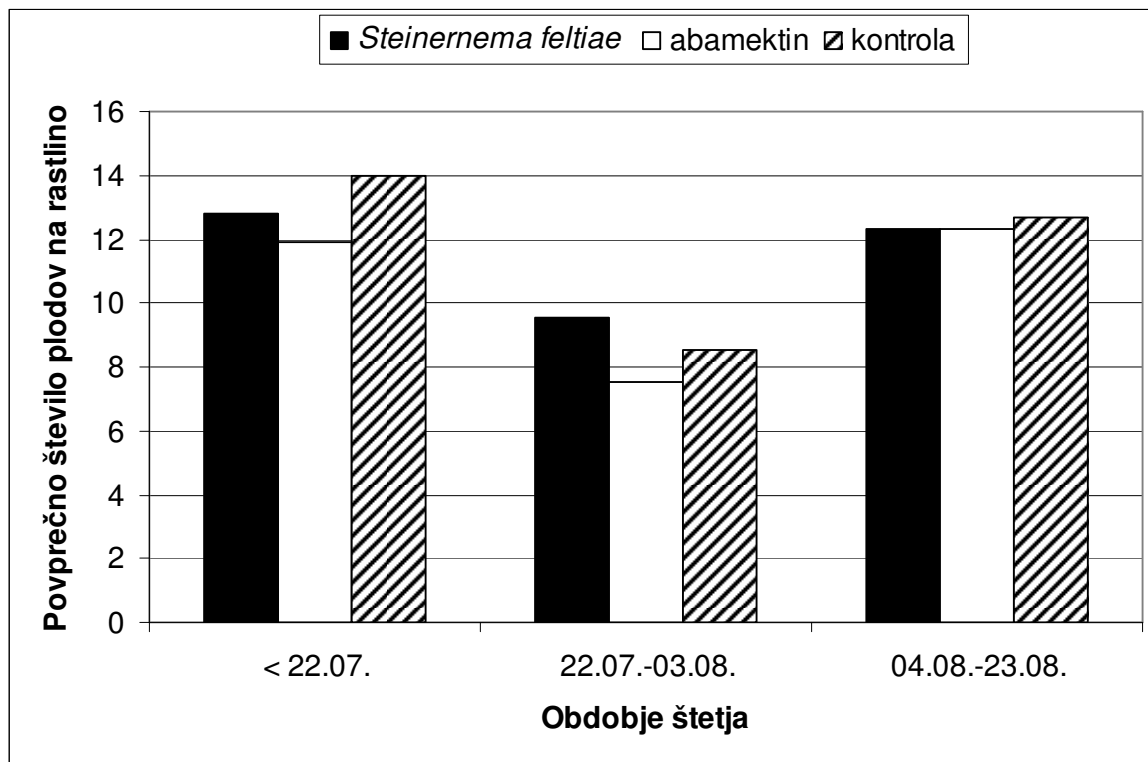
V prvem obdobju štetja je bilo na šotnem substratu, v primerjavi z ostalimi tremi substrati, večje število plodov na rastlino (slika 10).



Slika 10: Povprečno število plodov na rastlino. Kumare so bile gojene v štirih različnih substratih.

Na perlitu in vermikulitu ni bilo večjih razlik v številu plodov na rastlino, medtem ko je bilo najmanj plodov na rastlinah gojenih na glinoporu. V obdobju od 22. julija do 3. avgusta je v povprečju število plodov na rastlino bistveno padlo na šotnem substratu in glinoporu, v primerjavi z prvim obdobjem štetja. Na rastlinah, gojenih na perlitu, smo največje število plodov na rastlino ugotovili v zadnjem obdobju štetja. V tem obdobju med vermikulitom in glinoporom nismo potrdili večjih odstopanj. Na rastlinah, gojenih na šotnem substratu, pa se je število plodov v obdobju med 4. in 23. avgustom ponovno povečalo, v primerjavi z drugim obdobjem.

