

- 22) Gibbs, K. E. and F. O. Morrison : *Can. J. Zool.*, 37, 633 (1959).
- 23) Hennebery, T. J., J. R. Adams and G. E. Cantwell : *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 58, 532 (1963).
- 24) 小泉清明 : 昆虫学実験法 (深谷, 石井, 山崎編), 日本植物防疫協会, 393 (1960).
- 25) Krueger, H. R. and R. D. O'Brien : *J. Econ. Entomol.*, 52, 1063 (1959).
- 26) Olson, W. P. : *Com. Biochem. Physiol.*, 35, 273 (1970).

Summary

1) The mechanism of dicofol resistance in citrus red mite, *Panonychus citri* McGregor was investigated. ^3H labeled dicofol was administrated topically ($0.02\mu\text{g}/2\text{m}\mu\text{l}/\text{mite}$) to dicofol resistant (WR), slight resistant (M) and susceptible (WS and TR) strains of citrus red mite female adults. Radioactivities on the cuticle, in the body and in the excreta were determined by a liquid scintillation spectrometer.

2) About 40 to 50% of dicofol was penetrated in the body within 32 hours after topical application in every strains. No significant difference in penetration between resistant and susceptible strains was found.

3) Radioactivity of the water soluble metabolites of dicofol in the body of WRS was higher than those in susceptible strains.

4) Radioactive-substances in excreta were small amounts in all strains. The ratio of the water soluble-materials to the dioxane soluble-materials in excreta of WRS and MS increased gradually from 8 hours after topical application, but those of WSS and TRS were small until 32 hours after topical application.

5) Basing on the facts described above, it is possible to conclude that dicofol resistant strains have higher ability than dicofol susceptible strains to metabolize dicofol to the water soluble materials, and that this ability is one of factors responsible for resistance to dicofol in citrus red mite.

Green Rice Leafhopper, *Nephotettix cincticeps* Uhler, Resistant to Carbamate Insecticides.
Toshikazu IWATA and Hiroshi HAMA (Division of Entomology, National Institute of Agricultural Sciences, Nishigahara, Kita-ku, Tokyo) Received September 6, 1971. *Botyu-Kagaku* 36, 174 (1971). (with English Summary 179).

23. カーバメート系殺虫剤抵抗性のツマグロヨコバイについて* 岩田俊一, 浜 弘司 (農林省農業技術研究所) 46. 9. 6. 受理

ツマグロヨコバイに対するカーバメート系殺虫剤の効果が最近低くなったといわれる地点 (佐賀および藤枝), および著しく低いといわれる地点 (中川原) で採集したツマグロヨコバイについて, 各種カーバメート系殺虫剤の効力を感受性系統と比較したところ, 採集系統ではすべて感受性系統より高い LD_{50} がえられた。なかでも中川原系統は他の2系統より抵抗性が高く, 各種カーバメート剤に対する抵抗性スペクトルも異なることがわかった。抵抗性3系統はマラソンおよびメチルパラチオンに対しても高い抵抗性を示し, なかでも中川原系統はその程度が著しく高く, また他の有機りん殺虫剤に対しても高い抵抗性を示した。NAC およびサンサイドに対するピペロニルブトキサイドの共力効果は感受性および中川原系統ともに顕著ではなく, かつ系統間の差も明らかでなかった。

有機りん殺虫剤抵抗性のツマグロヨコバイがカーバメート系殺虫剤に交差抵抗性を示さないために, マラソンその他の有機りん殺虫剤に抵抗性のツマグロヨコバイが出現した地域では, その後の防除薬剤はもっぱらカーバメート系殺虫剤によってかえられてきた。そしてすでに数年が経過しているが, 最近二, 三の場所

でカーバメート系殺虫剤による本種の防除効果がすぐれないという問題が起こっている。

ツマグロヨコバイにおいてはマラソンその他の有機りん殺虫剤抵抗性に関する研究はかなり多数報告されているが, カーバメート系殺虫剤抵抗性についてはまだ報告はない。のみならず海外ではイエバエその他でカーバメート系殺虫剤抵抗性に関する研究はかなり行なわれているのに, わが国ではこれに関する研究も非常に少ない現状である。筆者等はツマグロヨコバイに

