



UNIVERSITI PUTRA MALAYSIA

**PERANAN ENZIM METABOLIK DALAM PERKEMBANGAN
KERESISTANAN KEPINDING NYAMUK, HELOPELTIS THEIVORA
WATERHOUSE TERHADAP RACUN SERANGGA TERPILIH**

ISMAIL YUSA

FP 2002 16

**PERANAN ENZIM METABOLIK DALAM PERKEMBANGAN
KERESISTANAN KEPINDING NYAMUK, *HELOPELTIS THEIVORA*
WATERHOUSE TERHADAP RACUN SERANGGA TERPILIH**

ISMAIL YUSA

**MASTER SAINS PERTANIAN
UNIVERSITI PUTRA MALAYSIA
2002**



**PERANAN ENZIM METABOLIK DALAM PERKEMBANGAN
KERESISTANAN KEPINDING NYAMUK, *HELOPELTIS THEIVORA*
WATERHOUSE TERHADAP RACUN SERANGGA TERPILIH**

Oleh

ISMAIL YUSA

**Tesis Ini Dikemukakan Kepada Sekolah Pengajian Siswajah,
Universiti Putra Malaysia, Sebagai Memenuhi Keperluan Untuk
Ijazah Master Sains Pertanian**

Oktober 2002



Bismillahirrahmanirrahim

**Kupersembahkan tesis ini kepada yang tersayang ayah dan bunda
Muhamad Yunus Nasution dan Salamah atas segala sokongan, doa,
ketabahan, kesabaran, persepahaman, untuk keberhasilan ananda di dalam
pengajian ini dan juga kepada kedua adinda**



Abstrak tesis yang dikemukakan kepada senat Universiti Putra Malaysia sebagai memenuhi keperluan untuk ijazah Master Sains Pertanian

**PERANAN ENZIM METABOLIK DALAM PERKEMBANGAN
KERESISTANAN KEPINDING NYAMUK, *HELOPELTIS THEIVORA*
WATERHOUSE TERHADAP RACUN SERANGGA TERPILIH**

Oleh

ISMAIL YUSA

Oktober 2002

Pengerusi : Profesor Madya Rita Muhamad, Ph.D.

Fakulti : Pertanian

Bioasai topikal telah dijalankan bagi menilai ketoksikan deltametrin, sipermetrin, γ -HCH dan klorpirifos, terhadap *Helopeltis theivora* Waterhouse. Tiga populasi *H. theivora* yang berbeza, iaitu populasi koko-Serdang (Selangor), populasi koko Sungai Tekam (Pahang) dan populasi teh Banting (Selangor) telah dikaji. Kesan sinergi piperonil butoksida (PBO), asid maleik dietil ester (MADE) dan s,s,s-tributilfosforotritionat (DEF) ke atas ketoksikan racun-racun serangga itu juga telah dijalankan melalui biosai topikal. Kaedah elektroforisis gel poliakrilamida (PAGE) telah diguna bagi meneliti aktiviti enzim esterase dan superoksida dismutase terhadap ketiga-tiga populasi berkenaan. Pemerhatian kedekatan hubungan genetik bagi ketiga-tiga populasi yang dikaji kemungkinan menunjukkan hubungan enzim esterase dalam perkembangannya terhadap keresistanan racun perosak sejak jumlah kesamaan genetik di jumlahkan berdasarkan petanda kod-kod esterase. Sebab itu, keputusan ini menginginkan konfirmasi dengan menggunakan petanda-petanda genetik yang netral.



Berdasarkan nilai LD₅₀, ketoksikan racun serangga yang diuji untuk populasi koko Serdang berkurangannya mengikut urutan ialah: klorpirifos > γ -HCH > sipermetrin > deltametrin. Bagi populasi koko Sungai Tekam ialah: klorpirifos > γ -HCH > sipermetrin > deltametrin, manakala populasi teh Banting ialah: γ -HCH > sipermetrin > klorpirifos > deltametrin.

