

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Neža KAVČIČ

**LABORATORIJSKO PREUČEVANJE ODPORNOSTI
RASTLINJAKOVEGA ŠČITKARJA (*Trialeurodes
vaporariorum* [Westwood], Homoptera, Aleyrodidae) NA
IZBRANE INSEKTICIDE PO METODI IRAC ŠT. 12A**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2011

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Neža KAVČIČ

**LABORATORIJSKO PREUČEVANJE ODPORNOSTI RASTLINJAKOVEGA
ŠČITKARJA (*Trialeurodes vaporariorum* [Westwood], Homoptera, Aleyrodidae) NA
IZBRANE INSEKTICIDE PO METODI IRAC ŠT. 12A**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**TESTING THE RESISTANCE OF GREENHOUSE WHITEFLY (*Trialeurodes
vaporariorum* [Westwood], Homoptera, Aleyrodidae) ON SELECTED
INSECTICIDES UNDER LABORATORY CONDITIONS BY IRAC METHOD NO.
12A**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2011

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija kmetijstva – agronomije. Opravljeno je bilo v Laboratoriju za entomologijo na Katedri za fitomedicino, kmetijsko tehniko, poljedelstvo, pašništvo in travništvo na Oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Osebk rastlinjakovega škrtkarja (*Trialeurodes vaporariorum*) smo nabrali v rastlinjaku na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani.

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

Komisija za oceno in zagovor:

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

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

Član: doc. dr. Dragan ŽNIDARČIČ
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.

Neža KAVČIČ

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn
DK UDK 632.752:595.752:632.951.025.8(043.2)
KG laboratorijski poskus/odpornost/rastlinjakov škrtkar/*Trialeurodes vaporariorum*/insekticidi/metoda IRAC št. 12a
KK AGRIS H01/H10
AV KAVČIČ, Neža
SA TRDAN, Stanislav (mentor)
KZ SI-1111 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
LI 2011
IN LABORATORIJSKO PREUČEVANJE ODPORNOSTI RASTLINJAKOVEGA ŠČITKARJA (*Trialeurodes vaporariorum* [Westwood], Homoptera, Aleyrodidae) NA IZBRANE INSEKTICIDE PO METODI IRAC ŠT. 12A
TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP IX, 32 [4] str., 3 pregl., 14 sl., 5 pril., 21 vir.
IJ sl
IJ sl/en
AL V laboratorijskem poskusu smo z metodo inštitucije IRAC, imenovano metoda št. 12a, preizkušali učinkovitost treh insekticidnih pripravkov: Actara 25 WG, Karate Zeon 5 CS in Confidor 200 SL, pri zatiranju odraslih osebkov rastlinjakovega škrtkarja (*Trialeurodes vaporariorum*) in ugotavljali morebitno odpornost žuželk nanje. Učinkovitost smo preizkušali pri petih različnih koncentracijah (25, 50, 100, 150 in 200 %). Liste kumar, ki smo jih nabrali v rastlinjaku na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete, smo namočili v raztopine insekticidov pri različnih koncentracijah in jih nato položili v petrijevke. Na liste kumar smo nanесли odrasle osebkove rastlinjakovega škrtkarja. Petrijevke smo nato zaprli in po 48-ih urah s štetjem ugotavljali njihovo smrtnost. Za kontrolo smo uporabili liste, namočene v destilirano vodo. Najvišjo smrtnost imago smo ugotovili pri insekticidu Confidor 200 SL, najnižjo pa pri insekticidu Karate Zeon 5 CS. Iz dobljenih rezultatov lahko sklepamo, da je populacija rastlinjakovega škrtkarja v rastlinjaku na Biotehniški fakulteti že odporna na uporabljene insekticide. Največjo odpornost škodljivca smo ugotovili pri insekticidu Karate Zeon 5 CS, kjer je skoraj polovica odraslih osebkov po nanosu insekticida ostala živa.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
DC UDC 632.752:595.752:632.951.025.8 (043.2)
CX laboratory experiment/resistance/greenhouse whitefly/*Trialeurodes vaporariorum*/insecticides/IRAC method nr. 12a
CC AGRIS H01/H10
AU KAVČIČ, Neža
AA TRDAN, Stanislav (supervisor)
PP SI-1111 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
PY 2011
TI TESTING THE RESISTANCE OF GREENHOUSE WHITEFLY (*Trialeurodes vaporariorum* [Westwood], Homoptera, Aleyrodidae) ON SELECTED INSECTICIDES UNDER LABORATORY CONDITIONS BY IRAC METHOD NO. 12A
DT Graduation Thesis (University Studies)
NO IX, 32 [4] p., 3 tab., 14 fig., 5 ann., 21 ref.
LA sl
AL sl/en
AB By using method of the IRAC, namely method nr. 12a, under laboratory conditions, we tested the efficiency of three insecticidal substances - Actara 25 WG, Karate Zeon 5 CS and Confidor 200 SL – against adults of greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*), and also an eventual resistance to the substances. The efficiency was tested with five different concentrations of compound (25, 50, 100, 150 and 200 %). Leaves of cucumbers, picked in a greenhouse at the Experimental field of Biotechnical Faculty, were dipped into prepared concentrations of insecticides and put into Petri dishes, as well as greenhouse whitefly adults. Petri dishes were closed, and after 48 hours, the mortality rate was determined by counting. Control leaves were dipped into distilled water. The highest mortality rate was achieved by insecticide Confidor 200 SL, the lowest, however, by insecticide Karate Zeon 5 CS. Achieved results show that populations of the greenhouse whitefly in the greenhouse at the Biotechnical Faculty are already resistant to used insecticides, the largest resistance was determined by insecticide Karate Zeon 5 CS, almost half of the greenhouse whitefly adults remained alive after being exposed to this insecticide.

KAZALO VSEBINE

	Str
Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	VIII
Kazalo prilog	IX
1 UVOD	1
1.1 POVOD ZA DELO	1
1.2 CILJI RAZISKAVE	1
1.3 DELOVNA HIPOTEZA	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 RASTLINJAKOV ŠČITKAR (<i>Trialeurodes vaporariorum</i> [Westwood])	2
2.1.1 Opis	2
2.1.2 Razširjenost	3
2.1.3 Gostiteljske rastline	3
2.1.4 Škodljivost	4
2.1.5 Razvojni krog	4
2.1.6 Varstvo rastlin pred rastlinjakovim ščitkarjem	5
2.1.6.1 Kemično zatiranje	5
2.1.6.2 Agrotehnični ukrepi	6
2.1.6.3 Biotično zatiranje	6
2.2 ZATIRANJE RASTLINJAKOVEGA ŠČITKARJA Z INSEKTICIDI	6
2.2.1 Načini delitve insekticidov	6
2.2.1.1 Sintetični piretroidi	7
2.2.1.2 Neonikotinoidi	8
2.3 ODPORNOST PROTI FITOFARMACEVTSKIM SREDSTVOM	9
2.3.1 Definicija odpornosti	9
2.3.2 Zgodovina odpornosti	10
2.3.3 Nastanek rezistence (odpornosti)	10
2.3.4 Oblike in mehanizmi odpornosti	11
2.3.5 Ukrepi za upočasnitev odpornosti	12
2.4 ORGANIZACIJA IRAC	12
2.4.1 Cilji IRAC	12
2.5 KUMARE	13
2.5.1 Morfološke lastnosti kumar	13
2.5.1.1 Steblo in koreninski sistem	13
2.5.1.2 Listi in cvetovi	13
2.5.1.3 Plod in seme	14
2.5.2 Pridelovalne razmere	15
2.5.2.1 Podnebni in talni dejavniki	15
2.5.2.2 Gnojenje	17

2.5.2.3	Presešek in pomanjkanje hranil	17
2.5.2.4	Kolobar	18
2.5.3	Sortiment	18
2.5.4	Spravilo in skladiščenje pridelka	19
3	MATERIAL IN METODE DELA	20
3.1	ZASNOVA POSKUSA	20
3.2	POTEK POSKUSA	20
4	REZULTATI	25
4.1	ANALIZA REZULTATOV	25
4.1.1	Smrtnost odraslih osebkov rastlinjakovega škrtkarja glede na vrsto insekticida (generalna analiza)	25
4.1.2	Smrtnost odraslih osebkov rastlinjakovega škrtkarja pri uporabljenih insekticidih v odvisnosti od koncentracije pripravkov	26
4.1.3	Uporabnost metode IRAC št. 12a	27
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	28
5.1	RAZPRAVA	28
5.2	SKLEPI	28
6	POVZETEK	30
7	VIRI	31
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

	Str.
Preglednica 1: Insekticidni pripravki iz skupine neonikotinoidov, ki so v Sloveniji registrirani za zatiranje rastlinjakovega škrtkarja (Fito-info, 2011)	8
Preglednica 2: Ostali insekticidni pripravki, ki so v Sloveniji registrirani za zatiranje rastlinjakovega škrtkarja (Fito-info, 2011)	9
Preglednica 3: Izračunani odmerki treh uporabljenih insekticidov v petih različnih koncentracijah	21

KAZALO SLIK

	Str.
Slika 1: Odrasli osebk rastlinjakovega škrtkarja (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>) (Prirodoslovni muzej Slovenije, 2011)	3
Slika 2: Časovni prikaz naraščanja odpornosti členonožcev proti petim različnim insekticidom (total – skupaj, cyclodiene – ciklodien, DDT – DDT, OP – organofosfat, carbamate – karbamat, pyrethroid – piretroid, year – leto, species – vrsta) (Encyclopedia of Pest Management, 2002)	10
Slika 3: List kumare (foto: S. Trdan)	14
Slika 4: Plodova kumare (foto: S. Trdan)	15
Slika 5: Kumare v rastlinjaku gojene na opori (foto: S. Trdan)	16
Slika 6: Petrijevke z razlitim agarjem (foto: H. Rojht)	21
Slika 7: Narezani listi kumar v obliki in velikosti petrijevk (foto: H. Rojht)	22
Slika 8: Nanos insekticida na liste kumar (foto: H. Rojht)	22
Slika 9: Sušenje listov kumar po predhodnem nanosu pripravljenih koncentracij insekticidov (foto: H. Rojht)	23
Slika 10: Polaganje listov kumare na agar (foto: H. Rojht)	23
Slika 11: Zaprta petrijevka z odraslimi osebki rastlinjakovega škrtkarja (foto: H. Rojht)	24
Slika 12: Ugotavljanje smrtnosti odraslih osebkov rastlinjakovega škrtkarja po 48-ih urah (foto: H. Rojht)	24
Slika 13: Povprečna smrtnost odraslih osebkov rastlinjakovega škrtkarja (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>) v štirih obravnavanjih, ne glede na koncentracijo pripravkov	26
Slika 14: Povprečna smrtnost odraslih osebkov rastlinjakovega škrtkarja (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>) v štirih obravnavanjih glede na koncentracije pripravkov, v primerjavi s kontrolnim obravnavanjem	26

KAZALO PRILOG

Priloga A1:	Generalna analiza variance za smrtnost odraslih osebkov rastlinjakovega škrtkarja (%)
Priloga A2:	Analiza variance za smrtnost glede na koncentracijo pripravka Confidor 200 SL
Priloga A3:	Analiza variance za smrtnost glede na koncentracijo pripravka Actara 25 WG
Priloga A4:	Analiza variance za smrtnost glede na koncentracijo pripravka Karate Zeon 5 CS
Priloga B:	Predstavitev metode IRAC št. 015 na spletni strani organizacije IRAC

1 UVOD

1.1 POVOD ZA DELO

Rastlinjakov ščitkar (*Trialeurodes vaporariorum* [Westwood]) se v Sloveniji širi in ohranja predvsem v rastlinjakih, najdemo pa ga tudi v trgovinah z okrasnimi rastlinami, od koder lahko prehaja tudi v domove in poslovne prostore. Škodo povzročajo ličinke in odrasli osebki, ki sesajo rastlinske sokove in skozi posebno odprtino na zadku izločajo medeno roso. V Sloveniji bionomija in gospodarski pomen rastlinjakovega ščitkarja še nista bila načrtno preučevana (Milevoj, 2010).

Škodljivec ima več rodov na leto. Zatiramo lahko ličinke ali pa odrasle osebke. Za zatiranje škodljivca se pri nas še vedno uporabljajo zlasti kemični insekticidi. Pri preveč pogosti uporabi insekticidov obstaja nevarnost, da postane škodljivec nanje odporen.