* 本報の大部分は1971年度日本応用動物昆虫学会大会において講演した。

おける有機りん殺虫剤抵抗性に関する研究を行ってきたが、ここにカーバメート系殺虫剤抵抗性の研究を進めることにした。本報はその最初のものである。

材料虫の採集にあたっては宮城県農試の伊藤春男、五十嵐良造、静岡県農試の杉野多万司、沢木忠雄、愛媛県農試の高山昭夫、吉岡幸二郎、佐賀県農試の宮原和夫の諸氏に非常な御便宜をいただいた。ここに厚く御礼申し上げる。

材料および方法

材料虫：カーバメート系殺虫剤の効果が劣るといわれる次の3地点をえらんでツマグロヨコバイを採集した。

1) 静岡県藤枝市：6年前 NAC 剤の効果が劣るといふ現地の報告があり、雄成虫を使って検定した結果、感受性系統（佐賀）に対して数倍高い LD_{50} がえられ（吉岡・岩田, 1967）、その後もなおカーバメート系殺虫剤の防除効果に若干の疑問があるといわれている。

2) 愛媛県松前町（中川原）：1969年秋よりカーバメート系殺虫剤の効果が低下したといわれ、防除試験の結果でもそれが明らかにされた。なおこの地点は1962～3年においてすでに有機りん剤抵抗性が発達していた（以下この系統をNと略記することがある）。

3) 佐賀県佐賀市外川副町：10年以上前から苗代期の防除に DDT・NAC 混合剤、また本田でニカメイチュウ、ツマグロヨコバイなどの同時防除のために NAC が BHC やスミチオンとの混合剤として連年使用されてきた。1965年この付近で採集した個体群の殺虫剤感受性については福田（1967）の報告があるが、最近カーバメート系殺虫剤の効果に若干問題がでてきたといわれている。

以上3地点のツマグロヨコバイは1970年春から初夏にかけて圃場から採集し、その後 $27^{\circ}\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ 、16時間照明下で稲の幼苗を与えて飼育をつづけた。

比較として使った感受性系統は宮城県で1969年に採集し、上記3系統と同一条件下で累代飼育してきたものである（以下この系統をSと略記することがある）。

殺虫剤：現在市販されている11種類のカーバメート系殺虫剤を供試した。これらはいずれも工業原体かあるいは製剤から精製したもので、第1表の欄外に記した通り、9種の置換フェニール系、1種のナフチル系、および1種のアリファチックのカーバメート系殺虫剤である。また供試した有機りん殺虫剤は馬拉オクソン以外はすべて製造会社から恵与された工業原体である。

感受性検定法：供試虫にはすべて羽化後3～8日の雄成虫を使用し、その胸腹部背面に殺虫剤のアセトン溶液を1頭当り $0.5\mu\text{l}$ 宛局所施用した。処理された成

虫は稲の幼苗を与えて $27^{\circ}\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ 下におき、24時間後に反応状態を観察した。正常位を保てない個体はすべて死亡虫として数えた。1葉量段階に対して20頭を用い適宜反復を行なった。えられた結果は対数正規確率紙上にプロットし、視察によって描いた回帰線から LD_{50} を有効数字2桁まで読みとった。

結 果

カーバメート系殺虫剤に対する LD_{50} ：供試4系統に対する11種類のカーバメート系殺虫剤の LD_{50} は第1表に示す通りである。これによれば藤枝、佐賀、中川原の3系統はすべてのカーバメート系殺虫剤に対して感受性の宮城系統より高い LD_{50} を示した。中でも中川原系統はいずれの殺虫剤に対しても3系統中最も高い値を示し、とくにサンサイド、バッサ、ミブシンでは著しく高い値で、NAC でも感受性系統の100倍の LD_{50} がえられた。佐賀および藤枝系統の LD_{50} は中川原系統よりはるかに低く、かつ互いにほぼ似た値を示すが、全般的には佐賀の方がやや高い値を示す。なおランネートの LD_{50} は感受性系統のみならず、すべての抵抗性系統で最も低いことがわかる。

有機りん殺虫剤に対する LD_{50} ：中川原、佐賀、藤枝はいずれも過去においてツマグロヨコバイが馬拉ソンあるいはメチルパラチオンに対して抵抗性を発達し、あるいはその疑いがもたれると報告された場所である。そこで馬拉ソンおよびメチルパラチオンに対する LD_{50} を感受性系統と比較したところ、第1表の末尾に示した通り、3系統とも高い抵抗性を示し、なかでも中川原系統では藤枝、佐賀両系統に比較して著しく高い値がえられている。従ってこの系統はカーバメート系殺虫剤のみならず有機りん剤に対しても著しく抵抗性の発達した系統である。