Med obravnavanji v nobenem obdobju nismo ugotovili večjih razlik v povprečnem številu plodov na rastlino (slika 11).



Slika 11: Povprečno število plodov na rastlino v treh različnih obravnavanjih.

V drugem obdobju je bilo povprečno število plodov v vseh treh obravnavanjih najmanjše, medtem ko med prvim in tretjim obdobjem v tem pogledu nismo ugotovili večjih razlik (približno 12 plodov na rastlino).

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

Cvetlični resar (*Frankliniella occidentalis* [Pergande]) je zaradi njegove škodljivosti ena od najbolj preučevanih vrst žuželk v zadnjih dvajsetih letih. V naši raziskavi je resar pokazal občutljivost tako na napad entomopatogene ogorčice *Steinernema feltiae* kot tudi na insekticid abamektin.

Relativno učinkovitost ogorčic, v primerjavi z rezultati sorodne raziskave (Buitenhuis in Shipp, 2005), v kateri se foliarna aplikacija omenjenih biotičnih agensov ni pokazala kot učinkovita za zatiranje ličink in odraslih osebkov cvetličnega resarja na krizantemah, pripisujemo večkratni aplikaciji ogorčic in velikosti listov kumar, na katere lahko naneseemo večjo množino suspenzije in s tem tudi večjo število ogorčic. Večja koncentracija suspenzije je v sorodni raziskavi vplivala na večje smrtnost cvetličnega resarja (Ebssa in sod., 2004). Vlaga na listih namreč omogoča boljše preživetje in večjo aktivnost entomopatogenih ogorčic (Broadbent in Olthof, 1995).

Relativno učinkovitost ogorčice *S. feltiae* za zatiranje cvetličnega resarja prepisujemo tudi hitremu začetku aplikacije biotičnih agensov, saj smo prvo suspenzijo na kumare nanegli že dva tedna po njihovi presaditvi v rastlinjak oziroma takoj ob pojavu prvih osebkov škodljivca. Ravno hiter začetek aplikacije ogorčic pa je eden od ključnih dejavnikov njihove učinkovitosti (Belay in sod., 2002).

Abamektin je tudi v naši raziskavi potrdil že večkrat dokazano dejstvo, da spada med učinkovitejše insekticide za zatiranje preučevanega škodljivca (Herron in James, 2005). Zato ga priporočamo za zatiranje cvetličnega resarja v konvencionalni pridelavi kumar, saj spada med pripravke z najkrajšo karenco. Ta namreč za kumare znaša le tri dni. Njegova slabost je neciljno delovanje na naravne sovražnike cvetličnega resarja, saj je bilo v raziskavah dokazano delovanje abamektina tako na lenilske stenice (van de Veire in sod., 2002) kot na lenilske pršice (Bostanian in Akalach, 2006). Zato je abamektin manj ustrezen za uporabo v integrirani pridelavi kumar.

Z aplikacijo obeh pripravkov nam je uspelo omejiti obseg poškodb na listih kumar pod 10% poškodovanosti listne površine. Ugotavljamo, da s škropljenjem s pripravkoma nismo vplivali na manjšo poškodovanost cvetov poškropljenih rastlin v primerjavi z neškropljenimi rastlinami, saj je bila populacija škodljivca očitno premalo številčna, da bi s sesanjem na cvetovih povzročila njihov odpad. V cvetovih se cvetlični resar zadržuje zlasti zaradi cvetnega prahu, ki je njegova alternativna hrana. Čeprav obseg poškodb na listih netretiranih kumar v povprečju ni presegla 25% listne površine, pa je bila povprečna masa plodov na takšnih rastlinah manjša kot na škropljenih rastlinah. Plodovi na neškropljenih rastlinah so bili namreč v povprečju lažji od plodov na škropljenih rastlinah od 37 do 51%. S tem smo dokazali posredno delovanje škodljivca na pridelek kumar, s čimer smo potrdili rezultate predhodne sorodne raziskave (Hao in sod., 2002).

