資料

東京都新宿区で採集したチカイエカ
の殺虫剤抵抗性

川上 裕司*

イカリ消毒株式会社技術研究所
(〒280 千葉市千葉寺町 579)

(受領：1989年3月18日)

Insecticide-resistance of *Culex pipiens molestus* Forskal collected in
Shinjuku-ku, Tokyo

Yuji KAWAKAMI*

Technical Research Laboratory, Ikari Dis-
infection Corporation, Chibadera-cho,
Chiba 280, JapanKey words: *Culex pipiens molestus*, insecticide-resistance, organophosphorus compound, Shinjuku colony.

はじめに

チカイエカ *Culex pipiens molestus* の有機塩素剤 DDT に対する抵抗性については、最初、Mosna (1948) によって報告され、その後、Georgopoulos (1951), Livadas and Georgopoulos (1953), Gaud (1954), Brown (1957 a, b, 1958), Tahori (1961) らによって次々に報告されてきた。また、本邦においても、Yasutomi (1962), 朝比奈ら (1963), 鈴木ら (1964), 海野・鈴木 (1964), 松尾・田村 (1965) などによって DDT や dieldrin に対して強い抵抗性をもつチカイエカの存在が報告されている。

しかしながら、有機リン剤に関しては、安富 (1965) が深川産チカイエカについて、海野・鈴木 (1967), 鈴木・海野 (1969) が川崎産チカイエカについて、それぞれ diazinon 抵抗性を報告し、また、小宮山ら (1975) が静岡県産チカイエカについて有機リン剤抵抗性を報告しているのみである。

今回、筆者は長期間の殺虫剤使用により難防除となっている、東京都心のビルより採集したチカイエカについ

て、13種の殺虫剤に対する抵抗性のレベルを調べた結果、有機リン剤にきわめて強い抵抗性が認められたので報告する。

材料および方法

1. 供試昆虫

実験に供試したチカイエカ *Culex pipiens molestus* Forskal は東京都新宿区内の8階建ビルで、1988年4月7日、および14日に幼虫を採集したものである。幼虫の生息場所は、隔離された三つの地下汚水槽であり、それぞれ散布歴が異なっている。約100頭ずつの幼虫を採集し、つぎのような集団 A~C とした。

集団 A：1978年ころから1988年まで、ほとんど殺虫剤が使用されることがないと思われる汚水槽より採集した集団。

集団 B：1978年ころから1988年まで、年に2~3回程度殺虫剤が使用されてきた汚水槽より採集した集団。

これらを採集した水域の1978年以前の殺虫剤散布歴は不明である。

集団 C：Table 1 に示すように1964年から fenitrothion が、1973年ころからはそれに加えて dichlorvos が、そして、1978年ころからはさらに chlorpyrifos-methyl, fenthion, phenothrin, permethrin が使用されてきた汚水槽より採集した集団。

飼育は $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 10\%$ RH, 16時間照明の昆虫飼育室で、幼虫にはウサギ用飼料 (GB-1: (株) 船橋農場製) および乾燥酵母 (朝日麦酒 (株) 製) を与え、成虫には3%砂糖水を与えて行い、F₁ 以降の終齢幼虫を実験に供試した。

2. 供試薬剤

下記13種類の殺虫剤原体をエタノールに溶かして1%のエタノール液とし、供試薬剤の原液とした。

有機リン剤: fenitrothion 99.9%, fenthion 98.0%, temefos 95.1%, malathion 96.9%, dichlorvos 99.0%, chlorpyrifos-methyl 95.0%, chlorpyrifos-ethyl 100%, diazinon 96.13%, propetamphos 91.0%, prothiofos 91.4%。カーバメイト剤: propoxur 98.0%。ピレスロイド剤: permethrin 91.1%, phenothrin 93.1%。

3. 実験方法

脱塩素水によって供試薬剤を5~6濃度に希釈した液200mlを、直径8cm, 高さ6.5cmのプラスチックカップに入れ、この中に供試虫を20頭ずつ投入して、 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ の温度条件下に24時間置いた後、死虫数を観察した。

瀕死状態のノックダウン虫は死虫数に含め、各濃度ごとに2~4回実験を繰り返して平均死亡率を算出し、対

* 現住所：日本大学農獣医学部応用昆虫学研究室
(〒252 藤沢市亀井野 1866)

Table 1 History of insecticide treatment in the breeding site of a resistant colony of mosquitoes.