Zaradi vse večjega pomena pridelave zdravega živeža se število dovoljenih sredstev za zatiranje škodljivcev zmanjšuje. Vedno več poudarka se namenja tudi biotičnemu zatiranju. Ker je število registriranih kemičnih insekticidov vse manjše, se isti pripravki v rastni dobi uporabijo večkrat. Zato je še toliko večja možnost, da škodljivi organizmi sčasoma postanejo odporni nanje.

1.2 CILJI RAZISKAVE

Namen našega dela je bil preučiti učinkovitost delovanja treh insekticidnih substanc, ki se v Sloveniji uporabljajo za zatiranje rastlinjakovega ščitkarja in potencialno odpornost škodljivca nanje. Odpornost škodljivca smo preizkušali s standardno mednarodno metodo inštitucije IRAC, in sicer z metodo št. 12a (metoda se od junija 2009 imenuje metoda št. 15). Predvsem pa smo želeli preučiti metodo IRAC št. 12a in ugotoviti njeno uporabnost, prednosti in slabosti.

1.3 DELOVNA HIPOTEZA

Predpostavljali smo, da bomo med preučevanimi insekticidnimi substancami ugotovili razlike v učinkovitosti zatiranja odraslih osebkov škodljivca. Predvidevamo tudi, da bomo z našo raziskavo ugotovili, kako so substance v različnih koncentracijah učinkovite pri zatiranju odraslih osebkov rastlinjakovega ščitkarja.

2 PREGLED OBJAV

2.1 RASTLINJAKOV ŠČITKAR (*Trialeurodes vaporariorum* [Westwood])

Po uveljavljeni sistematiki rastlinjakovega škrtkarja uvrščamo v naslednje sistemske kategorije (Fito-info, 2010):

kraljestvo: Animalia,
deblo: Arthropoda,
razred: Insecta,
red: Hemiptera,
podred: Homoptera,
družina: Aleyrodidae,
rod: *Trialeurodes*,
vrsta: *Trialeurodes vaporariorum*.

Predstavniki družine Aleyrodidae (slov. škrtkarji) so mehkega telesa, veliki 1-3 mm. So belkaste barve, pokriti z mokastim belim voskastim poprhom. Oba para kril sta enako velika. Ustni aparat imajo prilagojen za sesanje in bodenje. Razmnožujejo se partenogenetsko. Iz jajčeca se razvije ličinka, ki je v prvi stopnji gibljiva, v drugi in tretji stopnji pa se pritrdi na list gostiteljske rastline in je negibljiva (Tanasijević, 1969). Škrtkarji so polifagni ali oligofagni. Radi imajo tople in vlažne razmere, kakršne vladajo v zavarovanih prostorih. Škodljivi so zaradi sesanja in izločanja medene rose, na katero se naselijo glive sajavosti, ki vplivajo na zmanjšanje asimilacije. Poleg tega prenašajo tudi nekatere viruse (Maceljski in Igrc Barčič, 1999).

2.1.1 Opis

Rastlinjakov škrtkar je majhen živahen enakokrilec, velik okoli 2 mm (slika 1). Telo in oba para kril ima prekrita s finim voskastim poprhom, kar mu daje snežno bel videz. Jajčeca so ovalna, najprej rumena, po dveh dneh pa postanejo črna. V dolžino merijo 0,2-0,25 mm in so s kratkim pecljem pritrjena na list (Maceljski in sod., 1987; Milevoj, 2010).



Slika 1: Odrasli osebki rastlinjakovega ščitkarja (*Trialeurodes vaporariorum*) (Prirodoslovni muzej Slovenije, 2011)

Ličinke prve stopnje (L1) so ploščate, dolge 0,3 mm, svetlo zelene, z bistro rdečimi očmi. Na nogah imajo štiri ali pet segmentov in na tipalkah dva ali tri. Segmenti niso zelo jasni, zato se zdi, kot da imajo noge sestavljene iz treh in tipalke samo iz dveh segmentov. Ličinke druge stopnje (L2), ki v dolžino merijo 0,38 mm, postanejo negibljive. Prav tako so negibljive tudi ličinke tretje stopnje (L3), ki merijo 0,58 mm. Puparij je zadnja razvojna stopnja ličink in meri 0,7-0,8 mm. Najprej je zelene, potem bele do sivo bele barve. Ima obliko ploščice. V pogledu s strani je stranski rob navpičen in spodnja ploskev enako velika kot zgornja. Ob zunanjem robu ima venec majhnih dlačic. Na hrbtni strani pa ima 12 močnih dlačic, katerih dolžina je odvisna od dlakavosti lista (Maceljski in sod., 1987; Perme, 2005; Milevoj, 2010).

2.1.2 Razširjenost

Rastlinjakov ščitkar izvira iz Srednje Amerike. Pred 130 leti je bil zanesen v Veliko Britanijo. Leta 1926 je pritegnil pozornost, ko se je prav tam namnožil na paradižniku. Danes je razširjen in znan po vsem svetu, predvsem v rastlinjaki in njihovi okolici. V zanj topločno ustreznih območjih, v Sredozemlju in drugod, se pojavlja tudi na prostem.

V Sloveniji se širi in vzdržuje predvsem v rastlinjaki. Spada med naše najznačilnejše škodljivce v rastlinjaki. Razširja se s prometom oz. s prodajo sadik, ki so napadene z ličinkami ali pupariji rastlinjakovega ščitkarja. To je pasivni način širjenja. Na manjše razdalje, po rastlinjaku in njegovi okolici, pa se rastlinjakov ščitkar širi z letanjem odraslih osebkov, kar imenujemo aktivni način širjenja (Maceljski in sod., 1997; Milevoj, 2010).

2.1.3 Gostiteljske rastline

Škodljivec je polifag, saj se hrani na več kot 100 rastlinskih vrstah, tako na plevelih kot gojenih rastlinah. Najraje se naseljuje in dela škodo na rastlinah iz družin Solanaceae in Cucurbitaceae. Glavne gostiteljske rastline rastlinjakovega ščitkarja so kumare (*Cucumis sativus*), paradižnik (*Lycopersicon esculentum*), paprika (*Capsicum annuum*), jajčevec

(*Solanum melongena*) in nekatere sorte fižola (*Phaseolus vulgaris*) (Priručnik ... , 1983). Med okrasnimi rastlinami pa so napadu rastlinjakovega škrtkarja posebno izpostavljene vrste iz rodov *Ageratum*, *Fuchsia*, *Hibiscus*, *Calceolaria*, *Gerbera*, *Dianthus*, *Cyclamen* in *Begonia* (Milevoj, 2010).

2.1.4 Škodljivost

Ličinke in odrasli osebki rastlinjakovega škrtkarja povzročajo na rastlinah neposredno škodo s sesanjem rastlinskega soka. Zaradi tega napadene rastline zaostajajo v rasti, njihovi listi rumenijo, rastline dajo manjši pridelek, ker je plodov manj in so bolj drobni. V nekaterih primerih rastline celo odmrejo (Bayer CropScience, 2011).

Posredno je rastlinjakov škrtkar škodljiv zaradi obilnega izločanja medene rose, ki jo izločajo tako odrasli osebki kot ličinke skozi posebno odprtino na zadku. Medena rosa kaplja po nižjih listih in plodovih. Odrasli osebki v eni uri izločijo okrog 10 kapljic in jo izmetavajo daleč stran od sebe. Na medeni rosi se naselijo in na njej uspevajo glive, ki povzročajo sajavost rastlin. Sajasta prevleka ovira fotosintezo rastlin, zaradi nje so rastline in plodovi grdega videza. Škoda na vrtninah se odraža tudi v manjšem pridelku. Rastlinjakov škrtkar posredno škodo povzroča tudi s prenašanjem rastlinskih virusov (Maceljski in sod., 1997; Milevoj, 2010).

2.1.5 Razvojni krog

Razvojni krog rastlinjakovega škrtkarja poteka v celoti na gostiteljski rastlini. Žuželka ima zelo visok potencial razmnoževanja. Razmnožuje se spolno in partenogenetsko. Samica odloži jajčeca na spodnjo stran komaj razprtih mladih listov. Med ovipozicijo ima sesalo zabodeno v listno tkivo, zadek pa vrti v krogu in tako odlaga jajčeca v krogu. Jajčeca so na kratkih pecljih. Vsaka samica odloži od 50 do 150 jajčec, posamično, ali pa v skupinah po 2-26 skupaj, najpogosteje pa po 4 skupaj (Maceljski in sod., 1997; Milevoj, 2010).

Embrionalni razvoj (čas od odlaganja jajčec do razvoja ličinke) traja 4-20 dni, razvoj ličinke pa 15-45 dni. Optimalne razmere za razvoj rastlinjakovega škrtkarja so visoka temperatura (25-28 °C) in visoka relativna zračna vlaga (Maceljski in sod., 1987).

V prvi larvalni stopnji (L1) so škrtkarji gibljivi, gibljejo pa se le na kratke razdalje, nekaj milimetrov. Potem se pritrdijo in noge jim zakrnijo. Sledita negibljivi stopnji L2 in L3 in stopnja puparija, ki pa se le sprva še hrani. Značilno za puparij je, da ima na hrbtni strani 11 izrastkov. Iz puparija izleti odrasla žival, na pupariju pa ostane zareza v obliki črke T (Milevoj, 2010).

Ko so v zavarovanem prostoru ustvarjene ugodne razmere za pridelavo gojenih rastlin, so ustvarjene tudi razmere za razvoj rastlinjakovega škrtkarja in ostalih škodljivcev. Pri temperaturi v rastlinjaku od 22-25 °C traja popoln razvoj rastlinjakovega škrtkarja 21-28 dni, odvisno od vrste gojenih rastlin. Škodljivec ima 10-12 rodov letno. V vseh obdobjih rastne dobe najdemo na listih vse razvojne stadije: jajčeca, ličinke, puparije in odrasle

osebke. Vrsta nima zimske diapavze, razvoj škodljivca je neprekinjen tudi pozimi, vendar traja pri nižji temperaturi celoten razvoj dlje (45-70 dni) (Maceljski in sod., 1997).

V poletnih mesecih, ko so temperature višje, imagi izletijo iz rastlinjaka, ter živijo in se razmnožujejo na raznih plevelih in samoniklih rastlinah v okolici. Na prostem lahko rastlinjakovega škodljivca najdemo vse do jeseni (Maceljski in sod., 1987). Del populacije se nato vrne v rastlinjake, del se umakne na prezimovanje (Maceljski in sod., 1997).

2.1.6 Varstvo rastlin pred rastlinjakovim škodljivcem

Za pravilno izvajanje ukrepov zatiranja je pomembno, da čim prej ugotovimo začetni napad rastlinjakovega škodljivca. Tega težko opazimo, ker se vsi razvojni stadiji škodljivca nahajajo na spodnji strani listov. Eno starejših in preizkušenih metod, vendar ta ni najboljša, predstavljajo redni pregledi rastlin (vsakih 7 dni), ko otresemo rastline in pregledamo spodnje dele listov. Rumene lepljive plošče služijo za spremljanje pojava in za ulov majhnih začetnih populacij odraslih. Plošče se obešajo tako, da je njihov spodnji rob v višini gornjih delov rastlin. Barva privabi rastlinjakovega škodljivca, ki se nalepi na plošče in tako mnogo prej ugotovimo začetni napad, kot z otreсанjem rastlin (Maceljski in sod., 1997).

2.1.6.1 Kemično zatiranje

Za kemično zatiranje rastlinjakovega škodljivca, je na voljo vrsta insekticidov, toda zaradi voščenega poprha, ki obdaja telo ličink in puparijev, je večina od njih premalo učinkovitih ali neučinkovitih. Če se v istem času pojavijo različni razvojni stadiji, to pomeni, da je potrebno zelo veliko tretiranj, ki se morajo ponavljati v zelo kratkih časovnih razmakih. V poletnih mesecih so si včasih takšna tretiranja sledila na 2-5 dni, odvisno od temperature, relativne zračne vlage in intenzitete okužbe (Maceljski in sod., 1987).

Pogosta uporaba istega insekticida lahko izzove rezistentnost tega škodljivca, ne samo na to sredstvo, marveč še na celo skupino sorodnih insekticidov. Da se temu izognemo, rastlinjakovega škodljivca zatiramo takoj, ko pride do napada (Maceljski in sod., 1997).