Klorpirifos ialah yang paling toksik dengan nilai LD₅₀ 3.028×10^{-2} mg/L dan 2.351×10^{-3} mg/L untuk populasi Sungai Tekam dan Serdang, manakala γ -HCH dengan 1.744×10^{-3} mg/L untuk populasi Banting. Keputusan juga menunjukkan nisbah resistan adalah 25-kali lebih tinggi untuk sipermetrin bagi populasi Banting, sedangkan nisbah resistan adalah 12- dan 13-kali ganda lebih tinggi untuk klorpirifos dan γ -HCH bagi populasi Sungai Tekam berbanding populasi Serdang.

Berbanding racun serangga yang lainnya, sinergisme PBO terhadap sipermetrin adalah 13-kali ganda lebih kuat bagi populasi Sungai Tekam, diikuti γ -HCH dan klorpirifos dengan masing-masing sebanyak 7- dan 6-kali ganda. Sedangkan sinergisme DEF terhadap klorpirifos, sipermetrin dan deltametrin adalah 4-kali ganda bagi populasi Serdang, Sungai Tekam dan Banting. Walau bagaimanapun nisbah sinergis MADE terhadap klorpirifos adalah 6-kali ganda bagi populasi Sungai Tekam. Bagi kedua-dua baki populasi, pengaruh kesemua sinergis adalah amat lemah. Disimpulkan bahawa populasi Sungai Tekam mengalami peningkatan resistan terhadap sipermetrin, γ -HCH dan klorpirifos berbanding populasi Serdang dan Banting.

Nilai nisbah sinergi menunjukkan aktiviti monooksigenase terhadap sipermetrin adalah sangat tinggi di dalam populasi Sungai Tekam. Peningkatan aktiviti esterase juga didapati ke atas klorpirifos, sipermetrin dan deltametrin, maka ini menjelaskan peranannya didalam katabolisma racun perosak bagi ketiga-tiga populasi *H. theivora* ini.

Abstract of thesis presented to the Senate of Universiti Putra Malaysia in fulfilment of the requirement for the degree of Master of Agricultural Science

THE ROLE OF METABOLIC ENZYMES IN THE DEVELOPMENT OF RESISTANCE IN COCOA MIRID, *HELOPELTIS THEIVORA* WATERHOUSE AGAINST SELECTED INSECTICIDES

By

ISMAIL YUSA

October 2002

Chairman : Associate Professor Rita Muhamad, Ph.D.

Faculty : Agriculture

Topical bioassays were conducted to evaluate the toxicities of deltamethrin, cypermethrin, γ -HCH and chlorpyrifos against *Helopeltis theivora* Waterhouse. Three different populations of *H. theivora*, namely the Serdang cocoa population (Selangor), the Sungai Tekam cocoa population (Pahang) and the Banting tea population (Selangor) were studied. The synergistic effects of piperonyl butoxide (PBO), maleic acid diethyl ether (MADE) and s,s,s-tributyl phosphorotrithioate (DEF) on the toxicities of the insecticides were conducted using topical bioassays. The polyacrylamide gel electrophoresis (PAGE) was used to investigate isozymes of esterases and superoxide dismutase profiles of the three populations. The close genetic relationships observed among the three populations studied maybe a reflection of the role of esterases in the development of insecticide resistance since the genetic similarity values were calculated based mainly on esterase coding loci. Hence, this result needs to be confirmed through the use of neutral genetic markers.



Based on the LD_{50} values, the toxicities of the insecticides tested in decreasing order for the Serdang cocoa population were: chlorpyrifos > γ -HCH > cypermethrin > deltamethrin. For the Sungai Tekam cocoa population they were chlorpyrifos > γ -HCH > cypermethrin > deltamethrin while for the Banting tea population they were γ -HCH > cypermethrin > chlorpyrifos > deltamethrin.