Year	Insecticide	Method of application	Frequency of treatment
1964	1 % fenitrothion OS	Fogging (2-3 ml/m ³)	1-3 times a year
↓			
1973	10 % fenitrothion EC	Spraying (20 ml/t)	3-6 times a year
	5 % fenitrothion and 2 % dichlorvos EC	Spraying (30 ml/t)	
	0.5 % fenitrothion and 0.2 % dichlorvos OS	Fogging (2-3 ml/m ³)	
↓			
1978	5 % fenitrothion and 2% dichlorvos EC	Spraying (30 ml/t)	12 times a year (permethrin and phenothrin were some-times applied)
	10 % chlorpyrifos-methyl EC	Spraying (5-10 ml/t)	
	5 % chlorpyrifos-methyl and 2 % dichlorvos EC	Spraying (30 ml/t)	
	5 % fenthion AE	Spraying (20-40 ml/t)	
	5 % fenthion (tablet)	Throwing (20-25 g/t)	
	18.6 % dichlorvos (resin strip)	Hanging (1 strip/5-10 m ³)	
	5 % permethrin AE	Misting (1-2 ml/m ³)	
	10 % phenothrin AE	ULV spraying (1-2 ml/m ³)	
↓			
1988			

OS, oil solution; EC, emulsifiable concentrate; AE, aqueous emulsion.

Table 2 LC₅₀ values in ppm and resistance ratios in a resistant population of Shinjuku colony of *Culex pipiens molestus* larvae for several insecticides.

Insecticide	Resistant population* (1988)	Susceptible strain	Resistance ratio**
OP-compound			
Fenitrothion	1.01	0.010	101.0
Fenthion	1.08	0.0067	161.2
Temefos	0.17	0.0008	212.5
Malathion	10.1	0.030	336.7
Dichlorvos	1.25	0.0138	90.6
Chlorpyrifos-methyl	5.7	0.0083	686.7
Chlorpyrifos-ethyl	0.028	0.00017	164.7
Diazinon	1.15	0.032	35.9
Propetamphos	3.3	0.017	194.1
Prothiofos	0.49	0.058	8.4
Carbamate			
Propoxur	0.725	0.394	1.84
Pyrethroid			
Permethrin	0.14	0.0095	14.7
Phenothrin	0.28	0.0087	32.2

* Insecticides were applied 12 times a year since 1978 (refer to Table 1).

** LC₅₀ for the resistant population/LC₅₀ for the susceptible strain.

数濃度-プロビット死虫率の回帰線を描く Finney の図解法により LC_{50} 値を求めた。抵抗性比は、1961年に東京都新宿区戸塚で採集され、国立予防衛生研究所で累代飼育中の標準感受性系統の LC_{50} 値との比をもって示した。

結果および考察

集団 A, B および C を比較すると殺虫剤の散布歴が多いほど強い抵抗性を示した。散布歴が最も高い集団 C についてみてみると、供試した有機リン剤のうち、採集場所で常用されている有機リン剤 fenitrothion, fenthion, dichlorvos, chlorpyrifos-methyl に対する LC_{50} 値および抵抗性比はそれぞれ、1.01 ppm (101.0 倍), 1.08 ppm (161.2 倍), 1.25 ppm (90.6 倍), 5.7 ppm (686.7 倍) となり、とくに chlorpyrifos-methyl に対して高い抵抗性比を示した。また、過去に使用されたことのない temefos, malathion, chlorpyrifos-ethyl, propetamphos に対しても LC_{50} 値および抵抗性比がそれぞれ、0.17 ppm (212.5 倍), 10.1 ppm (336.7 倍), 0.028 ppm (164.7 倍), 3.3 ppm (194.1 倍) となり、強い交差抵抗性が認められた。diazinon と prothiofos に対しては、1.15 ppm (35.9 倍) と 0.49 ppm (8.4 倍) であった。集団 A と B について抵抗性比の高い順に列記すると chlorpyrifos-methyl では、A : 0.185 ppm (22.3 倍), B : 1.42 ppm (171.1 倍), fenitrothion では、A : 0.173 ppm (17.3 倍), B : 0.37 ppm (37.0 倍), fenthion では、A : 0.125 ppm (18.7 倍), B : 0.18 ppm (26.9 倍), dichlorvos では、A : 0.095 ppm (6.9 倍), B : 0.172 ppm (12.5 倍), diazinon では、A : 0.07 ppm (2.2 倍), B : 0.20 ppm (6.25 倍) となり、集団 C より抵抗性比が低いけれども同傾向の抵抗性比を示した。一方、1983 年ごろ以降、発生が多いときに限り使用されているピレスロイド剤 permethrin と phenothrin に対する LC_{50} 値および抵抗性比は集団 C でそれぞれ、0.14 ppm (14.7 倍), 0.28 ppm (32.2 倍) という moderate resistance を示したが、有機リン剤に比べると抵抗性比は小さかった。