Kritično število, ki označuje število žuželk na enoto površine ali rastlino, pri katerem je treba izvesti zatiranje, je en odrasel osebek na 100 rastlin. Pri pojavu od 10 odraslih osebkov/100 rastlin se pojavi veliko medene rose in prve ličinke, odporne na večino insekticidov. Če začnemo z zatiranjem šele pri takšnem ali večjem napadu, so odrasli osebki mrtvi, njihove ličinke pa ne. Iz njih se kmalu razvijejo novi odrasli osebki (Maceljski in sod., 1997).

2.1.6.2 Agrotehnični ukrepi

Poleg kemičnega zatiranja je potrebno izvajati tudi naslednje ukrepe (Maceljski in sod., 1997):

1. Preden posadimo rastlinsko vrsto, ki je izpostavljena napadu rastlinjakovega škrtkarja, iz rastlinjaka odstranimo vse plevle in rastlinske ostanke in jih uničimo. Najbolje jih je zakopati ali sežgati. To velja tudi za okolico rastlinjaka.
2. Za sajenje uporabljamo samo tiste sadike, na katerih ni jajčec, ličink, puparijev ali odraslih osebkov škodljivca.
3. Tekom cele rastne dobe redno vzdržujemo higieno v rastlinjaki, rastlinske ostanke redno odstranjujemo iz rastlinjaka in jih uničujemo.
4. V rastlinjake postavljamo rumene lepljive plošče, ki jih redno pregledujemo. Pri pojavu prvih odraslih osebkov izvedemo škropljenje.

2.1.6.3 Biotično zatiranje

Zaradi strupenosti insekticidov in njihovih ostankov - reziduov v plodovih ter pojava rezistence, se v svetu uporablja tudi biotično zatiranje škodljivca v zavarovanih prostorih. Proti rastlinjakovemu škrtkarju se uporablja parazitska osica *Encarsia formosa* Gahan. Odrasla osica živi okoli 14 dni in v tem času odloži od 60 do 100 jajčec. Jajčeca odlaga v ličinke rastlinjakovega škrtkarja druge in tretje larvalne stopnje, v katerih se razvije odrasel osebek, na račun svojega gostitelja. Namesto belih puparijev na listih se pojavijo parazitirani črni pupariji, iz katerih izleti osica *Encarsia formosa* (Maceljski in sod., 1997; Maceljski in Igrc Barčič, 1999).

Prvo številčnejšo najdbo parazitoida *Encarsia formosa* na rastlinjakovem škrtkarju so v letu 2008 ugotovili tudi v rastlinjaki na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani. V ličinkah rastlinjakovega škrtkarja so našli 1306 osic iz rodu *Encarsia*. Od tega so bili najbolj številčni osebki vrste *E. formosa* (934 osebkov), najdeni na 14 gostiteljskih rastlinskih vrstah v rastlinjaki. V Sloveniji uporaba osice *E. formosa* za zatiranje rastlinjakovega škrtkarja še ni razširjena, lahko pa bi jo vključili v programe biotičnega varstva okrasnih rastlin in vrtnin v zavarovanih prostorih in tako zmanjšali uporabo insekticidov (Kos in sod., 2009).

2.2 ZATIRANJE RASTLINJAKOVEGA ŠKRTKARJA Z INSEKTICIDI

Insekticidi so sredstva, s katerimi zatiramo žuželke, ki so poglavitni živalski škodljivci rastlin. Med fitofarmacevtskimi pripravki so insekticidi najštevilnejši (Maček in Kač, 1990).

2.2.1 Načini delitve insekticidov

Glede na način delovanja na žuželke, insekticide delimo v:

- dotikalne ali kontaktne,
- želodčne ali digestivne,

- dihalne ali inhalacijske.

Pri sodobnih sredstvih se omenjeni načini delovanja pogosto prepletajo (Maček in Kač, 1990).

Delimo jih tudi po tem, na katere razvojne stopnje žuželk delujejo, in sicer na:

- ovicide, to so sredstva, ki delujejo na jajčeca žuželk,
- larvicide, sredstva, ki delujejo na ličinke žuželk,
- adulticide, sredstva, ki delujejo na odrasle žuželke.

Tudi pri tej delitvi nekatere insekticide lahko uvrstimo v več skupin (Maček in Kač, 1990).

Razlikujemo še sredstva, ki insekticidno delujejo na žuželke s površja rastlin ali pa iz njihove notranjosti.

Sredstva z zunanjim (eksternim) delovanjem grizoče in sesajoče žuželke prizadenejo neposredno ali pa iz ostankov škropiva na površju rastlin. Za čim boljši rezultat, moramo pripravek čimbolj enakomerno porazdeliti po površju tretiranih rastlin (Maček in Kač, 1990).

Globinsko delujoči insekticidi lahko prodrejo v tretirane rastline in dosežejo žuželke tudi na nepoškropljenih straneh listov. Globinska sredstva se po rastlini premeščajo osmotsko iz celice v celico. Globinsko delovanje insekticidov je pomembno zlasti za zatiranje listnih zavrtavcev in žerk listnih muh (Maček in Kač, 1990).

Sistemično delujoči insekticidi prodrejo v rastlino, katera jih hitro sprejme vase in prenese v prevodni sistem. Delujejo predvsem na sesajoče žuželke. Rastline sprejmejo sistemične insekticide prek korenin ali nadzemskih delov. Prenašajo se po vodovodnih ceveh - po ksilemu, nekateri pa tudi po sitastih ceveh - po floemu. Iz celice v celico prehajajo z osmozo. Trajanje delovanja takšnega insekticida je odvisno od kemične zgradbe aktivne snovi (a.s.), hitrosti razgraditve v rastlini in okoljskih dejavnikov. Pomembne prednosti sistemskih insekticidov so, da dosežejo tudi bolj skrite žuželke, ki jih nismo neposredno zadeli s škropivom. Ker jih rastline vsrkajo, niso tako nevarni za koristne vrste in ker delujejo prek rastlin, niso izpostavljeni okoljskim dejavnikom (Maček in Kač, 1990; Milevoj, 2007).

V Sloveniji je za zatiranje rastlinjakovega škrtkarja registriranih 22 insekticidnih pripravkov, katerih osnove so različne aktivne snovi (Fito-info, 2011).

2.2.1.1 Sintetični piretroidi

Piretroide so sintetizirali v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja na podlagi poznavanja zgradbe rastlinskih piretrinov. V primerjavi z rastlinskimi piretrini so sintetični bolj obstojni na svetlobi. Prvi sintetizirani piretroid je bil permetrin leta 1974. Sintetični piretroidi imajo insekticidni učinek pri nizkih odmerkih. Delujejo na grizoče in sesajoče žuželke, nekateri tudi na pršice. Ovirajo delovanje natrijevih ionskih kanalov v živčnih

membranah, kar ovira prenos živčnih impulzov. Imenujejo se tudi modulatorji natrijevih kanalov. Imajo širok spekter delovanja, delujejo dolgo, kar je neugodno za biocenoze. Za integrirano varstvo rastlin ne ustrezajo, ker prizadenejo tudi koristne vrste. Imajo repelentni učinek na čebele. Imajo ugoden koeficient strupenosti, to je razmerje med strupenostjo za toplokrvne organizme in žuželke (Milevoj, 2007).

V Sloveniji je za zatiranje rastlinjakovega škrtkarja registriran en pripravek iz skupine sintetičnih piretroidov. To je Karate zeon 5 CS, njegova aktivna snov je lambda cihalotrin. Delež aktivne snovi je 5 %. Odmerek, ki se uporablja proti rastlinjakovemu škrtkarju, je 0,2 l/ha (Fito-info, 2011).

2.2.1.2 Neonikotinoidi

Neonikotinoidi so novejša skupina sintetičnih insekticidov. Razvili so jih na Japonskem, pri firmi Bayer v 80-ih letih. So analogi nikotina in strupa dvoživk iz družine Dendrobatidae. Aktivirajo oziroma blokirajo receptorje acetilholina. Prekinejo prevajanje dražljajev na acetilholinskih receptorjih na postsinaptičnih membranah. So manj strupeni za toplokrvne organizme. Njihova prednost je izrazita sistemčnost. Rastline jih sprejmejo tudi prek korenin in se uporabljajo tudi kot talni insekticidi, za razkuževanje in nanašanje na seme. Po rastlinah se širijo akropetalno, bazipetalno in translaminarno in spet odlično prodrejo v korenine. Delujejo želodčno in kontaktno ter sistemčno na sesajoče in grizoče žuželke. Začetek delovanja je hiter in dolgotrajen. Z neonikotinoidi se uspešno rešuje rezistenca na druge skupine insekticidov. Prvi sintetizirani neonikotinoid je bil imidakloprid leta 1991, ki ima tudi pri nas široko uporabo (Milevoj, 2007).

Pripravki na osnovi neonikotinoidov, ki so v Sloveniji registrirani za zatiranje rastlinjakovega škrtkarja, so navedeni v preglednici 1.

Preglednica 1: Insekticidni pripravki iz skupine neonikotinoidov, ki so v Sloveniji registrirani za zatiranje rastlinjakovega škrtkarja (Fito-info, 2011)

Ime sredstva	Aktivna snov	Aktivna snov v %	Formulacija	Odmerek
Actara 25 WG	tiametoksam	25	WG	400 g/ha
Axoris granulat	tiametoksam	1,2	GR	3-30 g
Axoris palčke	tiametoksam	1,2	PR	1-10 kos
Axoris sprej	tiametoksam abamektin	0,01 0,0015	AL	100 % 0,025l/l substr.
Confidor 200 SL	imidakloprid	20	SL	0,75 l/ha
Kohinor SL 200	imidakloprid	20	SL	0,75 l/ha
Mospilan 20 SG	acetamprid	20	SG	0,35-0,4 kg/ha

Ostali insekticidi, ki so v Sloveniji registrirani za zatiranje rastlinjakovega škrtkarja, so navedeni v preglednici 2.

Preglednica 2: Ostali insekticidni pripravki, ki so v Sloveniji registrirani za zatiranje rastlinjakovega škrtkarja (Fito-info, 2011)

Ime sredstva	Aktivna snov	Aktivna snov v %	Formulacija	Odmerek
Rastlinski insekticidi				
Bio plantella flora kenyatox verde	piretrin	0,075	AL	100 %
Fazilo sprej	piretrin in abamektin	0,02 0,0015	AL	100 %
Kenyatox verde	piretrin	16	EC	0,07-0,08 %
Neemazal -T/S	azadirahatin	1	EC	0,3 %
Ogriol	oje navadne ogrščice	92	EC	14 l/ha
Spruzit koncentrat	piretrin	4	EC	0,1 %
Valentin eko insekticid iz naravnega piretrina konc.	piretrin	16	EC	0,07-0,08 %
Valentin eko insekticid iz naravnega piretrina-R	piretrin	0,075	AL	100 %
Zaviralci prehranjevanja				
Chess 50 WG	pimetrozin	50	WG	400-600 g/ha
Druga sredstva				
Aktiv	Kalijeve soli maščobnih kislin	4,9	SL	3 %
Aktiv-R	Kalijeve soli maščobnih kislin	0,15	AL	100 %
Neudosan AF	Kalijeve soli maščobnih kislin	1	AL	100 %
Valentin eko insekticid iz maščobnih kislin	Kalijeve soli maščobnih kislin	4,9	SL	3 %
Valentin eko insekticid iz maščobnih kislin	Kalijeve soli maščobnih kislin	0,15	AL	100 %

2.3 ODPORNOST PROTI FITOFARMACEVTSKIM SREDSTVOM

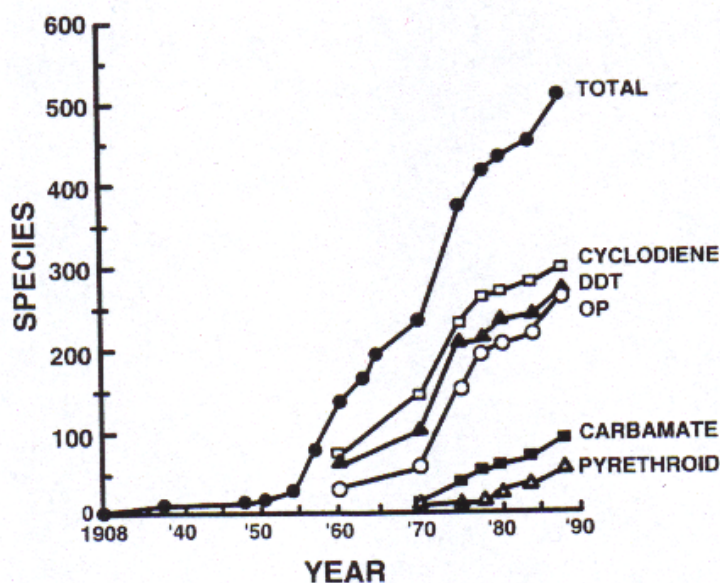
2.3.1 Definicija odpornosti

Odpornost proti kemičnim sredstvom za varstvo rastlin je pojav, da se v kaki populaciji škodljivih organizmov (žuželk, pršic, gliv ali plevelov) pojavijo osebk, ki brez škode prenesejo koncentracije aktivnih snovi, ki na večino drugih osebkov iste vrste delujejo

smrtno (Maček in Kač, 1990). Odpornost je mogoče definirati tudi kot »dedne spremembe v občutljivosti populacij škodljivih organizmov, ki se odražajo v ponavljajočem se neuspehu pripravka, za doseganje pričakovane ravni zatiranja, če se za posamezno škodljivo vrsto uporabljajo v skladu s priporočili na etiketi« (IRAC, 2011).

