

**Results of the Continuous Selection With Diazinon, NAC, BPMC and Mixture of Two Insecticides of Organophosphate-resistant Strain of Smaller Brown Planthopper, *Laodelphax striatellus* FALLÉN.** Yoshitaka SASAKI and Kozaburo OZAKI (Kagawa Agricultural Experiment Station, Takamatsu, Kagawa) Received May 22, 1976. *Botyu-Kagaku*, 41, 181, 1976. (with English Summary 184)

28. リン剤抵抗性ヒメトビウンカにおけるダイアジノン, NAC と BPMC または 2 種殺虫剤の複合剤による連続淘汰の結果について 佐々木善隆, 尾崎幸三郎 (香川県農業試験場)  
51. 5. 22 受理

香川県観音寺市吉岡町から採集したリン剤抵抗性のヒメトビウンカをダイアジノン, NAC と BPMC およびこれら単剤を 1:1 で混合した複合剤で連続して淘汰し, 薬剤抵抗性の発達状況を検討した。

ダイアジノンあるいは NAC による淘汰では抵抗性の発達はゆるやかであり, 20 世代淘汰後における LD<sub>50</sub> は, 親個体群の約 3 倍増大したのみであった。置換フェニールカーバメイト剤の BPMC による淘汰では, F<sub>5</sub> にすでに感受性の低下がみられ, F<sub>18</sub> の LD<sub>50</sub> は親個体群の約 7 倍に増大した。しかし F<sub>20</sub> では逆にそれが 5 倍にまで低下した。

ダイアジノンと NAC を混合した DN 剤による淘汰では, 最終淘汰の F<sub>15</sub> まで, 感受性の変化はみられなかった。NAC と BPMC を混合した NB 剤による淘汰では, F<sub>12</sub> に LD<sub>50</sub> が親個体群の 2 倍に増大したが, その後には逆に低下し, 最終淘汰の F<sub>21</sub> には親個体群との間に顕著な差がみられなかった。ダイアジノンと BPMC を混合した DB 剤による淘汰でも感受性の変化は極めて小さかった。

DB 剤で 10 世代淘汰した系統ではダイアジノンに対する LD<sub>50</sub> は 2 倍, BPMC に対するそれは約 4 倍に増大した。この増大程度はダイアジノンあるいは BPMC でそれぞれ連続淘汰した系統のそれに近かった。NB 剤による淘汰では F<sub>21</sub> までに NAC 感受性は大きく変化しなかったが, BPMC に対する LD<sub>50</sub> は約 2.6 倍に増大した。この場合 BPMC 感受性の低下程度は, BPMC で連続して淘汰した系統のそれより低かった。

害虫防除を全面的に殺虫剤に依存している現在, 害虫の殺虫剤に対する抵抗性の発達は極めて憂慮すべき問題であり, 極力さげなければならない。さきに尾崎ら<sup>1)</sup>は, ヒメトビウンカの感受性 (LE) 系統を供試し, 2 種殺虫剤による一世代交互淘汰および 2 種あるいは 3 種殺虫剤を混合した複合剤による連続淘汰と抵抗性発達との関係を検討し, 複合剤の使用はヒメトビウンカにおける薬剤抵抗性の発達を顕著に抑制することを知らした。

しかしながらツマグロヨコバイでは, リン剤抵抗性の発達後に導入した代替のカーバメイト剤に対して, 予想以上に早い時期に抵抗性を発達してしまった<sup>2,3)</sup>。このことは, 過去にいずれかの薬剤に抵抗性を発達した経歴のある害虫では, その後に導入する防除剤に抵抗性を発達しやすい要素のあることを示しているかも知れず, 複合剤における抵抗性発達の抑制効果は, 遺伝生化学的性質の単純な感受性系統のみにみられる現象としてしか意味をもたない恐れがある。そこで今回有機リン系の多くの殺虫剤に抵抗性のヒメトビウンカを供試し, 2 種殺虫剤の複合剤で淘汰実験を実施し,

感受性系統の場合と同様, 抵抗性発達の抑制効果が期待できるかどうかについて検討した。

#### 材料および方法

供試虫は 1969 年に香川県観音寺市吉岡町の小麦圃場から採集し, 25±1°C, 16 時間照明の恒温飼育室で稲苗を与えて累代飼育したものであるが, この個体群は有機リン系殺虫剤に抵抗性である<sup>4)</sup>。

供試薬剤はダイアジノン: O, O-Diethyl O-(2 isopropyl-4-methyl-6-pyrimidinyl)phosphorothioate 97.2%: NAC (デナボン), 1-Naphtyl N-methyl carbamate 99.0%: BPMC (バッサ), 2-sec Buthyl-phenyl-N-methyl carbamate 99.6% およびこれら殺虫剤を 1:1 で混合した DN 剤 (ダイアジノン: NAC), DB 剤 (ダイアジノン・BPMC) および NB 剤 (NAC・BPMC) で, それぞれの薬剤はアセトンで所定濃度に希釈して用いた。

淘汰は殺虫剤のアセトン溶液をマイクロメーターシリンジを用いて径 1.1cm, 長さ 10.4cm の試験管に一定量づつ滴下し, さらに 50μl のアセトンを加え, アセ