集団 A と B では、phenothrin に対して 0.0345 ppm (4.0 倍) および 0.048 ppm (5.5 倍) という値であった。

カーバメイト剤の propoxur に対しては、集団 C では LC_{50} 値および抵抗性比が 0.725 ppm (1.84 倍) であり、抵抗性はほとんど認められなかった。

以上、新宿産チカイエカの 3 集団の抵抗性比は過去の殺虫剤の使用頻度に比例し、 $A < B < C$ の順に高い値を示した。これは、1960 年、1967 年、1971 年の 3 回にわたって同一地域より採集した尼崎産アカイエカの有機リ

ン剤抵抗性の発達について調べた安富 (1974, 1975) の報告と同様な傾向であった。

また、殺虫剤による pressure がほとんどなかったと思われる集団 A に、低いレベルではあっても若干の抵抗性が認められるのは、同一ビル内で殺虫剤による淘汰の進んだ集団 C などと成虫が交雑した結果であろうと推察される。地下汚水槽は隔離されてはいるが、成虫の交流が考えられるからである。

殺虫剤による淘汰圧が最も加わった集団 C についてみると、ジメチル基を有する fenitrothion, fenthion, temefos, malathion, dichlorvos, chlorpyrifos-methyl の 6 種有機リン剤に対してはとくに大きな抵抗性比を示した。また、散布歴のない temefos と malathion に対して強い交差抵抗性が認められ、その値は、鈴木 (1968) の尼崎産アカイエカの LC_{50} 値や、小宮山ら (1975) の静岡産チカイエカの LC_{50} 値に比較すると、はるかに高い値であった。尼崎産アカイエカと静岡産チカイエカでも同様に temefos に対する交差抵抗性が指摘されていることからみても、temefos は交差抵抗性を起こしやすい薬剤と考えられる。一方、ジエチル基を有する chlorpyrifos-ethyl では、抵抗性比が 164.7 倍であり、ジメチル基の chlorpyrifos-methyl と比較すると約 1/4 であった。同様に、ジエチル基を有する diazinon では、抵抗性比が 35.9 倍という moderate resistance を示し、ジメチル基を有する 6 種の有機リン剤に比較すると低い抵抗性比であった。これは、同属のコガタアカイエカが、ジメチル基を有する有機リン剤に対して 3,000 倍から数万倍の抵抗性比を示すのに比べて、diazinon は 220 倍の抵抗性比であったという安富ら (1986) の報告と同じ傾向といえよう。また、非対称型であり、かつ一方がメチル基のリン酸エステルを有する propetamphos では、抵抗性比が 194.1 倍であるのに対して、非対称型で一方がエチル基のリン酸エステルを有する prothiofos では抵抗性比が 8.4 倍にすぎず、供試した 10 種の有機リン剤中最も低い抵抗性比であった。以上のことから、エチル基をもつ有機リン剤は、メチル基をもつ有機リン剤と比較して交差抵抗性がつきにくいものと考察する。

稿を終えるにあたり、本研究について終始ご指導を賜り、また、原稿ご校閲の労をとられた国立予防衛生研究所衛生昆虫部の安富和男博士、ならびに標準感受性系統の分譲と飼育上のご助言をいただいた同研究所の主藤千枝子氏に心からお礼申しあげる。