2.3.2 Zgodovina odpornosti

Pojav odpornosti je znan že iz preteklosti. Ugotovili so jo v letih 1913-1914 pri ameriškem kaparju (*Quadraspidotus perniciosus* [Comstock]), ki je postal odporen na žveplovoapneno brozgo. Odpornost je postala bolj pomembna po uvedbi sintetičnih organskih insekticidov. Kmalu po odkritju DDT in njegovi množični uporabi, je sredstvo postalo neučinkovito, najprej proti hišni muhi (*Musca domestica* L.). Tako so v letih 1947-1950 na Švedskem in v Združenih državah Amerike muhe uspešno zatirali samo še s povečanimi koncentracijami sredstva in večjim številom škropljenj. DDT je tako na mnogih območjih proti muham postal neučinkovit. Enak pojav so kmalu ugotovili tudi pri drugih insekticidih in pred 20 leti je bila odpornost ugotovljena že pri več kot 200 različnih vrstah škodljivcev (slika 2) (Maček in Kač, 1990).



Slika 2: Časovni prikaz naraščanja odpornosti členonožcev proti petim različnim insekticidom (total – skupaj, cyclodiene – ciklodien, DDT – DDT, OP – organofosfat, carbamate – karbamat, pyrethroid – piretroid, year – leto, species – vrsta) (Encyclopedia of Pest Management, 2002).

2.3.3 Nastanek rezistence (odpornosti)

Nastanek odpornosti je selekcijski proces. Ta se začne, ko ima v neki populaciji malo osebkov dedno določeno majhno občutljivost na uporabljeno aktivno snov. Zaradi te lastnosti osebkci preživijo zatiranje s to snovjo. Po večkratni uporabi aktivne snovi se v naslednjih rodovih začno kopičiti dedne zasnove (geni) za odpornost. Na koncu se oblikuje

populacija odpornih osebkov, ki jih je mogoče zatreti samo še z zelo visokimi koncentracijami aktivne snovi, ali pa jih sploh ni več mogoče zatreti (Maček in Kač, 1990).

Odpornost hitreje narašča v rastlinjakih, kjer se škodljivi organizmi hitreje razmnožujejo; tu je malo ali celo nič priseljavanja občutljivih organizmov in večkrat pride do škropljenja (IRAC, 2011). Večja verjetnost za nastanek odpornosti proti kemičnim sredstvom, je odvisna od nekaterih dejavnikov (Maček in Kač, 1990):

- večkratna uporaba iste aktivne snovi ali istega pripravka,
- kolikor več odpornih osebkov je v izhodiščni populaciji in kolikor se z dedno kombinacijo šibkih genov za rezistenco oblikuje močna odpornost,
- kolikor več osebkov z geni za rezistenco preživi zatiranje s kemičnim sredstvom,
- kolikor večja je populacija škodljivca in kolikor večja je stopnja njihovega razmnoževanja,
- kolikor manj možnosti je za doselitev občutljivih osebkov iz okoliških rastišč, kjer zatiranje z isto aktivno snovjo ni bilo opravljeno,
- kolikor manj dednih zasnov uravnava delovanje rezistence, kar pomeni, kolikor bolj specifično je delovanje kemičnega sredstva.

2.3.4 Oblike in mehanizmi odpornosti

Poznamo več vrst odpornosti (Maček in Kač, 1990):

- odpornost na eno aktivno snov,
- skupinska rezistenca, kjer se odpornost usmeri proti več kemično sorodnim aktivnim snovem,
- multirezistenca, kjer so škodljivci odporni proti dvema ali več različnim skupinam aktivnih snovi,
- navzkrižna rezistenca, kjer se pojavi odpornost proti eni ali več aktivnim snovem, s katerimi škodljivec še ni prišel v stik.

Obstaja več načinov, kako žuželka postane odporna na insekticid. Presnovna odpornost je najpogostejši mehanizem in pogosto predstavlja največji izziv. Odporna žuželka lahko razstrupi ali uniči toksin hitreje kot občutljiva ali pa se hitro znebi strupenih molekul iz svojega telesa. Žuželka svoje notranje encimske sisteme uporabi za razgradnjo insekticidov. Odporni organizmi imajo bolj učinkovite oblike teh encimov. Poleg tega, da so bolj učinkoviti, imajo tudi širok spekter delovanja, to pomeni, da lahko razgradijo veliko različnih insekticidov (IRAC, 2011).

Drugi način, kako žuželka razvije odpornost, je povezan s ciljnim mestom v žuželki, na katerega insekticid deluje. Ciljno mesto se lahko gensko spremeni in prepreči da se nanj insekticid veže ali vzajemno deluje. Na ta način se učinek insekticida zmanjša ali izgine (IRAC, 2011).

Žuželka lahko na zunanji povrhnjici razvije neko oviro, s katero upočasni absorpcijo kemičnih sredstev v notranjost žuželke. To lahko žuželko zaščiti pred vrsto različnih insekticidov. Ta način se pogosto pojavlja z drugimi mehanizmi in zmanjšan prodor sredstva v žuželko okrepi vpliv ostalih mehanizmov (IRAC, 2011).

Odporna žuželka lahko zazna ali prepozna nevarnost in se izogne toksinu. Žuželke se preprosto nehajo hraniti, če naletijo na nekatere insekticide ali pa zapustijo območje, kjer je prišlo do škropljenja (npr. lahko se preselijo na spodnjo stran poškrpljenega lista, ali pa celo odletijo s tretiranega območja) (IRAC, 2011).

2.3.5 Ukrepi za upočasnitev odpornosti

Kolikor je doslej znano, nastanka odpornosti ni mogoče preprečiti. Pri intenzivni uporabi insekticidov, je po daljšem ali krajšem času treba računati nanjo. Na voljo pa so številni ukrepi, s katerimi lahko pojav odpornosti upočasnimo (Maček in Kač, 1990):

- uporaba aktivnih snovi, ki v manjšem obsegu povzročajo rezistenco,
- uporaba kombiniranih pripravkov, ki vsebujejo aktivne snovi z različnimi mehanizmi delovanja,
- menjava sredstev z različnimi načini delovanja v obliki kolobarja,
- dodajanje »antirezistentov« ali sinergistov, ki posežejo v delovanje sredstva in s tem preprečujejo njegovo inaktivacijo v organizmu škodljivca,
- omejitev uporabe fitofarmaceutskih sredstev na zares nujno potrebne primere,
- zmanjšanje koncentracij in količin škropiva,
- ohranjanje ekoloških niš – majhnih neškropljenih delov posevkov ali nasadov,
- lovni postopki pri aktivno gibljivih škodljivcih, ki reagirajo na vabe.

2.4 ORGANIZACIJA IRAC

Odbor za odpornost na insekticide (IRAC) je bil ustanovljen leta 1984 in deluje kot strokovno-tehnična skupina industrijskega združenja CropLife. Pododbori so organizirani kot mreže državnih ali regionalnih (krajevnih) skupin, povezanih z mednarodnim IRAC, ki deluje v vlogi koordinatorja. Članice mednarodnega IRAC so podjetja BASF, Bayer CropScience, Cheminova, Monsanto in Syngenta (IRAC, 2011).

2.4.1 Cilji IRAC

Glavna cilja IRAC sta lažje komuniciranje in izobraževanje o odpornosti na insekticide in spodbujanje razvoja strategij za obvladovanje odpornosti, da se ohrani učinkovitost in podpora trajnostnega kmetijstva in izboljšanje javnega zdravstva. Po mnenju IRAC so te dejavnosti najboljši način za ohranitev ali ponovno pridobitev dovzetnosti za insekticide, ki so ključnega pomena za učinkovito varstvo rastlin pred škodljivci (IRAC, 2011).

2.5 KUMARE

Kumara (*Cucumis sativus* L.) je vrsta iz družine bučnic (Cucurbitaceae). Steblo je poleglo in se z viticami oprijema opore. Listi so razvrščeni spiralno, brez prilistov. Cvetovi so večinoma enospolni. Plod je jagoda (Osvald in Kogoj Osvald, 1999). Tik pod talnim površjem razvija plitev, močnejše razrasel koreninski sistem (Osvald in Kogoj Osvald, 2005).

Pridelovanje kumar je v svetu razširjeno na približno 800.000 ha. Pridelujemo jih zaradi plodov, ki jih porabimo za solate ali za predelavo. Gojenje je razširjeno na prostem (v poletnem času) in v zavarovanem prostoru (v obdobju, ko na prostem pridelava ni možna). Dolžina rastne dobe je na prostem od 3 do 4 mesece, v zavarovanem prostoru pa lahko traja dlje (Osvald in Kogoj Osvald, 2005).

Kumare vsebujejo več kot 97 % vode, imajo nizko energijsko vrednost. Bogate so s kalijem, ki je v ugodnem razmerju z natrijem. Vsebujejo tudi vitamine A, B1 in B2, največ pa vitamina C (Bajec, 1988).

2.5.1 Morfološke lastnosti kumar

2.5.1.1 Steblo in koreninski sistem

Rastline razvijejo močan koreninski sistem (Osvald in Kogoj Osvald, 1999). Večina korenin je v globini do 0,5 m, posamezne pa prodrejo globlje, do 1,5 m. Pri kumarah nastajajo tudi adventivne korenine. V začetku razvoja korenine rastejo zelo hitro, tudi do 2,5 cm na dan, dokler ne dosežejo 90 cm. Pozneje rastejo počasneje kot poganjki (Černe, 1988).

Steblo se imenuje vreža, lahko se razprostira po tleh ali vzpenja ob opori z enojnimi viticami. Rastlina lahko razvije do 10 m dolge vreže. Dolžina in razvejanost rastlin je odvisna od rastnih razmer in kultivarja. Navadno so vreže kratke (0,5 m) do srednje dolge (2,5 m) (Osvald in Kogoj Osvald, 1999). Na primarni ali glavni vreži se razvijejo prve stranske ali sekundarne vreže, na njih terciarne in na teh še kvartarne. Če kumare gojimo v tleh, ki je pokrita s črno PE prekrivko, so vreže močnejše, več pa je tudi terciarnih in kvartarnih vrež (Černe, 1988).

2.5.1.2 Listi in cvetovi

Listi (slika 3) so peterokarpni s koničastimi krpami in ščetinami. Njihova velikost je sortno značilna in odvisna od rastnih razmer. Starejši listi na glavni vreži so lahko širši od 30 cm, mlajše višje ležeče listne ploskve pa so redko večje od 10 ali 15 cm (Osvald in Kogoj Osvald, 1999).



Slika 3: List kumare (foto: S. Trdan)

Kumare so enodomne rastline. Moški in ženski cvetovi so na isti rastlini, vendar so ločeni. Navadno ima vsaka rastlina moške cvetove na glavni vreži, medtem ko so ženski cvetovi na vrežah drugega in tretjega reda (Bajec, 1988). Ženski cvetovi so nekoliko večji od moških. Moški cvetovi so v grozdih s kratkimi, tankimi peclji, ženski pa so večinoma posamični s krepkimi kratkimi peclji. Cvet ima podraslo plodnico. Je tujeprašnica, pogosta pa je tudi partenokarpija (Osvald in Kogoj Osvald, 1999).

Sorte, ki so primerne za rastlinjake razvijejo samo ženske cvetove; plodovi se razvijejo brez oploditve, te plodove pa imenujemo partenokarpni plodovi. Zaradi vremenskih vplivov se lahko razvijejo tudi moški cvetovi, kar povzroča deformacijo plodov. Dolg dan, močna osvetlitev in visoka temperatura povzročajo razvoj moških cvetov. Kratek dan, slaba osvetlitev in nižja temperatura povzročijo razvoj ženskih cvetov (Černe, 1988).