著者等の研究室においては愛媛県土居町において1965年に有機りん殺虫剤抵抗性のツマグロヨコバイを採集し、その後実験室においてさらに馬拉ソンあるいはメチルパラチオンによってそれぞれ淘汰を行ない、著しく抵抗性の高まった2系統（M, P）をもっている（未発表）。N系統について幾つかの有機りん剤に対する LD_{50} を求めた結果を M, P, S 3系統のものと比較すると第2表の通りである。これによればN系統は馬拉ソンに対してはM系統より、またメチルパラチオンに対してはP系統よりさらに高い抵抗性を示すほか、スミチオンや EPN に対しても著しく高い抵抗性を示す。第2表に示したその他の有機りん殺虫剤はMおよびP系統に対して比較的交差抵抗性の程度が低いもののなかから選んだものであるが、ダイアジノン以外は供試したすべての有機りん殺虫剤に対してN系統はMおよびP系統より高い抵抗性を示した。なおこのN系

Table 1. LD₅₀($\mu\text{g/g}$) of 11 carbamates and 2 organophosphorus insecticides to the susceptible and 3 resistant strains of the green rice leafhopper.

Insecticide	S	Strain		
		Fujieda	Saga	N
NAC	0.71	5.6	5.3	71
Bassa	1.6	7.0	10	200
Suncide	2.6	5.6	8.4	440
Mipcin	2.3	5.8	9.1	220
Hydrol	0.62	9.3	12	23
Carbanolate	0.62	4.0	7.9	43
Hopcide	3.8	6.3	9.8	52
Tsumacide	4.3	6.3	12	81
Meobal	2.6	5.3	6.3	62
Macbal	2.6	7.2	11	74
Lannate	0.29	1.1	2.6	3.8
Malathion	0.57	26	37	330
Methyl parathion	5.7	79	210	2300

Chemical name of insecticides.

NAC (carbaryl) : 1-naphthyl methylcarbamate

Bassa : *o*-sec-buthylphenyl methylcarbamateSuncide (propoxur) : *o*-isopropoxyphenyl methylcarbamateMipcin : *o*-isopropylphenyl methylcarbamate

Hydrol : 4-diallylamino-3, 5-xylyl methylcarbamate

Carbanolate : 2-chloro-4, 5-xylyl methylcarbamate

Hopcide : *o*-chlorophenyl methylcarbamateTsumacide : *m*-methylphenyl methylcarbamate

Meobal : 3,4-xylyl methylcarbamate

Macbal : 3,5-xylyl methylcarbamate

Lannate (methomyl) : methyl *N*-((methylcarbamoyl)oxy) thioacetimidateTable 2. Comparison of LD₅₀ ($\mu\text{g/g}$) of organophosphorus and chlorinated hydrocarbon insecticides for S and N strains to those for two organophosphorus resistant strains (M and P).

Insecticide	S	Strain		
		N	M	P
Methyl parathion	5.7	2300	560	2000
Sumithion	4.5	2000	1200	1900
EPN	0.60	1100	890	4400
Malathion	0.57	330	220	45
Malaaxon	0.23	5.9	3.5	1.9
Dimethoate	0.66	390	150	79
Mecarbam	0.92	55	24	15
Vamidothion	1.0	43	12	6.6
Fujithion	0.64	20	5.5	2.6
Vinyphate	0.45	9.8	4.5	1.8
Diazinon	0.51	11	47	28
Kayaphos	0.86	4.0	3.2	2.6
DDT	10	42	17	23
Lindane	78	120	82	76

Chemical name of insecticides.