引用文献

朝比奈正二郎, 安富和男, 野口圭子 (1963): 東京

- 営林署猿江貯木場における蚊の調査と駆除実験. 衛生動物, **14** : 167-175.
- Brown, A. W. A. (1957 a) : Methods employed for determining insecticide resistance in mosquito larvae. *Bull. W. H. O.*, **16** : 201-204.
- Brown, A. W. A. (1957 b) : The World Health Organization test kit for detection of resistance in mosquito larvae. *Mosq. News*, **18** : 128-131.
- Brown, A. W. A. (1958) : Insecticide resistance in Arthropod. *W. H. O. Monogr. Ser.*, No. 38 : 58-60.
- Gaud, J. (1954) : La lutte contre les arthropodes d'importance medicale au Maroc depuis l'utilisation des insecticides chlores de contact. *R. C. Ist. Sup. Sanita* (Suppl.) : 143-159.
- Georgopoulos, G. D. (1951) : *A. sacharovi* resistance to DDT. *Arch. Hyg. (Athens)*, **2** : 246-275.
- 小宮山素子, 島田篤夫, 水谷 澄 (1975) : 静岡県下で採集された有機リン剤抵抗性チカイエカ集団. 日環セ所報, No. 2 : 90-92.
- Livadas, G. A. and G. D. Georgopoulos (1953) : Development of resistance to DDT by *Anopheles sacharovi* in Greece. *Bull. W. H. O.*, **8** : 497-511.
- 松尾喜久男, 田村辰夫 (1965) : 京都産チカイエカについて 第2報. 衛生動物, **16** : 152.
- Mosna, E. (1948) : *Culex pipiens* autogenicus DDT-resistenti e loro controllo con Octaklor e esachorocicloesans. *Riv. Parasitol.*, **9** : 19-25.
- 鈴木 猛 (1968) : 各種有機燐殺虫剤に抵抗性のアカイエカの発見. 衛生動物, **19** : 98-100.
- 鈴木 猛, 水谷 澄, 海野登久子, 松永秀子 (1964) : アカイエカ幼虫自然集団の dieldrin 抵抗性の解析. 衛生動物, **15** : 166-173.
- 鈴木 猛, 海野登久子 (1969) : アカイエカ群の諸形質に関する遺伝学的検討 (VII)—チカイエカ幼虫の diazinon 抵抗性の発現様式. 衛生動物, **20** : 205-208.
- Tahori, A. S. (1961) : A survey of *Culex molestus* larvae in Israel for DDT resistance. *Bull. W. H. O.*, **24** : 674-675.
- 海野登久子, 鈴木 猛 (1964) : チカイエカ幼虫 population からの DDT 抵抗性および感受性 colony の分離. 衛生動物, **15** : 174-178.
- 海野登久子, 鈴木 猛 (1967) : アカイエカ幼虫の殺虫剤に対する交差抵抗性の解析. 衛生動物, **18** : 144.
- Yasutomi, K. (1962) : Insecticide resistance developed in several species of the mosquitoes of Japan. *Jpn. J. Med. Sci. Biol.*, **15** : 29-35.
- 安富和男 (1965) : チカイエカ *Culex pipiens molestus* 幼虫の殺虫剤抵抗性の発達と消失. 衛生動物, **16** : 96-98.
- 安富和男 (1974) : 尼崎産アカイエカ幼虫の殺虫剤抵抗性. 防虫科学, **39** : 59-61.
- 安富和男 (1975) : アカイエカ群における燐剤抵抗性の発達とエステラーゼ活性の変化. 衛生動物, **25** : 320.
- 安富和男, 浦辺研一, 和田義人 (1986) : 埼玉県におけるシナハマダラカおよびコガタアカイエカの殺虫剤抵抗性. 衛生動物, **37** : 357-362.

Summary

Organophosphorus resistant colonies of *Culex pipiens molestus* were collected from three sewage tanks of a building in Shinjuku-ku, Tokyo, in April 1988. Several insecticides such as fenitrothion, dichlorvos, chlorpyrifos-methyl, fenthion, phenothrin and permethrin have been heavily applied to a tank since 1964. The LC₅₀ values for 4th instar larvae and their resistance ratios (in parentheses) were: fenitrothion 1.01 ppm (101), fenthion 1.08 ppm (161.2), temefos 0.17 ppm (212.5), malathion 10.1 ppm (336.7), dichlorvos 1.25 ppm (90.6), chlorpyrifos-methyl 5.7 ppm (686.7), chlorpyrifos-ethyl 0.028 ppm (164.7), diazinon 1.15 ppm (35.9), propetamphos 3.3 ppm (194.1), prothiofos 0.49 ppm (8.4), propoxur 0.725 ppm (1.84), permethrin 0.14 ppm (14.7) and phenothrin 0.28 ppm (32.2). High resistance to OP-compounds such as fenitrothion and fenthion may reflect the history of application of these compounds in the breeding site. High cross resistance was observed in temefos and malathion which have not been used in this breeding site. However, resistance to prothiofos, an asymmetric phosphoric ester, was low with the resistance ratio of 8.4. The larvae were also moderately resistant to pyrethroids, but they did not show resistance to a carbamate (propoxur).