2.5.1.3 Plod in seme

Plod je jagoda (Osvald in Kogoj Osvald, 1999). Plodovi so značilno oblikovani, od valjastih, kijastih, slivastih do ozko podolgovatih (slika 4). Kožica je gladka, rebrasta ali posejana z bodičastimi izrastki (Osvald in Kogoj Osvald, 2005). Barva ploda v tehnološki zrelosti je od bele do temno zelene, možne so svetle proge na plodu, v botanični zrelosti pa so plodovi večinoma rumene barve. Barva mesa je bela ali zelenkasta (Jakše, 2002). Masa ploda se giblje od nekaj deset gramov pa do 1,5 kg. Ena rastlina lahko nosi od 4 do 6 zrelih plodov (Osvald in Kogoj Osvald, 1999).



Slika 4: Plodova kumare (foto: S. Trdan)

Seme je ploščato in podolgovato, bele ali rumenkaste barve. Absolutna masa semena je od 25 do 30 g. Normalno razvit plod vsebuje od 300 do 500 semen. Seme je kalivo do 8 let (Osvald in Kogoj Osvald, 1999). Pri normalno dozorelem semenu se kalivost zmanjša po petih do sedmih letih. Če seme prisilno dozori, potem je najbolj kalivo po dveh do štirih letih (Černe, 1988).

2.5.2 Pridelovalne razmere

2.5.2.1 Podnebni in talni dejavniki

Kumare so toplotno zahtevne rastline. Za uspešno gojenje imajo naslednje temperaturne zahteve (Osvald in Kogoj Osvald, 2005):

- vznik: najnižja temperatura 12-13 °C,
optimalna temperatura 25-28 °C,
najvišja temperatura 30 °C,
- rast: najnižja temperatura 15 °C,
optimalna temperatura 24-27 °C,
najvišja temperatura 30 °C.

Kumare sejemo, ko se temperatura tal dvigne na 12 do 15 °C. Pri temperaturi od 17 do 18 °C kumare vzniknejo v štirih do sedmih dneh, pri temperaturi 25 °C pa že v dveh dnevih.

Za razvoj korenin je potrebna temperatura tal 20 °C, pri temperaturah pod 15 °C korenine niso več sposobne črpati hranil in vode, zato razvoj kumar zakasni (Osvald in Kogoj Osvald, 1999).

Pri gojenju v zavarovanem prostoru je za vznik optimalna temperatura 25-27 °C podnevi in 23 °C ponoči. Takoj po vzniku je potrebno temperaturo znižati na 20-22 °C podnevi in 16-18 °C ponoči. Za normalen razvoj kumar je zelo pomembno zniževanje nočnih temperatur in prilagajanje temperatur vsakodnevnemu vremenu (Černe, 1988).

Neugoden vpliv na razvoj kumar imajo velike temperaturne razlike, ki lahko povzročijo močnejše odpadanje zasnovanih plodov, razvoj deformiranih plodov, poslabšajo okus in povzročajo grenkobo plodov (Osvald in Kogoj Osvald, 1999).



Slika 5: Kumare v rastlinjaku, gojene na opori (foto: S. Trdan)

Kumare so zahtevne tudi glede vlage. Optimalna vlažnost tal je od 65 do 75 % poljske kapacitete tal za vodo. Ker imajo kumare plitve korenine, črpajo 80 % vlage iz globine do 60 cm. Največ vode potrebujejo med razvojem plodov. Za optimalen razvoj kumare potrebujejo tudi visoko relativno zračno vlago, to je od 70 do 90 %. Pri manjši relativni zračni vlagi potrebujejo kumare bolj vlažna tla (Černe, 1988). Prvo znamenje pomanjkanja vode je izguba barve na listih in plodovih. Listi propadejo, posamezni so delno poškodovani. Poškodovano tkivo pozneje izgubi turgor, postane rjavo in propade. Ob suši med cvetenjem odpadajo cvetovi, posušijo se mladi plodovi, pridelek se zmanjša (Osvald in Kogoj Osvald, 1999).

Kumare se najbolje razvijajo in dajo velik pridelek v toplih, zračnih, strukturnih, humoznih, peščeno-ilovnatih in srednje težkih tleh, ki dobro zadržujejo vodo in so bogata s hranili. Na težkih tleh, posebno če podtalnica sega več kot 70 cm visoko, kumare zelo slabo uspevajo. Optimalna reakcija tal (pH) je od 6 do 6,5. V takšnih tleh se koreninski sistem bolje in globlje razvije, kar omogoča, da so rastline odpornejše na sušo.

Tla morajo biti strukturno stabilna, ker moramo kumare pogosto zalivati, tla obdelovati (okopavati in negovati) z veliko organske snovi. Koristno je tudi, če tla prekrijemo z zastirnimi materiali (folija, slama). V zavarovanem prostoru lahko kumare dobro uspevajo tudi na drugih strukturno stabilnih podlagah. V ta namen so ustrezni slama, kamena volna in drugi materiali (Osvald in Kogoj Osvald, 1999).

2.5.2.2 Gnojenje

Kumare gnojimo z organskimi in mineralnimi gnojili (Osvald in Kogoj Osvald, 2005). Od količine humusa je odvisno, koliko hlevskega gnoja damo v tla, to je od 30 do 60 ton na hektar. Glede na preskrbljenost tal s hranili in načrtovani pridelek, pognojimo posevek kumar s:

- 100 do 150 kg N/ha,
- 100 do 150 kg P₂O₅/ha,
- 150 do 250 kg K₂O/ha.

Fosforjeva in kalijeva gnojila zadelamo v tla jeseni ali zgodaj spomladi, z dušikovimi gnojili pa dognojujemo v enem do treh obrokih. Dognojevanje z dušikom zelo ugodno deluje na razvoj ženskih cvetov, podaljšata se rast in rodnost. Plod vsebuje veliko kalija, zato zadostna preskrba s kalijem pa tudi fosforjem vpliva ugodno na razvoj plodov (Osvald in Kogoj Osvald, 1999).

Kumare potrebujejo tudi mikroelemente, predvsem mangan, bor, kobalt, baker in magnezij. Če v manganu, boru in kobaltu namakamo seme, se rastlina bujnejše razvija. Baker povečuje količino klorofila in upočasni staranje rastlin, pospešuje pa tudi razvoj plodov (Černe, 1988). Za uspešno rast in razvoj rastlin kumar in ohranjanje ugodnega zdravstvenega stanja se priporoča fertiirigacijski način dognojevanja (Osvald in Kogoj Osvald, 2005).

2.5.2.3 Presežek in pomanjkanje hranil

Pri pomanjkanju dušika rastline slabo rastejo, spodnji listi rumenijo, listne žile še nekaj časa ostanejo zelene. Pri preobilici dušika rastejo samo vreže, cvetovi pa se ne oblikujejo. Pomanjkanje kalija spoznamo po svetlejših listnih robovih, nekrotičnih delih starih listov, listna ploskev se zvija navzdol, rumeni od roba, listne žile so zelene in listi začno veneti. Pri pomanjkanju fosforja so listi sivozelene z rumenimi pegami, listna ploskev se zvije navzgor. Pri pomanjkanju kalcija se mladi listi začnejo upogibati navznoter, listi so deformirani, venejo in propadejo. Pri pomanjkanju železa so listi svetlo zeleni, zelene ostanejo samo listne žile. Pri pomanjkanju mangana so med žilami listi svetlejši in z nekrozami, ki preidejo tudi na stare liste. Stari listi lahko začno postajati svetlejši, videz

lista je tak, kot bi ga napadla rdeča sadna pršica (*Panonychus ulmi* [Koch]). Pri pomanjkanju magnezija listni rob ostane zelen, sredina lista med listnimi žilami rumeni in rjavi. To se najprej pojavi na starih listih in nato širi na mlajše (Osvald in Kogoj Osvald, 1999).

2.5.2.4 Kolobar

Kumar na isto mesto ne sadimo vsaj štiri leta. Dobro uspevajo za deteljo, žitom, peso, grahom, porom, fižolom ali drugimi stročnicami, slabo pa za vsemi kapusnicami. Po koruzi lahko kumare gojimo samo v primeru, če nismo prekoračili predpisane količine herbicidov (Osvald in Kogoj Osvald, 1999). Kumare pridelujemo tudi po zimski solati, zimski špinači in redkvici. Po kumarah pa sadimo česen ali pa sejemo korenovke (Černe, 1988).

V zavarovanem prostoru je pravilno kolobarjenje manj zahtevno zaradi obilnejšega gnojenje z organskimi gnojili, rednega razkuževanja tal ali uporabe razkuženih substratov (hidroponsko gojenje). Kot vmesna rastlina je ustrezna kolerabica, katere gojenje mora biti končano od 2 do 3 tedne po sajenju kumar (Osvald in Kogoj Osvald, 1999).

2.5.3 Sortiment

Znanih je več sto sort kumar. Navadno pa kumare delimo na sorte za predelavo, solatne sorte in kombinirane sorte (za predelavo in solato). Industrijsko najpogosteje pridelujejo sorte s kratkimi plodovi, za svežo porabo pa kumare z dolgimi plodovi. Kombinirane sorte razvijejo srednje dolge plodove, vendar so za predelavo ustrezne le, ko so še majhne (Osvald in Kogoj Osvald, 1999).

Cilji selekcije pri solatnih kumarah (Jakše, 2002):

- zgodnost,
- manjša občutljivost na temperaturo pod 15 °C,
- malo placent in semen,
- majhna vsebnost grenčin,
- manjša občutljivost na temperaturne spremembe in spremembe vlage, ki povzročajo deformacije plodov.

Cilji selekcije pri kumaricah za vlaganje (Jakše, 2002):

- velika rodnost in hiter nastavek cvetov – plodov,
- odpornost na plesen,
- lepa obarvanost plodov,
- pomembno je tudi, da plodovi ohranijo krhkost po postopku konzerviranja.

Med sortami solatnih kumar, ki se pridelujejo pri nas, naj omenimo 'Boda F1', 'Darina F1', 'Slice king' in 'Southern delight F1', med sortami kumar za vlaganje pa 'Delikates', 'Eva' in 'Levina F1' (Hauptman Medved, 2011).

2.5.4 Spravilo in skladiščenje pridelka

Kumare obiramo v tehnološki zrelosti, to je takrat, ko plodovi dosežejo velikost in barvo, ki je značilna za sorto. Lahko jih obiramo ročno ali strojno. Ker plodovi na vrežah kumar rastejo in dozorevajo postopoma, dajo kumare pri večkratnem ročnem obiranju večji in bolj kakovosten pridelek, ki je sortiran po kakovostnih razredih. Pri enkratnem strojnem obiranju je pridelek manjši. Prvi plodovi tehnološko dozoriijo od 35 do 50 dni po setvi (Osvald in Kogoj Osvald, 1999).

Plodove obiramo vedno zjutraj. Solatne kumare, dolge 20 cm, pobiramo dvakrat na teden. Kumare za vlaganje ročno pobiramo od 2 do 4-krat na teden, v zelo ugodnih razmerah lahko tudi vsak dan. Pri obiranju moramo biti pazljivi, da ne poškodujemo vrež. Strojno obiramo samo enkrat (Osvald in Kogoj Osvald, 1999).

V naših podnebnih razmerah je zorenje plodov odvisno od sorte, časa setve, vremenskih razmer in uporabljene agrotehnike. Povprečno se opravi od 25 do 35 obiranj. Pridelki kumar za vlaganje so od 20 do 40 t/ha. Pri strojnem obiranju je pridelek samo do 10 t/ha, poleg tega je od 30 do 40 % plodov poškodovanih. Pri solatnih kumarah znaša pridelek od 25 do 50 t/ha (Osvald in Kogoj Osvald, 1999).

Skladiščenje kumar je precej težko, saj plodovi že na rastlini hitro "prerastejo" fazo tehnološke zrelosti. Staranje se nadaljuje tudi po obiranju. Plodovi hitro izgubljajo vodo, organoleptične in tehnološke lastnosti ter so videti oveneli. Zato jih moramo čim prej dostaviti na trg ali v predelavo. Plodovi mnogih kultivarjev po obiranju hitro porumenijo. Plodov praviloma ne peremo, ker s pranjem odstranimo njihovo voščeno prevleko in potem hitro ovenijo. Zato kumare iz steklenjakov s posebnimi stroji ovijejo s tanko plastično folijo (Osvald in Kogoj Osvald, 1999).