Mecarbam : *S*-(*N*-ethoxycarbonyl-*N*-methylcarbamoylmethyl) diethyl phosphorothiolothionateVamidothion : dimethyl *S*-(2-(1-methylcarbamoyl ethylthio) ethyl) phosphorothiolateFujithion : *S*-(*p*-chlorophenyl) *O,O*-dimethyl phosphorothioateKayaphos : *O,O*-diisopropyl-*p*-thiomethylphenyl phosphate

Sumithion=fenitrothion

Vinyphate=chlorfenvinphos

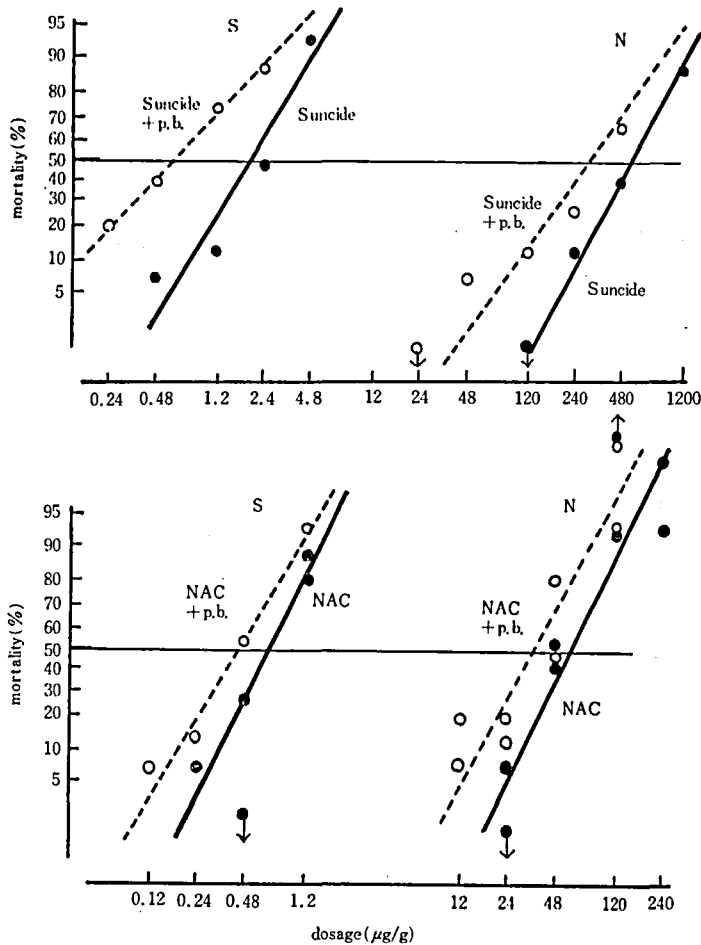


Fig. 1. Synergistic action of piperonyl butoxide to Suncide (upper) and NAC (lower) for S and N Strains.

↑ : 100% mortality, ↓ : 0% mortality

統は DDT やリンデンに対しても M および P 両系統よりさらに感受性の劣ることがわかる。

ピペロニルブトキシドの共力効果：イエバエなどではカーバメート系殺虫剤はピペロニルブトキシド (p. b.) の前処理あるいは同時施用によってその殺虫効力が増進することが知られている。そこで N 系統における抵抗性の機構解明の資料をうるために、S, N 両系統における p. b. の共力効果を比較した。

まず p. b. 0.2 % のアセトン溶液 0.5 μl を雌成虫の背面に施用し、30~40 分後に NAC あるいはサンサイドを局所施用した。その結果は第 1 図に示す通りである。まず NAC に対する共力効果は S 系統でもあまり高くなく、p. b. 処理によって LD₅₀ は 0.6 倍に減少するに過ぎない。N 系統でも共力効果はあるが、その程度は S 系統とはほぼ同程度である。またサンサイド

に対する共力効果は S 系統では NAC におけるよりやや大きく、LD₅₀ は約 0.3 倍に減少するが N 系統では S 系統より明らかに低い共力効果しかえられない。

以上によって p. b. の共力効果は N 系統においては S 系統におけると同程度かむしろ低いことがわかった。

考 察

第 1 表に示したように、中川原、藤枝、佐賀の各系統では供試したすべてのカーバメート系殺虫剤に対して S 系統より大きな LD₅₀ がえられ、なかでも中川原系統はその程度が著しい。これら 3 系統における各殺虫剤の LD₅₀ を S 系統のそれで割った値、いわゆる抵抗性比を求めて図示すると第 2 図の通りである。各薬剤は中川原 (N) 系統における抵抗性比の高い順に配列してあるが、佐賀と藤枝の系統では各点を結んだ折