Chlorpyrifos was the most toxic with LD_{50} value of 3.028×10^{-2} mg/L and 2.351×10^{-3} mg/L for the Sungai Tekam and Serdang populations, while γ -HCH with 1.744×10^{-3} mg/L for the Banting population. The results also revealed that the resistance ratio for cypermethrin was 25-fold higher in the Banting population and for γ -HCH and chlorpyrifos was 12 and 13-fold higher in the Sungai Tekam population compared to the Serdang population.

Compared to the other insecticides, the synergism of PBO on cypermethrin was 13-fold stronger for the Sungai Tekam population, followed by γ -HCH and chlorpyrifos with 7- and 6-folds, respectively. When Serdang, Sungai Tekam and Banting populations of *H. theivora* were treated with synergistic DEF its value was 4-fold with chlorpyrifos, cypermethrin and deltamethrin. While for MADE the synergistic ratio for the Sungai Tekam population was 6-fold on chlorpyrifos. For the remaining two populations, the influence of all the synergists were very weak. It is summarised that the Sungai Tekam population had undergone increased resistance to cypermethrin, γ -HCH and chlorpyrifos compared to the Serdang and the Banting populations.

Values of the synergistic ratio revealed that activities of monooxygenases against cypermethrin were very high in the Sungai Tekam population. Increased activities of esterases were also observed for chlorpyrifos, cypermethrin and deltamethrin, thus indicating their role in the catabolism of these insecticides in all the three populations of *H. theivora*.

PENGHARGAAN

Pertama sekali penulis tidak lupa memanjatkan kesyukuran ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, kesehatan dan hidayah-Nya serta selawat dan salam kepada junjungan besar Nabi Muhammad SAW, yang membawa ummatnya dari alam jahiliyah ke alam yang penuh dengan kasih dan sayang dan berkah.

Pada kesempatan ini penulis ingin merakamkan Jazakumullahu khairan dan setinggi-tinggi penghargaan dan terima kasih kepada Prof. Madya Dr. Rita Muhamad, Prof. Madya Dr. Dzolkhifli Omar dan Prof. Dr. Tan Soon Guan sebagai ketua penyelia dan ahli-ahli jawatankuasa atas segala nasihat, bimbingan dan cadangan kepada penulis dalam menyediakan tesis ini. Penulis tidak lupa juga menghargai bantuan kewangan yang diberikan oleh IRPA projek kod. 51390 untuk penulis selama melakukan penelitian di Universiti Putra Malaysia.

Terima kasih juga dipanjangkan kepada En. Talib Samad, En. Ahmad Tamsil Sariff, En. Jarkasi Sarbini, En. Mohd. Zaki Yusuf dan En. Yahya Bazlan Ismail yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan kerja penelitian, serta kepada kaki tangan Jabatan Perlindungan Tumbuhan, Fakulti Pertanian yang senantiasa memberikan kemudahan dalam menjayakan program pengajian penulis.

Penghargaan yang tidak ternilai kepada ayahanda dan ibunda, Muhamad Yunus Nasution dan Salamah, dan kepada kedua adik penulis iaitu Ir. Muhamad Zein Idris dan Muhamad Nuh, SE., yang tidak henti-hentinya memberikan sokongan, bantuan dan inspirasi. Kepada semua teman-teman Indonesia yang juga telah memberikan bantuan dan sokongan sehingga berjayanya tesis ini.



Akhirnya kepada semua yang disebutkan di atas, dan teman-teman yang tidak disebutkan, hanya Allah SWT sahaja yang memberikan ganjaran di atas usaha dan bantuan yang telah dicurahkan. Semoga usaha kita diberkati Allah SWT dan Allah SWT tidak mensia-siakan ganjaran muhsinin. Amiin.