トンを蒸散させながら殺虫剤を試験管内壁に均一に付着させた。アセトンが完全に蒸発した後、ヒメトビウソカの4~5令幼虫を試験管当り約30個体づつ入れ、温度25±1°Cにて殺虫剤の薄膜に接触させた。供試虫の死虫状況は随時観察し、死虫率が約70%に達した時にイネ苗を入れたガラス容器に移した。この場合最終死虫率は70~75%であった。生存虫は温度25±1°C、16時間照明下でイネ苗を与えて飼育した。淘汰は毎世代実施したが、各世代の淘汰率は、最終死虫率が70~75%になるように、試験管当り処理薬量と接触時間を変化させ、一定になるようにした。

なお淘汰には、いずれの薬剤の場合も、最初吉岡個体群の5,000から6,000個体で出発し、その後の淘汰には毎世代1,500から2,000個体を用いた。

それぞれの淘汰系統については、任意の世代に雌成虫を供試し、淘汰に用いた薬剤に対する致死薬量を局所施用法<sup>9)</sup>で検定した。

結果および考察

ヒメトビウソカの感受性 (LE) 系統と吉岡個体群

の淘汰に用いた薬剤に対する LD<sub>50</sub> は Table 1 のとおりである。

吉岡個体群に対する NAC と BPMC の LD<sub>50</sub> は LE 系統に対するそれとかわらなかったが、ダイアジノンの LD<sub>50</sub> は LE 系統に対するより高かった。DN 剤、DB 剤と NB 剤の LD<sub>50</sub> は混合したそれぞれの単剤より高かった。マラソンと NAC の複合剤は感受性の LE 系統に負の連合作用を示すことが明らかにされているが<sup>4,5)</sup> これら3種類の複合剤の吉岡個体群に対する作用にも同じ現象が現われたものと考えられる。

上記のようにそれぞれ作用性の異なる薬剤で吉岡個体群を連続して淘汰し、任意の世代に淘汰に用いた薬剤に対する感受性を検定した結果は Table 2 のとおりである。

これによると、ダイアジノンによる淘汰では F<sub>8</sub> にダイアジノンに対する LD<sub>50</sub> が親個体群の約3倍に増大した。しかし、その後淘汰を継続しても、LD<sub>50</sub> は大きく変化せず、F<sub>20</sub> には親個体群の約3倍、感受性の LE 系統の約6倍の抵抗性を示すに止まった。BPMC による淘汰では、F<sub>6</sub> にすでに感受性の低下が

Table 1. Toxicity of various insecticides to Susceptible (LE) and Yoshioka strains of smaller brown planthopper.

Insecticide	Susceptible		Yoshioka	
	1/b	LD <sub>50</sub> *	1/b	LD <sub>50</sub> *
diazinon	0.21	3.42	0.18	7.15
BPMC	0.29	6.41	0.36	6.60
NAC	0.21	2.77	0.34	3.66
diazinon NAC (DN)	0.23	3.59	0.27	9.31
diazinon BPMC (DB)	—	—	0.16	15.31
NAC BPMC (NB)	—	—	0.28	7.03

\* LD<sub>50</sub> in µg per gram of body weight.

Table 2. Changes in susceptibility to diazinon, BPMC and NAC of smaller brown planthopper during selection with diazinon, BPMC and NAC.

Generation selected	diazinon			BPMC			NAC		
	1/b	LD <sub>50</sub> *	RR**	1/b	LD <sub>50</sub>	RR	1/b	LD <sub>50</sub>	RR
5	—	—	—	0.36	11.8	1.8	0.34	5.2	1.4
8	0.22	20.1	2.8	0.30	9.1	1.4	0.47	3.5	1.0
10	0.23	20.5	2.9	0.57	26.2	4.0	0.32	8.3	2.3
12	—	—	—	0.39	36.2	5.5	0.25	8.2	2.2
13	0.29	15.3	2.1	—	—	—	—	—	—
15	0.29	15.3	2.1	0.31	33.7	5.1	0.31	8.1	2.2
18	0.22	17.7	2.5	0.30	48.6	7.4	—	—	—
20	0.27	20.2	2.8	0.33	35.5	5.4	0.39	11.1	3.0

\* LD<sub>50</sub> in µg per gram of body weight.

\*\* LD<sub>50</sub> of strain selected/LD<sub>50</sub> of Yoshioka strain.