Tip rastnega substrata ni imel pomembnega vpliva na obseg poškodb ličink in odraslih osebkov cvetličnega resarja na listih kumar. V želji po zmanjšanju škodljivosti cvetličnega resarja na kumarah velja, poleg ustreznega načina zatiranja te žuželke, več pozornosti nameniti tudi izbiri ustreznega kultivarja, saj je bilo ugotovljeno, da obstajajo med njimi precejšnje razlike v dovzetnosti na napad škodljivca.

Za najmanj ustrezen substrat v naši raziskavi se je izkazal glinopor, saj so kumare gojene v tem substratu, oblikovale najmanjše število plodov na rastlino. Njihova povprečna masa se ni bistveno razlikovala od mase plodov, pridelane na perlitu in šoti, a je bilo povprečno število plodov na rastlino na slednjih dveh substratih precej večje kot na glinoporu. Med rastnimi substrati tako za gojenje kumar, v razmerah, kjer predstavlja cvetlični resar omejujoč dejavnik njihove pridelave, odsvetujemo le uporabo glinopora. Na podlagi naše raziskave ugotavljamo, da sta vermikulit in šotni substrat, ki sta že oba pokazala ustreznost za gojenje kumar (Sawan in sod., 1999) in perlit v omenjenih razmerah ustrezni substrati za gojenje te pomembne vrtnine.

6 POVZETEK

Cvetlični resar (*Frankliniella occidentalis* [Pergande]) je gospodarsko pomemben škodljivec. Je značilen polifag, saj se lahko prehranjuje na več kot 250 vrstah gostiteljev. Njegove populacije so navadno številčnejše in škodljivейše na okrasnih rastlinah in vrtninah. Škodo na rastlinah dela neposredno, rezultat tega je največkrat srebrenje napadenih organov, iznakaženost in šibkejša rast rastlin. Pri posrednem delovanju resarja pa se največkrat omenja njegovo prenašanje tospovirusov (Inoue in sod., 2004). V Sloveniji je bil cvetlični resar prvič ugotovljen leta 1992, danes pa je razširjen po vsej državi.

Ob ustrezni uporabi kemičnih insekticidov je možno omejiti populacijo škodljivca na manjšo številčnost, kljub temu pa dajemo v zadnjem času prednost okolju in ljudem prijaznejšim načinom njegovega zatiranja. Med slednje štejemo tudi uporabo entomopatogenih ogorčic, ki so brezbarvne, parazitske, nesegmentirane glistice, ki imajo možnost ubiti žuželke.

Z našo raziskavo smo poskušali ugotoviti učinkovitost entomopatogene ogorčice *Steinernema feltiae* za zatiranje ličink in odraslih osebkov cvetličnega resarja na kumarah, v primerjavi z insekticidom abamektin. Poleg tega smo poskušali ugotoviti ali manjši obseg škodljivčevih poškodb na listih, škropljenih s suspenzijo preučevanega biotičnega agensa, vpliva na višji pridelek ali ne.

Poskus smo izvajali v plastenjaku na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani. V njem se cvetlični resar pojavi vsako leto, številčnejši pojav pa je navadno vezan v drugo polovico junija, julija in avgusta. Sadike kumar, hibrida 'Jazzer F1', smo posadili na štiri različne substrate: vermikulit, glinopor, perlit in šotni substrat. V vsakem substratu je bilo posajenih po devet rastlin kumar, ki smo jih razdelili v tri različna obravnavanja: 1 – kontrola, neškropljene rastline, 2 – rastline, škropljene s suspenzijo ogorčice *Steinernema feltiae* (2500 infektivnih ličink/ml), 3 – rastline, škropljene z insekticidom Vertimec, 12,5 ml/100 m² (aktivna snov abamektin). Po pojavu cvetličnega resarja smo začeli s škropljenjem oziroma nanosom ogorčic na liste kumar. Ogorčice smo na kumare nanесли devetkrat, insekticid pa trikrat. Trikrat v rastni dobi smo ocenjevali poškodbe listov na kumarah; pri tem smo si pomagali z uporabo šeststopenske lestvice.