ISI KANDUNGAN

Muka Surat

DEDIKASI	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	vi
PENGHARGAAN	ix
PENGESAHAN	xi
PERAKUAN	xiii
ISI KANDUNGAN	xiv
SENARAI JADUAL	xvi
SENARAI GAMBAR	xviii
SENARAI RAJAH	xix
SENARAI SINGKATAN	xx

BAB

1	Pengenalan	1
2	ULASAN KARYA	6
2.1	<i>Helopeltis theivora</i> Waterhouse	6
2.2	Penyebaran <i>H. theivora</i>	9
2.3	Perumah Sementara <i>H. theivora</i>	10
2.4	Kerosakan	11
2.5	Kaedah Kawalan <i>H. theivora</i>	14
2.5.1	Kawalan Kultur	14
2.5.2	Kawalan Biologi	15
2.5.3	Kawalan Kimia	16
2.6	Pengurusan Perosak Bersepadu (IPM)	18
2.7	Keresistanan Racun Perosak	20
2.8	Mekanisma Keresistanan	22
2.9	Sinergis Racun Serangga	25
2.10	Isoenzim	27
2.11	Penggunaan Elektroporesis Gel untuk Mengesan Enzim	28
3	KETOKSIKAN BEBERAPA RACUN SERANGGA TERHADAP <i>Helopeltis theivora</i> WATERHOUSE	32
3.1	Pendahuluan	32
3.2	Bahan dan Kaedah	34
3.2.1	Serangga untuk Kajian	34
3.2.2	Racun Serangga	35
3.2.3	Kaedah Rawatan	35
3.2.4	Analisis Data	37
3.3	Keputusan dan Perbincangan	38
3.4	Kesimpulan	46



4	PENGARUH SINERGIS TERHADAP KETOKSIKAN RACUN SERANGGA	47
4.1	Pendahuluan	47
4.2	Bahan dan Kaedah	49
4.2.1	Serangga untuk Kajian	49
4.2.2	Racun Serangga	49
4.2.3	Kaedah Rawatan	50
4.2.4	Analisis Data	50
4.3	Keputusan dan Perbincangan	51
4.4	Kesimpulan	66
5	KAJIAN METABOLISMA ENZIM ESTERASE, GLUTATION S-TRANSFERASE DAN MONOOKSIGENASE DALAM HELOPELTIS THEIVORA WATERHOUSE MENGGUNAKAN ELEKTROFORESIS GEL POLIAKRILAMIDA	67
5.1	Pendahuluan	67
5.2	Bahan dan Kaedah	70
5.2.1	Serangga Untuk Kajian	70
5.2.2	Penyediaan Sistem Penimbal Elektrod Berterusan	71
5.2.3	Penyediaan Gel Poliakrilamida 7%	72
5.2.4	Proses Elektroforesis	73
5.2.5	Pewarnaan Elektroforesis	73
5.2.6	Penyediaan Bufer Perwarnaan	74
5.2.7	Penyediaan Reagen Perwarnaan	75
5.2.8	Analisis Data	78
5.2.8.1	Keseimbangan Hardy-Weinberg	78
5.2.8.2	Indek Kesamaan Genetik (I)	80
5.2.8.3	Jarak Genetik (D)	80
5.3	Keputusan dan Perbincangan	81
5.3.1	α -Esterase (α -EST)	81
5.3.2	β -Esterase (β -EST)	94
5.3.3	SOD	95
5.4	Kesimpulan	104
6	PEMBAHASAN UMUM	105
7	KESIMPULAN DAN CADANGAN	107
7.1	Kesimpulan	107
7.2	Cadangan	108
	BIBLIOGRAFI	109
	LAMPIRAN	121
	BIODATA PENULIS	161