Kumare so občutljive na mraz. Deset dni jih lahko skladiščimo pri temperaturah zraka od 7 do 10 °C in relativni zračni vlagi od 90 do 95 %. Pri 4 °C že po petih dneh opazimo poškodbe zaradi mraza, ki se kažejo kot vodena mesta pod kožico, na katerih se pogosto pojavi plesen. Pri 0 °C se lahko ohranijo največ dva dneva. Pri temperaturi zraka nad 10 °C se trajanje skladiščenja precej skrajša. Pojavi se rumenenje in plesnivost plodov, plodovi se skrčijo in na lupini nastanejo vodene pege. Kakovost kumar ohranimo dlje, če je v skladišču 5 % CO₂ in 2 % O₂. Pri kumarah za vlaganje v kis je primerno hitro ohlajanje na 4 °C (Osvald in Kogoj Osvald, 1999).

3 MATERIAL IN METODE DELA

3.1 ZASNOVA POSKUSA

Poskus je potekal leta 2008 v rastlinjaku na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete ter v Laboratoriju za entomologijo Katedre za fitomedicino, kmetijsko tehniko, poljedelstvo, pašništvo in travništvo na Oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani. Poskus smo ponovili trikrat, in sicer 5.8. 2008, 11.8. 2008 in 3.9. 2008.

V poskusu smo preučevali učinkovitost treh insekticidnih substanc, ki so v Sloveniji registrirane za zatiranje rastlinjakovega škrtkarja (*Trialeurodes vaporariorum*), ter potencialno odpornost rastlinjakovega škrtkarja na izbrane insekticide. Odpornost smo preizkušali s standardno metodo IRAC, in sicer z metodo št. 12 a (od junija 2009 se metoda imenuje št. 15). V obdobju trajanja poskusa smo preučili tudi prednosti in slabosti te metode. Odrasle osebkke rastlinjakovega škrtkarja smo nabrali na listih kumar v rastlinjaku na Biotehniški fakulteti. V poskusu smo za preučevanje odpornosti rastlinjakovega škrtkarja uporabili tri insekticide: 1) Confidor 200 SL (aktivna snov imidakloprid), v obliki vodotopnega koncentrata, proizvaja ga podjetje Bayer CS, zastopnika sta podjetji Bayer Cropscience d.o.o. in Pinus TKI d.d.; 2) Karate zeon 5 CS (aktivna snov lambda-cihalotrin), proizvaja ga podjetje Syngenta, zastopnik pa je podjetje Syngenta Agro d.o.o. in 3) Actara 25 WG (aktivna snov tiametoksam), v obliki močljivih zrn, ki ga proizvaja podjetje Syngenta, zastopnik pa je podjetje Syngenta Agro d.o.o.

3.2 POTEK POSKUSA

Za poskus smo uporabili odrasle osebkke rastlinjakovega škrtkarja, ki smo jih nabrali v rastlinjaku Biotehniške fakultete. Škrtkarje smo nabirali zjutraj, saj so takrat manj gibljivi. Skupaj z listi kumar smo jih dali v plastične posode in te takoj prenesli v hladilnik v Laboratoriju za entomologijo. Z nižjo temperaturo smo tako vsaj malo omejili njihovo gibljivost. Nabrali smo tudi liste kumar, ki niso bili napadeni od rastlinjakovega škrtkarja, in tudi te smo pozneje uporabili v poskusu.

Poskus smo izvajali v plastičnih petrijevkah, s premerom 9 cm. Na vsak pokrov petrijevke smo naredili majhne luknje z iglo, ki smo jo predhodno segreli na gorilniku. Luknje so morale biti tako majhne, da škrtkarji niso mogli pobegniti.

Petrijevke smo nato napolnili z agarjem. En liter čistega agarja smo pripravili z mešanjem 1 g agarja v 100 ml destilirane vode. Mešanico smo nato segreli, dokler ni zavrela in nato z neprestanim mešanjem počakali, da se je ohladila. Petrijevke smo napolnili do višine 3-4 mm (slika 6). Agar smo razlili dan pred začetkom poskusa, da se je ohladil in strdil.

Zdrave, neškropljene liste kumar, smo narezali v obliko in velikost petrijevk (slika 7). Liste smo nato namočili v prej pripravljene koncentracije insekticidov za 20 sekund (slika 8) in jih nato posušili na papirnatih brisačah (slika 9). Za vsako koncentracijo (25 %, 50 %, 100

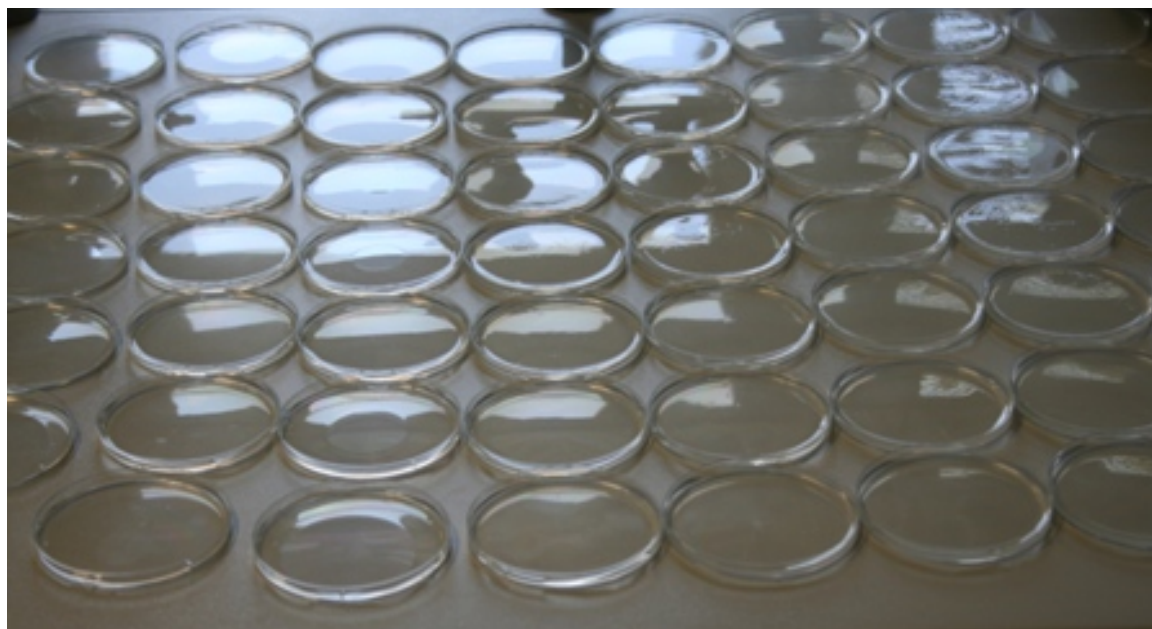
%, 150 % in 200 %) smo pripravili pet ponovitev. Za kontrolo smo uporabili liste, ki smo jih namočili samo v destilirani vodi.

Preglednica 3: Izračunani odmerki treh uporabljenih insekticidov v petih različnih koncentracijah

Pripravki ml (g)/0,5 l vode			
Koncentracija	Actara 25 WG (g)	Confidor SL 200 (ml)	Karate zeon 5 CS (ml)
25%	0,05	0,0782	0,025
50%	0,1	0,1563	0,05
100%	0,2	0,3125	0,1
150%	0,3	0,4688	0,15
200%	0,4	0,625	0,2

Liste kumar smo nato položili na agar, in sicer z zgornjo stranjo navzdol, v vsako petrijevko (slika 10). Sledil je še vnos odraslih osebkov rastlinjakovega škrtkarja na liste kumar. Zaradi njihove izjemne živahnosti ni bilo mogoče v vsako petrijevko dati enako število osebkov. Nad vsako petrijevko smo tako potresli list kumare s škrtkarji in petrijevko zaprli (slika 11) in nato prešteli število škrtkarjev. Petrijevke smo nato obrnili, tako da so se škrtkarji lahko neovirano gibali. Poskus smo izvajali pri sobni temperaturi. Po 48-ih urah smo s štetjem ugotavljali smrtnost osebkov (slika 12) in jo izrazili v odstotkih.

Dobljene rezultate smo statistično obdelali z analizo variance v programu Statgraph for Windows 4.0. in grafično predstavili s programom MS Office Excel 2003.



Slika 6: Petrijevke z razlitim agarjem (foto: H. Rojht)



Slika 7: Narezani listi kumar v obliki in velikosti petrijevk (foto: H. Rojht)



Slika 8: Nanos insekticida na liste kumar (foto: H. Rojht)



Slika 9: Sušenje listov kumar po predhodnem nanosu pripravljenih koncentracij insekticidov (foto: H. Rojht)



Slika 10: Polaganje listov kumare na agar (foto: H. Rojht)



Slika 11: Zaprta petrijevka z odraslimi osebkmi rastlinjakovega škitarja (foto: H. Rojht)



Slika 12: Ugotavljanje smrtnosti odraslih osebkov rastlinjakovega škitarja po 48-ih urah (foto: H. Rojht)

4 REZULTATI

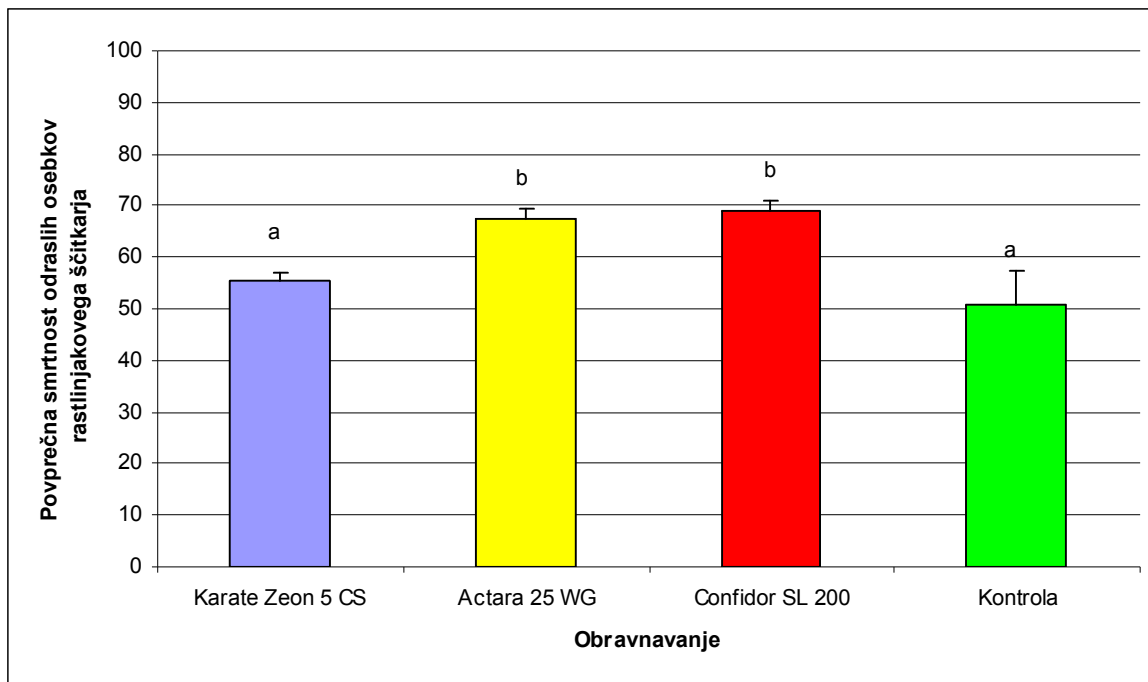
4.1 ANALIZA REZULTATOV

Statistična analiza dobljenih rezultatov je pokazala na obstoj statistično značilnih razlik ($P < 0,0001$) v smrtnosti odraslih osebkov rastlinjakovega škrtkarja med nekaterimi pripravki (priloga A1). Uporaba različnih koncentracij pripravkov je pokazala signifikanten vpliv na smrtnost škrtkarjev samo pri insekticidu Confidor 200 SL ($P = 0,0045$) (priloga A2), pri insekticidih Actara 25 WG ($P = 0,1944$) (priloga A3) in Karate Zeon 5 CS ($P = 0,5638$) (priloga A4) pa takšnega signifikantnega vpliva koncentracij pripravkov nismo ugotovili.

Rezultati poskusa so prikazani v slikah in opisani v besedilu.