Na kumarah, ki so bile tretitane z ogorčicami ali insekticidom, smo opazili manjše poškodbe na listih, kot na netretiranih rastlinah. Tretiranim rastlinam resar ni prizadel več kot 10% listne površine. Masa plodov je bila v povprečju večja na tretiranih rastlinah, v primerjavi z netretiranimi rastlinami. Število plodov na rastlino pa je bilo večje na netretiranih rastlinah, v primerjavi z tretiranimi rastlinami.

Substrati, v katerih so rastle kumare, niso bistveno vplivali na obseg resarjevih poškodb na listih, vplivali pa so na maso in število plodov na rastlinah. Ugotovili smo da je glinopor najmanj ustrezen za rast kumar. Vermikulit, perlit in šotni substrat pa so se izkazali kot ustrezni za gojenje kumar.

7 VIRI

- Allen W. R., Matteoni J. A. 1991. Petunia as an indicator plant for use by growers to monitor for thrips carrying the tomato spotted wilt virus in greenhouses. *Plant Disease*, 75: 78-82.
- Arthurs S., Heinz K.M., Prasifka J.R. 2004. An analysis of using entomopathogenic nematodes against above-ground pests. *Bulletin of Entomological Research*, 94: 297-306.
- Belay D., Ebssa L., Borgemeister C. 2005. Time and frequency of applications of entomopathogenic nematodes and their persistence for control of western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. *Nematology*, 7: 611-622.
- Bostanian N.J., Akalach M. 2006. The effect of indoxacarb and five other insecticides on *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae), *Amblyseius fallacis* (Acari: Phytoseiidae) and nymphs of *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). *Pest Management Science*, 62: 334-339.
- Broadbent A.B., Olthof T.H.A. 1995. Foliar application of *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) to control *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) larvae in chrysanthemums. *Environmental Entomology*, 24: 431-435.
- Burnell A.M., Stock S.P. 2000. *Heterorhabditis*, *Steinernema* and their bacterial symbionts-lethal pathogens of insect. *Nematology*, 2, 1: 31-42.
- Brodsgaard H.F. 1989a. Coloured sticky traps for *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera, Thripidae) in glasshouses. *Journal of Applied Entomology*, 107: 136-140.
- Brodsgaard H.F. 1989b. *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera; Thripidae) a new pest in Danish glasshouses. A review. *Danish Journal of Plant and Soil Science*, 93: 83-91.
- Buitenhuis R., Shipp J. L. 2005. Efficacy of entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae) as influenced by *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) developmental stage and host plant stage. *Journal of Economic Entomology*, 98: 1480-1485.

- Ebssa L., Borgemeister L., Poehling C.H.M. 2004. Effectiveness of different species/strains of entomopathogenic nematodes for control of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*) at various concentrations, host densities, and temperatures. *Biological Control*, 29, 1: 145-154.
- Ehlers R.U. 2001. Mass production of entomopathogenic nematodes for plant protection. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 56: 5-6, 623-633.
- EPPO Standards. Diagnostic protocols for regulated pests PM 7/11 (1). 2002. OEPP/EPPO Bulletin, 32: 241-243.
- Felland C. M., Teulon D. A. J., Hull L. A. 1995. Overwintering and distribution of western flower thrips in the Mid-Atlantic United States. *Thrips Biology and Management Parks in sod.* (ur.), New York in London, Plenum Press: 461-464.
- Frankliniella occidentalis* 1997. V: Quarantine Pests for Europe, I. M. in sod. (ed.). 2nd Edition Smith. Wallingford, CAB International: 1425 str.
- Frankliniella occidentalis* – Western flower thrips. 2004.
www.myrmecos.net/insects/Thrips2.html (22.08.2007).
- Gantar M. 1994. Hidroponsko gojenje solate po sistemu tankih palasti na različnih substratih. Diplomsko naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 64 str.
- Gaugler R. 1999. Matching nematodes and insect to achieve optimal field performance. V: Optimal use of insectidal nematodes in pest management. Poravarapu S. (ed). New Jersey, Blueberry, Cranberry, Research and Extension Center: 9-14.
- Gaugler R. 2002. Entomopathogenic Nematology. New Jersey, CABI Publishing: 373 str.
- Grewal P.S. 1998. Formulation of entomopathogenic nematodes for storage and application. *Japanese Journal of Nematology*, 28: 68-74.
- Grewal P.S. 2002. Formulation and application technology. V: Entomopathogenic nematology. Gaugler R. 2002 (ed). Ohio: 265-287.
- Hao X., Shipp J.L., Wang K., Papadopoulos A.P., Binns M.R. 2002. Impact of western flower thrips on growth, photosynthesis and productivity of greenhouse cucumber. *Scientia Horticulturae*, 92: 187-203.