SENARAI JADUAL

Jadual	Muka surat
1. Median dos maut racun serangga terpilih terhadap nimfa instar keempat dan kelima <i>H. theivora</i> populasi Serdang	39
2. Median dos maut racun serangga terpilih terhadap nimfa instar keempat dan kelima <i>H. theivora</i> populasi Sungai Tekam	42
3. Median dos maut racun serangga terpilih terhadap nimfa instar keempat dan kelima <i>H. theivora</i> populasi Banting	43
4. Nisbah resistan racun serangga terpilih terhadap tiga populasi <i>H. theivora</i> yang berbeza	45
5. Kesan sinergis piperonil butoksida (PBO; 2000 ppm) dan (PBO; 10.000 ppm) terhadap ketoksikan beberapa racun perosak terpilih ke atas populasi <i>H. theivora</i> Serdang, Sungai Tekam dan Banting 48 jam selepas rawatan	52
6. Kesan sinergis asid maleik dietil eter (MADE; 2000 ppm) terhadap ketoksikan beberapa racun perosak terpilih ke atas populasi <i>H. theivora</i> Serdang, Sungai Tekam dan Banting 48 jam selepas rawatan	53
7. Kesan sinergis s,s,s-tributilfosforotritoniat (DEF; 10.000 ppm) terhadap ketoksikan beberapa racun perosak terpilih ke atas populasi <i>H. theivora</i> Serdang, Sungai Tekam dan Banting 48 jam selepas rawatan	54
8. Kesan sinergis piperonil butoksida (PBO; 2000 ppm) dan (PBO; 10.000 ppm) terhadap ketoksikan beberapa racun perosak terpilih ke atas populasi <i>H. theivora</i> Serdang, Sungai Tekam dan Banting 72 jam selepas rawatan	58
9. Kesan sinergis asid maleik dietil eter (MADE; 2000 ppm) terhadap ketoksikan beberapa racun perosak terpilih ke atas populasi <i>H. theivora</i> Serdang, Sungai Tekam dan Banting 72 jam selepas rawatan	59
10. Kesan sinergis s,s,s-tributilfosforotritoniat (DEF; 10.000 ppm) terhadap ketoksikan beberapa racun perosak terpilih ke atas populasi <i>H. theivora</i> Serdang, Sungai Tekam dan Banting 72 jam selepas rawatan	60
11. Kesan sinergis PBO, MADE dan DEF terhadap ketoksikan racun perosak terpilih ke atas <i>H. theivora</i> populasi Serdang, Sungai Tekam dan Banting 72 jam selepas rawatan	64



Jadual	Muka surat
12. Frekuensi alel pada sembilan lokus dalam tiga populasi (betina dan jantan) <i>H. theivora</i>	96
13. Variabiliti genetik dalam tiga populasi (betina dan jantan) <i>H. theivora</i>	97
14. Jarak genetik D (atas diagonal) dan kesamaan genetik S (bawah diagonal) bagi tiga populasi (betina dan jantan) <i>H. theivora</i>	99
15. Frekuensi alel pada sembilan lokus dalam tiga populasi <i>H. theivora</i> (jantan dan betina yang dijumlahkan)	101
16. Jarak genetik D (atas diagonal) dan kesamaan genetik S (bawah diagonal) bagi tiga populasi <i>H. theivora</i>	102

SENARAI GAMBAR

Gambar	Muka surat
1: <i>Helopeltis theivora</i> Waterhouse	7
2.a: Pemeliharaan <i>H. theivora</i> di makmal	36
b: <i>H. theivora</i> di dalam bekas plastik	36
3: Zimogram esterase (α -EST) bagi betina populasi Serdang	82
4: Zimogram esterase (α -EST) bagi jantan populasi Serdang	83
5: Zimogram esterase (α -EST) bagi betina populasi Sungai Tekam	84
6: Zimogram esterase (α -EST) bagi jantan populasi Sungai Tekam	85
7: Zimogram esterase (α -EST) bagi betina populasi Banting	86
8: Zimogram esterase (α -EST) bagi jantan populasi Banting	87
9: Zimogram esterase (β -EST) bagi betina populasi Serdang	88
10: Zimogram esterase (β -EST) bagi jantan populasi Serdang	89
11: Zimogram esterase (β -EST) bagi betina populasi Sungai Tekam	90
12: Zimogram esterase (β -EST) bagi jantan populasi Sungai Tekam	91
13: Zimogram esterase (β -EST) bagi betina populasi Banting	92
14: Zimogram esterase (β -EST) bagi jantan populasi Banting	93