4.1.1 Smrtnost odraslih osebkov rastlinjakovega škrtkarja glede na vrsto insekticida (generalna analiza)

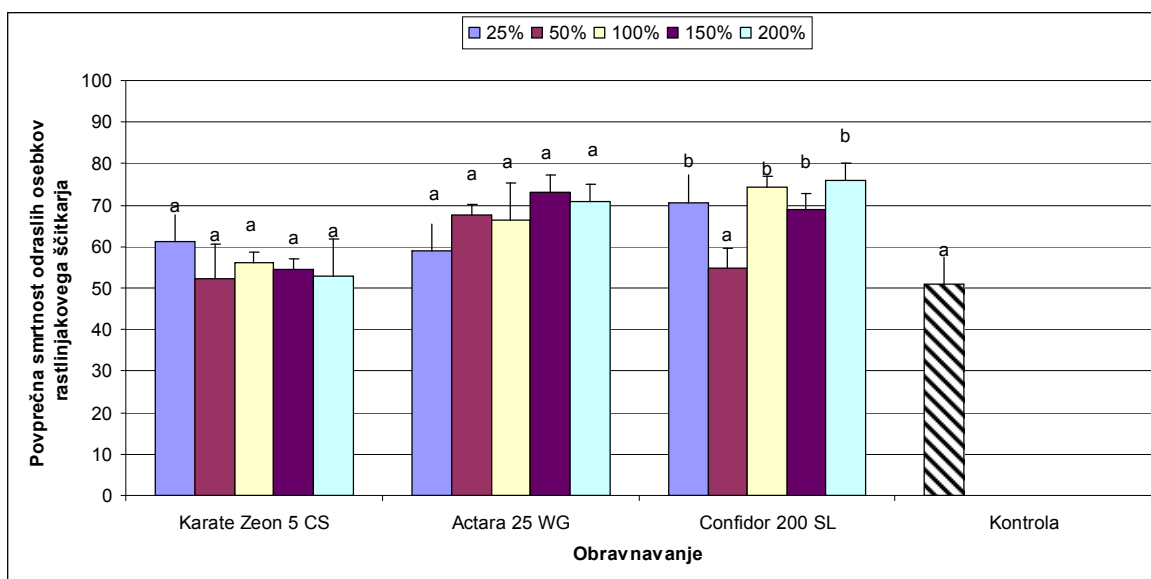
Slika 13 prikazuje povprečno smrtnost odraslih osebkov rastlinjakovega škrtkarja pri posameznem insekticidu, ki smo ga uporabili, ne glede na koncentracijo le tega. Ugotovili smo, da obstajajo statistično značilne razlike v povprečni smrtnosti med posameznimi obravnavanji oziroma insekticidi ($P < 0,0001$) in njihovimi koncentracijami ($P = 0,0094$) (priloga A1). Povprečna smrtnost odraslih osebkov rastlinjakovega škrtkarja je bila statistično značilno najnižja pri uporabi insekticida Karate Zeon 5 CS ($55,3 \pm 1,83$ %) in v kontrolnem obravnavanju ($50,89 \pm 6,47$), kjer insekticida nismo uporabili. Pri uporabi insekticida Actara 25 WG ($67,32 \pm 1,98$) in Confidor SL 200 ($68,92 \pm 1,98$) je bila smrtnost žuželk statistično značilno najvišja. Statistično značilnih razlik v smrtnosti nismo ugotovili med insekticidom Karate Zeon 5 CS in kontrolo, prav tako ni bilo statistično značilnih razlik med insekticidoma Actara 25 WG in Confidor 200 SL.



Slika 13: Povprečna smrtnost odraslih osebkov rastlinjakovega škrtkarja (*Trialeurodes vaporariorum*) v štirih obravnavanjih, ne glede na koncentracijo pripravkov

4.1.2 Smrtnost odraslih osebkov rastlinjakovega škrtkarja pri uporabljenih insekticidih v odvisnosti od koncentracije pripravkov

Slika 14 prikazuje povprečno smrtnost odraslih osebkov rastlinjakovega škrtkarja v štirih obravnavanjih glede na koncentracije pripravkov.



Slika 14: Povprečna smrtnost odraslih osebkov rastlinjakovega škrtkarja (*Trialeurodes vaporariorum*) v štirih obravnavanjih glede na koncentracije pripravkov, v primerjavi s kontrolnim obravnavanjem

Uporaba različnih koncentracij pripravka Confidor 200 SL je imela pri zatiranju odraslih osebkov rastlinjakovega škrtkarja statistično značilen vpliv ($P=0,0045$) (priloga A2). Pri uporabi 25 % koncentracije pripravka je bila ugotovljena smrtnost $70,64 \pm 4,27$ %, pri 100 % koncentraciji je bila ugotovljena smrtnost $74,30 \pm 3,11$ %, pri 150 % koncentraciji pa je bila smrtnost odraslih osebkov $68,85 \pm 4,05$ %. Pri najvišji, 200 % koncentraciji, pa je bila ugotovljena smrtnost $75,93 \pm 4,27$ %. Pri 50 % koncentraciji je bila povprečna smrtnost odraslih osebkov signifikantno najnižja in je znašala $54,87 \pm 4,62$ %.

Uporaba različnih koncentracij pripravka Actara 25 WG pri zatiranju odraslih osebkov rastlinjakovega škrtkarja ni imela statistično značilnega vpliva ($P=0,1944$) (priloga A3). Pri uporabi 25 % koncentracije pripravka je bila povprečna smrtnost $59,04 \pm 5,37$ %, pri 50 % koncentraciji je bila ugotovljena smrtnost $67,49 \pm 2,84$ %, pri priporočeni, 100 % koncentraciji pripravka, je bila smrtnost odraslih osebkov $66,24 \pm 4,44$ %. Pri 150 % koncentraciji je povprečna smrtnost znašala $73,04 \pm 4,26$ %, pri najvišji, 200 % koncentraciji, pa je bila ugotovljena smrtnost odraslih osebkov $70,78 \pm 4,12$ %.

Uporaba različnih koncentracij pripravka Karate Zeon 5 CS pri zatiranju odraslih osebkov rastlinjakovega škrtkarja ni imela statistično značilnega vpliva ($P=0,5638$) (priloga A4). Pri 25 % koncentraciji pripravka je povprečna smrtnost znašala $61,12 \pm 4,16$ %, pri 50 % koncentraciji je bila smrtnost $52,14 \pm 3,70$ %, pri priporočeni, 100 % koncentraciji, je bila smrtnost $56,04 \pm 4,83$ %. 150 % koncentracija pripravka je povzročila $54,45 \pm 3,84$ % smrtnost, pri najvišji, 200 % koncentraciji, pa je bila povprečna smrtnost odraslih osebkov $52,91 \pm 4,01$ %.

Ugotovljena smrtnost odraslih osebkov v kontrolnem obravnavanju, kjer smo uporabili destilirano vodo, pa je bila $50,89 \pm 6,47$ %.

4.1.3 Uporabnost metode IRAC št. 12a

Metoda, ki smo jo uporabili za izvedbo našega laboratorijskega poskusa se je izkazala za uporabno, vendar lahko pri njej zaznamo tako prednosti kot slabosti.

Prednosti metode:

- seznanitev s pripravljanjem različnih koncentracij insekticida,
- enostaven nanos insekticida.

Slabosti metode:

- potrebna je velika natančnost pri luknjanju pokrovov petrijevok, ker so hitro lahko prevelike, tako da škrtkarji lahko pobegnejo ven,
- nanos odraslih osebkov rastlinjakovega škrtkarja na petrijevko ni enostaven, zaradi njihove izjemne gibljivosti,
- zaradi majhnosti in gibljivosti rastlinjakovega škrtkarja se lahko hitro zmotiš pri končnem ugotavljanju smrtnosti (štetje),
- metoda je težko ponovljiva,
- metoda je zahtevna, saj zahteva izkušnje.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

V laboratorijskem poskusu smo v različnih koncentracijah preučevali učinkovitost treh insekticidnih substanc, ki so v Sloveniji registrirane za zatiranje rastlinjakovega ščitkarja (*Trialeurodes vaporariorum* [Westwood]). Pri tem smo ugotavljali tudi morebitno odpornost odraslih osebkov rastlinjakovega ščitkarja na izbrane insekticide. Poskus smo opravili s standardno metodo inštitucije IRAC, in sicer z metodo št. 12a.

Z insekticidom Confidor 200 SL smo dosegli najvišjo smrtnost odraslih osebkov rastlinjakovega ščitkarja (68,92 %). Njihova smrtnost je bila podobna pri insekticidu Actara 25 WG (67,32 %). Ker imata oba insekticida sistemski način delovanja in spadata v skupino neonikotinoidov, je bilo pričakovati podoben rezultat v smrtnosti odraslih osebkov rastlinjakovega ščitkarja pri obeh insekticidih. Pred poskusom smo pričakovali nekoliko višji odstotek smrtnosti pri teh dveh insekticidih, saj naj bi se z neonikotinoidi uspešno reševala rezistenca na druge insekticide (Milevoj, 2007).

Insekticid Karate Zeon 5 CS je bil pri našem poskusu najmanj učinkovit. Z njim smo dosegli najmanjšo smrtnost osebkov rastlinjakovega ščitkarja (55,33 %). Insekticid spada v skupino piretroidov. Domnevamo, da je praktično polovica odraslih osebkov rastlinjakovega ščitkarja iz rastlinjaka na Biotehniški fakulteti že pridobila odpornost na ta insekticid, saj je bila tudi pri najvišji uporabljeni koncentraciji (200 %) povprečna smrtnost osebkov dokaj nizka (52,9 %).

V kontrolnem obravnavanju, kjer smo uporabili destilirano vodo, je bila ugotovljena smrtnost odraslih osebkov rastlinjakovega ščitkarja 50,89 %, kar je dokaj visok odstotek. Pričakovali smo, da bo v kontrolnem obravnavanju večina odraslih osebkov rastlinjakovega ščitkarja preživel.

Pri primerjavi učinkovitosti insekticidov med posameznimi koncentracijami ni zaznati velike razlike. Pričakovali smo, da bo pri višjih koncentracijah smrtnost izpostavljenih osebkov večja oz. da bomo pri kakšnem od uporabljenih insekticidov ugotovili, da je mogoče škodljivca učinkovito zatreti tudi z nižjimi koncentracijami pripravkov, kot so priporočene.

5.2 SKLEPI

- Insekticid Confidor 200 SL je med uporabljenimi insekticidi pokazal največji insekticidni učinek na odrasle osebkove rastlinjakovega ščitkarja
- Sistemski insekticida Confidor 200 SL in Actara 25 WG sta pokazala večji učinek na smrtnost odraslih osebkov rastlinjakovega ščitkarja (*Trialeurodes vaporariorum* [West.]) kot piretroidni pripravek Karate zeon 5 CS.

- Del populacije rastlinjakovega škrtkarja iz rastlinjaka na Biotehniški fakulteti je že odpornih na uporabljene insekticide, najvišjo odpornost smo ugotovili pri insekticidu Karate zeon 5 CS.
- Višja koncentracija insekticida bistveno ne poveča smrtnosti rastlinjakovega škrtkarja.
- Seznanili smo se z metodo IRAC št. 12a, ki se je izkazala za dokaj zahtevno metodo, pri kateri je potrebna natančnost in izkušnost.

6 POVZETEK

Rastlinjakov škrtkar (*Trialeurodes vaporariorum* [Westwood]) je eden od najbolj pogostih škodljivcev v evropskih rastlinjakih. Tudi v Sloveniji se širi in ohranja predvsem v zavarovanih prostorih, saj sta temperatura in vlažnost v njih idealna za njegov razvoj. Zaradi vedno manjšega števila registriranih fitofarmacevtskih sredstev za zatiranje rastlinjakovega škrtkarja v Sloveniji, se tako večinoma uporabljajo eni in isti in zaradi tega se sčasoma lahko pojavi odpornost nanje.

Z laboratorijskim poskusom smo želeli preučiti delovanje treh insekticidnih substanc, ki so v Sloveniji registrirane za zatiranje tega škodljivca. Insekticide smo preizkušali pri različnih koncentracijah glede na priporočeno, ugotavljali smrtnost odraslih osebkov rastlinjakovega škrtkarja in njihovo morebitno odpornost na uporabljene insekticide.