- Hazir S., Kaya H.K., Stock S.P., Keskin N. 2003. Entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) for biological control of soil pests. *Turkish Journal of Biology*, 27: 181-202.
- Herron G.A., James T.M. 2005. Monitoring insecticide resistance in Australian *Frankliniella occidentalis* Prergande (Thysanoptera: Thripidae) detects fipronil and spinosad resistance. *Australian Journal of Entomology*, 44: 299-303.
- Inoue T., Sakurai T., Murai T., Maeda T. 2004. Specificity of accumulation and transmission of tomato spotted wilt virus (TSWV) in two genera, *Frankliniella* and *Thrips* (Thysanoptera: Thripidae). *Bulletin of Entomological Research*, 94: 501-507.
- Janežič F. 1993. Tretji prispevek k poznanju tripsov ali resarjev (Thysanoptera) na rastlinah v Sloveniji. Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, Kmetijstvo, 61: 161-180.
- Jenser G. 1997. »Indikatorske rastline za okužbo rastlin s TSWV«.- Budimpešta, Inštitut za varstvo rastlin (osebna informacija).
- Karnkowski W., Trdan S. 2002. Diagnostic protocols for regulated pest: *Frankliniella occidentalis*. *EPPO Bulletin*, 32: 281-292.
- Kaya H.K. 2000. Entomopathogenic nematodes and their prospects for biological control in California. V: Californian conference on biological control. Hoddle M.S. (ed). Riverside, California: 38-46.
- Kaya K.H., Koppenhofer A.M. 1999. Biology and ecology of insectidal nematodes. V: Optimal use of insectidal nematodes in pest managment. Poravarapu S. (ed). New Jersey, Blueberry Cranberry Research and Extension Center: 1-8.
- Koppenhofer A.M. 2000. Nematodes. V: Field manual of techniques in invertebrate pathology. Kaya H.K. (ed.). The Netherlands, Kluwer Academic Publishers: 283-301.
- Mavrič I., Ravnikar M. 2001. First report of tomato spotted wilt virus and impatiens necrotic spot virus in Slovenia. *Plant Disease*, 85, 12: 1288.
- Miculinić M. 2006. Primerjava plodov različnih sort paprike (*Capsicum annuum*) glede na vsebnost askorbinske kisline, morfološke lastnosti in pridelek. Diplomaska naloga. Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 59 str.
- Moritz G. 1994. Pictorial key to the economically important species of Thysanoptera in Central Europe. *OEPP/EPPO Bulletin*, 24: 181-208.