SENARAI RAJAH

Rajah	Muka surat
1. Zimogram esterase (α -EST) bagi betina populasi Serdang	82
2. Zimogram esterase (α -EST) bagi jantan populasi Serdang	83
3. Zimogram esterase (α -EST) bagi betina populasi Sungai Tekam	84
4. Zimogram esterase (α -EST) bagi jantan populasi Sungai Tekam	85
5. Zimogram esterase (α -EST) bagi betina populasi Banting	86
6. Zimogram esterase (α -EST) bagi jantan populasi Banting	87
7. Zimogram esterase (β -EST) bagi betina populasi Serdang	88
8. Zimogram esterase (β -EST) bagi jantan populasi Serdang	89
9. Zimogram esterase (β -EST) bagi betina populasi Sungai Tekam	90
10. Zimogram esterase (β -EST) bagi jantan populasi Sungai Tekam	91
11. Zimogram esterase (β -EST) bagi betina populasi Banting	92
12. Zimogram esterase (β -EST) bagi jantan populasi Banting	93
13. Dendogram menunjukkan hubungan genetik di antara tiga populasi (betina dan jantan) <i>H. theivora</i>	100
14. Dendogram menunjukkan hubungan genetik di antara tiga populasi <i>H. theivora</i>	103



SENARAI SINGKATAN

MTT	3-(4,5-Dimetiltiazol-2-yl)2,5-difeniltetrazolium bromida
PMS	Fenazin metosulfat
NAD	Nikotinamid adenosin dinukleotid
NADP	Nikotinamid adenin dinukleotid fosfat
NBT	Nitro blue tetrazolium
APS	Amonium persulfat
PAGE	Elektroforesis gel poliakrilamida
TEMED	N,N,N,N-tetrametil etilediamina diamina
SDS	Lauryl sulfat (Sodium Dodecilsulfat, garam sodium)
EST	Esterase
GST	Glutation s-tranferase
ACP	Asid fosfat
GP	Protein am
MDH	Malat dehidrogenase
ODH	Oktanol dehidrogenase
SOD	Superoksida dismutase
LD	Lethal dose (Dos maut)
mg	milligram
OL	mikroliter
EDTA	Asid asetik etilenadiaminatetra
HCL	Asid hidroklorid
NAOH	Natrium monoksida
GOT	Glutamat oksaloasetat transaminase



BAB SATU

Pengenalan

Koko termasuk dalam kumpulan Genus *Theobromae* iaitu sekelompok kecil tanaman yang berasal dari kawasan tropika di kawasan terbiar lembah sungai Amazon dan lain tempat di sebelah Selatan dan di Tengah Amerika. Koko (*Theobromae cacao* Linnaeus.) ialah sejenis tanaman ladang semusim dalam pengeluaran lengainya dan banyak ditanam dengan secara kekeluasan di beberapa negara (Wood, 1976). Di Malaysia merupakan tanaman estet ketiga terpenting setelah kelapa sawit dan getah (Jabatan Kementerian Pertanian Malaysia, 2001).

Koko mula ditanam di Melaka pada tahun 1778 oleh Koening. Penanaman koko secara estet di Malaysia bermula di Jerangau, Terengganu pada tahun 1950 dan di Tawau, Sabah pada tahun 1956 (Gill, 1977). Keluasan tanaman koko telah merosot dari 414,236 hektar dalam tahun 1989 ke 100,742 hektar pada tahun 2000 (Malaysian Cocoa Industry, 2001).