Poskus smo izvedli s standardno mednarodno metodo inštitucije IRAC, z metodo št. 12a. Potekal je leta 2008 v Laboratoriju za entomologijo na Katedri za fitomedicino, kmetijsko tehniko, poljedelstvo, travništvo in pašništvo. Insekticide smo nanašali na liste kumar, ki smo jih nabrali v rastlinjaku na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani. Liste smo narezali v obliki in velikosti petrijevk, in jih nato namočili v tri različne insekticide: Actara 25 WG, Confidor 200 SL in Karate zeon 5 CS. Pri vsakem insekticidu smo pripravili pet koncentracij (25, 50, 100, 150 in 200 %) in za vsako koncentracijo naredili pet ponovitev. Liste kumar, tretirane z insekticidom, smo nato položili na petrijevke, v katere smo prej nalili agar, nanje nanegli odrasle osebkve rastlinjakovega škrtkarja in jih zaprli. Za kontrolo smo uporabili liste kumar, ki smo jih namočili v destilirano vodo. Po 48-ih urah smo s štetjem ugotavljali smrtnost osebkov. Dobljene rezultate smo statistično obdelali.

Poskus smo ponovili trikrat. Najvišjo smrtnost rastlinjakovega škrtkarja smo ugotovili pri insekticidu Confidor 200 SL (68,92 %). Insekticid Actara 25 WG je pokazal podoben učinek na smrtnost odraslih osebkov, to je 67,32 %. Insekticid Karate Zeon 5 CS je pokazal najmanjši učinek pri zatiranju, ugotovili smo 55,3 % smrtnost izpostavljenih odraslih osebkov škodljivca.

Z našim poskusom smo tako ugotovili, da so nekateri odrasli osebki rastlinjakovega škrtkarja iz rastlinjaka na Biotehniški fakulteti že pridobili odpornost na insekticide, ki smo jih uporabili. Največ osebkov je bilo odpornih na insekticid Karate Zeon 5 CS. Ugotovili smo tudi, da višje koncentracije insekticidov ne pomenijo tudi višje smrtnosti. Seznanili smo se z metodo organizacije IRAC, in pri njej ugotovili da ni enostavna, zahteva namreč izkušnost in natančnost.

7 VIRI

Bajec V. 1988. Vrtnarjenje pod folijo in steklom. Ljubljana, Kmečki glas: 419 str.

Bayer CropScience. Crop Compendium, 2011.

http://compendium.bayercropscience.com/BAYER/CropScience/CropCompendium/BSCCropComp.nsf/id/EN_Trialeurodes_vaporariorum?open&ccm=200010 (4. jun. 2011)

Černe M. 1988. Plodovke. Ljubljana, Kmečki glas: 133 str.

Encyclopedia of Pest Management. Pimental D. (ed.). 2002. New York, Marcel Dekker: 929 str.

Fito-info. 2011.

<http://spletni2.furs.gov.si/FFS/REGSR/index.htm> (23.jan.2011)

<http://www.fito-info.si/APL/Sist/SifrantOrg.htm> (2.mar.2010)

Hauptman Medved A. Izberimo pravo sorto. 2011.

http://www.kmeckiglas.com/index.php?option=com_content&task=view&id=3266&Itemid=118 (12. jun. 2011)

IRAC. 2011

<http://www.irac-online.org/> (12. jan. 2011)

Jakše M. 2002. Gradivo za vaje iz predmeta vrtnarstvo. Zelenjadarstvo. Ljubljana. Univerza v Ljubljani. Biotehniška fakulteta. Oddelek za agronomijo: 49 str.

Kos K., Tomanović Ž., Rojht H., Vidrih M., Trdan S. 2009. First massive occurrence of greenhouse whitefly parasitoid, *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae) on greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* [Westwood] (Homoptera: Aleyrodidae) in Slovenia. Acta Agriculturae Slovenica, 93-3: 285-291

Maceljski M., Igrc-Barčič J. 1999. Poljoprivredna entomologija (Dio Aphidina i neke druge manje dijelove napisala prof. dr. Jasminka Igrc Barčič). Čakovec, Zrinski: 465 str.

Maceljski M., Cvjetković B., Ostojić Z., Igrc Barčič J., Pagliarini N., Oštrec L., Čizmić I. 1997. Zaštita povrća od štetočinja: (štetnika, uzročnika bolesti i korova). Zagreb, Znanje: 435 str.

Maceljski M., Kišpatić J., Cvjetković B., Ostojić Z., Balarin I., Igrc J., Pagliarini N., Oštrec L., Čizmić I., Dubravec K. 1987. Zaštita povrća od štetnika, bolesti i korova. Zagreb, Znanje: 132-138

Maček J., Kač M. 1990. Kemična sredstva za varstvo rastlin. Ljubljana, ČZP Kmečki glas: 500 str.

Milevoj L. 2007. Posebna entomologija: splošni del. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 182 str.

- Milevoj L. 2010. Rastlinjakov ščitkar-*Trialeurodes vaporariorum* West.
http://www.fito-info.si/index1.asp?ID=OrgCirs\OpisiSkod/vsi/tri_vapo.htm (2. mar. 2010)
- Osvald J., Kogoj-Osvald M. 1999. Gojenje kumar. Šempeter pri Gorici, Oswald: 40 str.
- Osvald J., Kogoj-Osvald M. 2005. Vrtnarstvo: Splošno vrtnarstvo in zelenjadarstvo.
Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 591 str.
- Perme S. 2005. Ugotavljanje učinkovitosti entomopatogenih ogorčic (*Rhabditida*) za zatiranje nadzemskih škodljivcev vrtnin. Magistrsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 89 str.
- Prirodoslovni muzej Slovenije. 2011.
<http://www1.pms-lj.si/animalia/galerija.php> (4. feb. 2011)
- Priručnik izveštajne i prognozne službe zaštite poljoprivrednih kultura. 1983.
Beograd, Savez društava za zaštitu bilja jugoslavije: 442-444
- Tanasijević N., Ilić B. 1969. Posebna entomologija. Beograd, Građevinska knjiga: 399 str.

ZAHVALA

Za vsestransko pomoč pri izdelavi diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju prof. dr. Stanislavu Trdanu.

Hvala tudi Tanji Bohinc, za pomoč pri pisanju diplomske naloge in Heleni Rojht za pomoč pri izvedbi poskusa.

Priloga A Statistični izračuni

Priloga A1

Generalna analiza variance za smrtnost odraslih osebkov rastlinjakovega škrtkarja (%)

Vir	Vsota kvadratov	Df	Srednja vrednost	F	P
GLAVNI VPLIVI					
A:Blok	15274,9	2	7637,44	52,13	0,0000
B:koncentracija	2024,69	4	506,173	3,45	0,0094
C:Insekticid	8270,94	2	4135,47	28,22	0,0000
INTERAKCIJE					
AB	992,13	8	124,016	0,85	0,5629
AC	9791,15	4	2447,79	16,71	0,0000
BC	4635,43	8	579,429	3,95	0,0002
OSTALO	28717,7	196	146,519		
SKUPAJ (POPRAVLJENO)	69706,9	224			

Priloga A2

Analiza variance za smrtnost glede na koncentracijo pripravka Confidor 200 SL

Vir	Vsota kvadratov	Df	Srednja vrednost	F	P
Med skupinami	4179,93	4	1044,98	4,15	0,0045
Znotraj skupin	17634,3	70	251,918		
Skupaj (Popravljen)	21814,2	74			

Priloga A3

Analiza variance za smrtnost glede na koncentracijo pripravka Actara 25 WG

Vir	Vsota kvadratov	Df	Srednja vrednost	F	P
Med skupinami	1717,37	4	429,341	1,56	0,1944
Znotraj skupin	19254,3	70	275,061		
Skupaj (Popravljen)	20971,6	74			

Priloga A4

Analiza variance za smrtnost glede na koncentracijo pripravka Karate Zeon 5 CS

Vir	Vsota kvadratov	Df	Srednja vrednost	F	P
Med skupinami	762,823	4	190,706	0,75	0,5638
Znotraj skupin	17887,3	70	255,533		
Skupaj (Popravljen)	18650,1	74			

Priloga B
Predstavitev metode IRAC št. 015 na spletni strani organizacije IRAC



Insecticide Resistance Action Committee
www.irc-online.org

IRAC Susceptibility Test Methods Series
Version: 3 (June 2009)

Method No: 015

Details:

Method:	No. 015 (Formally Method No 12a)	 Photograph Courtesy of: Central Science Laboratory, Harpenden Archives, British Crown
Status:	Approved	
Species:	Whiteflies, <i>Trialeurodes vaporariorum</i> and <i>Bemisia tabaci</i>	
Species Stage	Adults	
Product Class:	Neonicotinoids, pymetrozine, pyrethroids, organophosphates and other whitefly adulticides	
Comments: This method is suitable for use with commercial formulations of insecticides. This method was developed by Rothamsted Research, UK and validated for endorsement as an IRAC approved method by BASF and Syngenta.		

Description:

Materials:

Small (3-5cm diameter) Petri-dishes with gauze-covered ventilation holes in lids, sharpened metal tube for cutting leaf discs (diameter 2mm less than Petri-dish diameter), agar powder, aspirator for transferring whiteflies, carbon dioxide (cylinder), glass flasks or disposable plastic cups (150-200ml) for serial dilutions of insecticide, syringes/pipettes for making dilutions, binocular microscope or hand lens, paper towels, maximum/minimum thermometer.

Method:

- Ventilate the Petri-dish lids with small holes with a diameter too small for the whiteflies to escape or glue gauze mesh over larger holes.
- Prepare agar by mixing 1% w/w agar powder with distilled water, heat until boiling and then allow to cool while constantly mixing. After cooling for approximately 10 minutes, pour the warm agar into the bases of the Petri dishes to a depth of 3-4 mm. NOTE: Different brands of agar powder may necessitate using a different concentration than 1%, so experiment first to determine the required agar to water ratio for the required level of gelling.
- Use the metal tube to cut leaf-discs from clean, untreated host plant leaves.
- Immerse the leaf discs into serial dilutions of formulated insecticide for 20 seconds (use of additional wetter is not recommended) and air dry on paper towels. Control discs are dipped in distilled water only.



Insecticide Resistance Action Committee
www.irac-online.org

IRAC Susceptibility Test Methods Series
Version: 3 (June 2009)

Method No: 015

- (e) Prepare three replicates per concentration, including the control.
- (f) Once the agar has cooled and set, lay a leaf disc adaxial (upper) surface down, into each Petri-dish.
- (g) Place 15-20 healthy whiteflies using a small mouth or venturi operated aspirator onto each leaf disc. If necessary, lightly anaesthetize the whiteflies using carbon dioxide to facilitate transfer. Place the ventilated lid onto the Petri-dish base and ensure a close-fitting seal to prevent the whiteflies escaping.
- (h) When the whiteflies have recovered from narcosis (if carbon dioxide is used), invert the dishes so that the leaf disc is abaxial (lower) surface down and the adults oriented normally.
- (i) Hold the dishes under natural light or in a light cycling incubator at $20 \pm 2^\circ\text{C}$.
- (j) Assess mortality at 48 hours after treatment using a binocular microscope or hand lens. Express results as percentage mortalities, correcting for "untreated" (control) mortalities using Abbott's formula. Untreated mortality should be recorded.

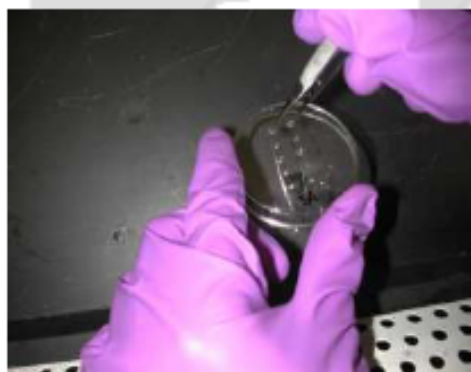


Figure 1. Preparing Petri dishes with ventilated lids

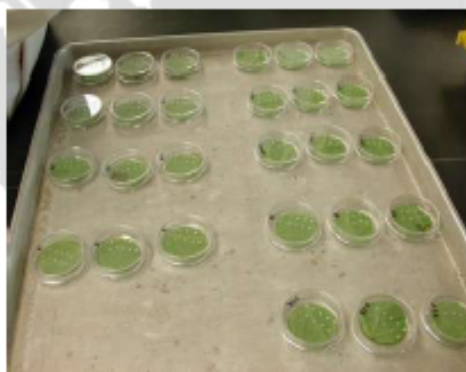


Figure 2. Bioassay in progress showing Petri dishes containing treated leaf disks and whiteflies

Precautions & Notes:

Where glass equipment is used it must be adequately cleaned with an appropriate organic solvent before re-use to prevent cross-contamination.