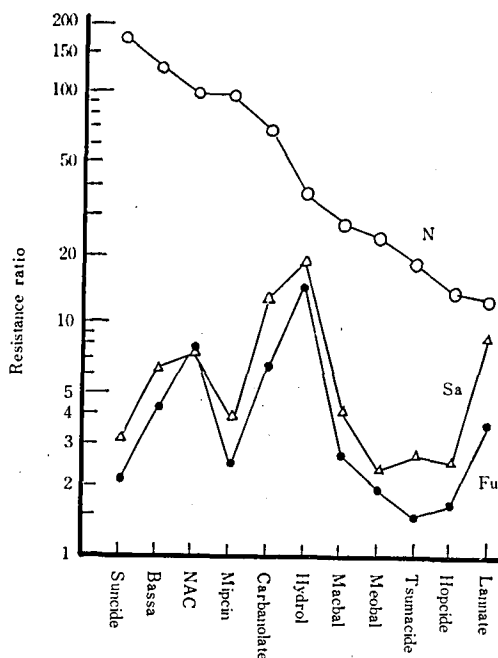


Fig. 2. Resistance ratio (ratio of LD_{50} for the resistant strain to that for the susceptible one) for various carbamate insecticides in three resistant strains.

Sa : Saga strain, Fu : Fujieda strain

線が相似し、両系統の抵抗性パターンが似ているのに対して、N系統は非常に異なったパターンをとることがわかる。N系統でとくに抵抗性比の高い薬剤のうち、サンサイド、バッサ、ミブシンはいずれもオルソ位に他のものより炭素数の多い置換基をもち、NACはナフチル系であること、抵抗性比の低いランネートは鎖

状化合物であることなど、N系統の抵抗性は化学構造と関係もあるように思われるが、その点はなお今後の問題である。

愛媛県では1962年(松前町は1963年)からNAC剤が使われ、さらに1965年からは置換フェニール系カーバメート剤が加わって使用され、その後カーバメート系殺虫剤の使用量は急増したといわれる。尾崎・黒須(1967)は1963年に中川原その他野外から採集した有機りん殺虫剤抵抗性のツマグロヨコバイ4系統について各種殺虫剤の雌成虫に対する LD_{50} を求めているが、著者等の実験で供試した殺虫剤と共通のものが11種ある。そこで中川原のものについてそれら11種の殺虫剤の LD_{50} を比較すると第3表の通りである。これをみてもわかるように1963年以後1970年までの7年間にこれら11種の薬剤のすべてに対して、中川原のツマグロヨコバイは感受性を低下していることがわかる。その中にあってダイアジノンの増加率が最も低いことは注目される。しかし他の有機りん殺虫剤やカーバメート系殺虫剤では LD_{50} の増大は顕著である。1964年以後、ツマグロヨコバイ防除のためのマラソン剤の散布は行われなくなったので、以上のことはニカメイチュウその他ツマグロヨコバイ以外の害虫防除のために散布された有機りん殺虫剤が、本種の淘汰要因として働いたことも十分考えられる。

藤枝、佐賀、中川原3系統は野外採集虫であるために、本実験の結果から交差抵抗性を論ずることは適当ではない。Hoskins and Nagasawa (1961)はカーバメート系殺虫剤抵抗性イエバエの交差抵抗性について1961年までの諸報告を総括しているが、その中でデータ量の最も多いGeorghiou *et al.* (1961)の結果では、Isolanおよび3-isopropylphenyl methylcarbamateでそれぞれ淘汰を行なったイエバエの抵抗性系

Table 3. Comparison of LD_{50} ($\mu\text{g/g}$) for the green rice leafhopper populations collected at Nakagawara fields in 1963 and in 1970.

Insecticide	1963*	1970
Malathion	12.41	330
Sumithion	1090.94	2000
EPN	63.50	1100
Methyl parathion	319.76	2300
Dimethoate	43.83	390
Diazinon	8.99	11
DDT	9.03	42
Lindane	73.76	120
NAC	1.64	71
Hopcide	4.18	52
Suncide	3.23	440

* Ozaki and Kurosu (1967)

統はいずれも供試した9種類のカーバメート系殺虫剤に、程度の差はあれ抵抗性となったという。中川原におけるカーバメート系殺虫剤の使用状況から考えて、N系統では淘汰要因として作用したカーバメート系殺虫剤の種類は多くても2~3種類と思われるのに、供試したすべてのカーバメート系殺虫剤に抵抗性の発達が見られた。したがってカーバメート系殺虫剤間における交差抵抗性は広範囲におよぶとみてよいであろう。