Pada masa kini, Malaysia merupakan pengeluar koko ke lapan terbesar di dunia setelah Ivory Coast, Ghana, Indonesia, Nigeria, Brazil, Kameron dan Equador (ICCO, 1999) dimana pengeluaran berkisar RM 99,914 Billion (Malaysian Cocoa Industry, 2001).



Selain daripada tanaman koko, tanaman teh merupakan tanaman yang juga ditanam secara luas di Malaysia. Teh pada am-nya di kenali sebagai *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze (Wight, 1962, Weatherstone, 1992). Penanaman teh secara komersial di Malaysia di mulai pada awal abad ke tujuh belas iaitu apabila Terixeira memperkenalkannya di Melaka. Tanaman teh yang pertama di tanam di Singapura dan Penang di percayai berasal dari negara Cina (Sivaram, 1982).

Pengeluaran teh Malaysia pada tahun 1990 ialah berjumlah 4000 metrik tan, hasil kutipan daripada estet seluas lebih kurang 3000 hektar. Pada tahun 1999, pengeluaran tanaman teh di Malaysia berjumlah 24,195 tan, yang merupakan hasil daripada estet seluas 2,927 hektar di Semenanjung Malaysia (Jabatan Kementerian Pertanian Malaysia, 1999).

Koko dan teh seperti tanaman yang lain juga mempunyai masalah terhadap serangga perosak dan penyakit. Kerosakan oleh serangga perosak boleh menjejaskan pengeluaran koko sebanyak 85% (Tan, 1974b) dan pengeluaran teh sebanyak 10 – 15% (Sivaram, 1982).

Di Malaysia terdapat dua serangga perosak yang menyebabkan terjejasnya pengeluaran koko iaitu kepinding nyamuk, *Helopeltis theivora* Waterhouse dan pengorek lengai koko, *Conopomorpha cramerella* Snellen (Lim *et al.* 1982; Khoo, 1987; Wood and Chung, 1989).

Kepinding nyamuk atau *H. theivora* dahulunya dikenali sebagai *H. theobromae* Miller (Stonedahl, 1991) dan merupakan salah satu perosak utama tanaman koko di Semenanjung Malaysia (Khoo, 1987; Alias *et al.*, 1988). Serangga perosak ini tersebar dengan meluas di kawasan pengeluaran tanaman koko (Entwistle, 1972) dan juga tanaman teh (Eden, 1976).

Beberapa kawalan telah banyak dilakukan untuk mengawal *H. theivora*. Pengawalan *H. theivora* yang paling lazim digunakan ialah dengan menggunakan racun kimia. Racun kimia dipilih untuk mengawal serangga perosak kerana kesannya dapat dilihat dalam masa yang singkat. Bagaimanapun, semenjak kebelakangan ini keberkesanan pengawalan kimia telah menurun di beberapa negara. Pengawalan kimia secara berterusan menyebabkan kawalan tidak begitu berkesan disebabkan keresistanan serangga terhadap racun serangga (Wood, 1976). Keresistanan serangga terhadap racun perosak wujud akibat daripada penggunaan racun kimia yang berterusan (Wood, 1971). Keresistanan pada serangga mirid mula dikesan berlaku pada 1961 dan telah dikenal pasti pada tahun 1962 di Ghana (Telford, 1964).

Ada beberapa mekanisma yang bertanggungjawab dalam keresistanan. Salah satu mekanisma keresistanan boleh berlaku disebabkan oleh faktor biokimia dimana terdapat beberapa enzim yang berupaya untuk menyahtoksikan molekul racun serangga dan peningkatan dalam dos yang digunakan semasa kawalan serangga (Wilkinson, 1976; Roush *et al.*, 1990). Metabolisma racun serangga boleh berlaku melalui empat proses iaitu pengoksidasian, penurunan, hidrolisis dan konjugasi (William, 1959). Di samping itu juga keresistanan boleh terjadi akibat penggunaan