- Mound L.A., Kibby G. 1998. Thysanoptera. An identification guide, 2nd edition. Wallingford, CAB International: 70 str.
- Mound L. 2003. Thrips. V: Encyclopedia of insects. Reah V.H., Carde T.R (ed.). USA Academic Press: 1127-1132.
- Naravoslovje. 1996. Zbirka Sopotnik. Ljubljana, Cankarjeva založba d.d.: 700 str.
- Osvald J., Kogoj Osvald M. 1999. Gojenje kumar. Gojenje zelenjadnic za domače potrebe in trženje. Šempeter pri Gorici, Oswald: 40 str.
- Parks S., Newman S., Golding J. 2004. Substrate effects on greenhouse cucumber growth and fruit quality in Australia. Acta Horticulturae, 648: 129-133.
- Pechenik J. 2005. Nematode Basics.
<http://clossec.seattleu.edu/biology/bio1235/hodin/nematodeproapulidGroup/nematodes/basics.htm> (10. julij 2007).
- Peters A. 1996. The natural host range of *Steinernema* and *Heterorhabditis* spp. and their impact on insect populations. Biocontrol Science and Technology, 6: 389-402.
- Sawan O.M., Eissa A.M., Abou-Hadid A.F. 1999. The effect of different growing media on cucumber seedling production, fruit yield and quality under greenhouse conditions. Acta Horticulturae, 491: 369-376.
- Schmidt M.E. 1997. Fach sheet western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. (neobjavljeno, gradivo razdeljeno na posvetovanjih. Vir: S. Trdan).
- Smart G.C. Jr. 1995. Entomopathogenic nematodes for the biological control of insects. Journal of Nematology, 27, 4: 529-534.
- Smith K. 1999. Factors affecting efficacy. V: Optimal use of insecticidal nematodes in pest management. Poravarapu S. (ed.). New Jersey, Blueberry, Cranberry Research and Extension Center: 37-46.
- Strojanšek. 2006.
<http://www.Strojansek-sp.si> (avgust, 2007).
- Tommasini M.G., Maini, S. 1995 *Frankliniella occidentalis* and other thrips harmful to vegetable and ornamental crops in Europe. V: Biological control of thrips pests. Wageningen Agricultural University Papers, 95-1: 1-42.

- Trdan S., Seljak G., Jenser G., 1999. Cvetlični resar (*Frankliniella occidentalis* [Pergande]) v Sloveniji. V: Maček J. (ur.). Zbornik predavanj in referatov 4. slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin, Portorož, 3.-4. marca 1999. Ljubljana, Društvo za varstvo rastlin Slovenije: 239-249.
- Trdan S. 1999a. Barvna dovzetnost gospodarsko pomembnejših vrst resarja (Thysanoptera). V: Zbornik predavanj in referatov 4. slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin, Portorož 3.-4. marec 1999. Ljubljana, Društvo za varstvo rastlin Slovenije: 493-498.
- Trdan S., 1999b. Bionomija cvetličnega resarja (*Frankliniella occidentalis* Pergande, Thysanoptera) v Sloveniji. Magistrsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 101 str.
- Trdan S. 2003. Resarji - Thysanoptera. V: Živalstvo Slovenije. Sket B., Gogala M., Kuštor V. (ur.). Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 324-328.
- Trdan S., Jenser G. 2003. Monitoring of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis* Pergande) in the vicinity of greenhouses in different climatic conditions in Slovenia. IOBC/WPRS Bulletin, 26: 25-31.
- Trdan S., Milevoj L., Žežlina I., Raspudić E., Andjus L., Vidrih M., Bergant K., Valič N., Žnidarčič D., 2005. Feeding damage by onion thrips, *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera, Thripidae), on early white cabbage grown under insecticide-free conditions. African Entomology, 13: 85-95.
- Van de Veire M., Sterk G., van der Staa M., Ramakers P.M.J., Tirry, L. 2002. Sequential testing scheme for the assessment of the side-effects of plant protection products on the predatory bug *Orius laevigatus*. BioControl, 47: 101-113.

ZAHVALA

Ob zaključku svojega diplomskega dela bi se iskreno zahvalila svojemu mentorju doc. dr. Stanislavu Trdanu za vsestransko strokovno pomoč in spodbudo.

Hvala tudi mag. Draganu Žnidarčiču za pomoč pri izvajanju poskusa.

Zahvaljujem se tudi vsem prijateljem, ki so kakorkoli pomagali pri izvedbi mojega diplomskega dela.