カーバメート系殺虫剤に対する共力剤に関しては多数の報告がある。たとえば Moorefield (1958) や Metcalf *et al.* (1960) はイエバエなどを供試して p. b. その他のピレトリンの共力剤がカーバメート系殺虫剤にも共力作用があると報じ、Metcalf *et al.* (1966) はその共力作用はこれらの共力剤が ring hydroxylation によってカーバメートを解毒する酵素の作用を阻害することによるという。Moorefield (1960) および Georgiou and Metcalf (1961) はカーバメート抵抗性イエバエにおいて p. b. の共力効果は非常に顕著であり、後者はさらに抵抗性系統のもつ高いカーバメート代謝活性を p. b. が阻害することを報じている。しかるに本報におけるN系統のツマグロヨコバイでは p. b. の共力効果が感受性系統と全く相違がない。このことはN系統における抵抗性の機構が Metcalf *et al.* (1966) のような解毒酵素活性の増大によるのではないことを示唆するものであろう。

文 献

- 1) 福田秀夫：植物防疫 21, 43 (1967).
- 2) Georgiou, G. P. and R. L. Metcalf : *J. Econ. Entomol.*, 54, 231 (1961).
- 3) Georgiou, G. P., R. L. Metcalf and R. B. March : *J. Econ. Entomol.* 54, 132 (1961).
- 4) Hoskins, W. M. and S. Nagasawa : *Botyu-Kagaku* 26, 115 (1961).
- 5) Metcalf, R. L., T. R. Fukuto and M. Y. Winton :

J. Econ. Entomol. 53, 828 (1960).

- 6) Metcalf, R. L., T. R. Fukuto, C. Wilkinson, M. H. Falmy, S. Abd El-Aziz and E. R. Metcalf : *J. Agr. Food Chem.* 14, 555 (1966).
- 7) Moorefield, H. H. : *Contr. Boyce-Thompson Inst.* 19, 501 (1958).
- 8) Moorefield, H. H. : *Miscellaneous Publication of the Ent. Soc. Amer.* 2, 145 (1960).
- 9) 尾崎幸三郎・黒須泰久：応動昆 11, 145 (1967).
- 10) 吉岡幸二郎・岩田俊一：応動昆 11, 193 (1967).

Summary

Three strains of the green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* Uhler, were collected at three stations. Two of them were Saga and Fujieda, where carbamate insecticides were not so effective to the insect as before, and another was Nakagawara, where carbamate insecticides became ineffective to the insect. Toxicity of various carbamate insecticides to these three strains was lower than that of the susceptible strain. Especially Nakagawara strain was most resistant and showed different pattern of resistance spectrum from the other two strains. These three resistant strains were also resistant to malathion and methylparathion, especially Nakagawara strain was remarkably high resistant. This strain also showed high resistance to the other organophosphorus insecticides. Synergistic effect of piperonyl butoxide to carbaryl and propoxur was not remarkable and there was no difference between the synergistic effect in both Nakagawara and susceptible strains. According to this, it is supposed that the resistance to carbamate insecticides in Nakagawara strain of the green rice leafhopper is not due to increased detoxification caused by oxidase reported in some insects.

Synergistic Effect of Synthetic Synergists on Dimethrin against Adults of the House Fly, *Musca domestica vicina* Macq. Studies on the Biological Assay of Pyrethroids. IV. Shiro ASADA (Department of Medical Zoology, Osaka City University, Medical School) and Kazuo BUEI (Osaka Prefectural Institute of Public Health, Osaka). Received October 4, 1971, *Botyu-Kagaku* 36, 179 (1971). (with English Summary 183).

24. イエバエに対するジメスリンと合成共力剤の共力効果について ピレスロイドの生物試験に関する研究 第4報 浅田四郎(大阪市立大学医学部医動物学教室) 武衛和雄(大阪府立公衆衛生研究所) 46. 10. 4. 受理

dimethrin に各種共力剤を混用し、イエバエに対する共力効果を比較検討した。その結果、safroxan は最も大きい共力効果があったが、pyrethrins+p. butoxide のそれに比べてかなり劣っていた。実用的には dimethrin に10倍量の safroxan を混用したときに最大の効果が得られた。