みられ、 $F_{10}$  の  $LD_{50}$  は親個体群の約4倍に達し、 $F_{15}$  には約7倍にまで増大した。しかしその後の淘汰では抵抗性の増大はみられず、 $F_{20}$  の  $LD_{50}$  は逆に親個体群の約5倍にまで低下した。NAC による淘汰では、前記2種殺虫剤の場合にくらべて、感受性の低下は極めてゆるやかで、 $LD_{50}$  の変化は  $F_8$  までみられなかった。

しかし  $F_{10}$  には親個体群の約2倍、 $F_{20}$  には約3倍に増大した。大熊・尾崎<sup>6)</sup> と尾崎ら<sup>7)</sup> はヒメトビウンカの LE 系統をマラソン、フェニトロチオン、NAC、PHC、MTMC とメソミルで連続して淘汰し、それぞれの淘汰系統では抵抗性発達の様子が顕著に異なることを明らかにしているが、いまリン剤抵抗性の吉岡個体群をダイアジノン、BPMC あるいは NAC で連続淘汰した結果をそれらの結果と比較すると、感受性の LE 系統をマラソンで淘汰した場合には、 $F_{12}$  に約40倍、 $F_{24}$  に約250倍の抵抗性、フェニトロチオンで淘汰した場合には  $F_{11}$  に約50倍、 $F_{24}$  に約60倍の抵抗性を示したが、リン剤抵抗性の吉岡個体群はすでにダイアジノン感受性を低下していたにもかかわらず、ダイアジノンによる淘汰で抵抗性の発達程度は極めて低かった。このことは、ダイアジノンには、他の有機リン系殺虫剤と異なって、ヒメトビウンカの防除剤としてすぐれた特性のあることを示している。

感受性の LE 系統を MTMC で淘汰した場合、 $F_{12}$  には約6倍の抵抗性を示したが、その後淘汰を継続しても、抵抗性の発達はみられなかった。吉岡個体群を BPMC で淘汰した場合には、抵抗性の発達程度は LE 系統の MTMC による淘汰にくらべて大きく、また淘汰の継続で抵抗性はさらに高レベルに達する傾向がみられた。また NAC による吉岡個体群の連続淘汰は、感受性の LE 系統を連続して淘汰した場合と異なって、

$LD_{50}$  値が淘汰の世代を重ねるにつれて順次増大した。野外のヒメトビウンカは、長年に亘る各種防除薬剤の影響で、薬剤抵抗性に関連する遺伝因子が複雑に変化していると考えられるので、これらのことは、ヒメトビウンカはいまだカーバメイト剤に抵抗性を発達していないとはいえ、同じカーバメイト剤を連続して使用していると、抵抗性は予想外に早く発達するものといえる。ただ NAC による淘汰では、BPMC による淘汰に比べて、 $LD_{50}$  の増大程度は極めて低く、感受性の LE 系統の MTMC による淘汰より低かった。このことと NAC では感受性の LE 系統を淘汰した場合に、 $LD_{50}$  の増大が全くみられなかったことから考えると、この殺虫剤はヒメトビウンカにおいて抵抗性が発達しにくい性質をもっているともいえる。

ダイアジノンと NAC または BPMC および NAC と BPMC を 1:1 の割合で混合した3種類の複合剤 (DN 剤、DB 剤と NB 剤) で、吉岡個体群を連続して淘汰し、任意の世代に淘汰に用いた複合剤に対する感受性を検定した結果は Table 3 のとおりである。

これによると、DN 剤による淘汰では、最終淘汰の  $F_{15}$  まで、 $LD_{50}$  は変化しなかった。また NB 剤による淘汰では、 $F_5$  に感受性の低下がみられ、 $F_{12}$  の  $LD_{50}$  は親個体群の2倍にまで増大したが、その後の淘汰では  $LD_{50}$  は逆に低下し、最終淘汰の  $F_{21}$  における  $LD_{50}$  は親系統よりわずかに高い程度に止っており、抵抗性が早急に発達する徴候はみられなかった。DB 剤による淘汰では、 $F_{15}$  まで感受性の変化はみられなかったが、 $F_{15}$  には感受性の低下がみられた。しかしこの場合も、感受性の低下程度は低く、その後3世代淘汰しても、感受性は大きく低下しなかった。

尾崎ら<sup>7)</sup> はマラソンと NAC あるいは MTMC を 1:1 の割合で混合した複合剤 (MN 剤と MT 剤) で

Table 3. Changes in susceptibility to DN (diazinon: NAC mixture), DB (diazinon: BPMC mixture) and NB (NAC: BPMC mixture) of smaller brown planthopper during selection with DN, DB and NB.

Generation selected	DN			DB			NB		
	1/b	$LD_{50}$ *	RR**	1/b	$LD_{50}$	RR	1/b	$LD_{50}$	RR
3	0.38	7.6	0.8	—	—	—	—	—	—
5	0.38	9.1	1.0	0.24	16.4	1.1	0.37	8.3	1.2
10	0.35	10.6	1.1	0.25	16.7	1.1	0.24	14.1	2.0
13	—	—	—	0.31	14.3	0.9	0.33	8.2	1.2
15	0.31	9.2	1.0	0.29	22.5	1.5	—	—	—
18	—	—	—	0.24	21.8	1.2	—	—	—
21	—	—	—	—	—	—	0.36	9.1	1.3

\*  $LD_{50}$  in  $\mu\text{g}$  per gram of body weight.

\*\*  $LD_{50}$  of strain selected /  $LD_{50}$  of Yoshioka strain.

Table 4. Changes in susceptibility to diazinon BPMC and NAC of smaller brown planthopper during selection with DB (diazinon: BPMC mixture) and NB (NAC: BPMC mixture).

Mixture and generation selected	Insecticide	LD <sub>50</sub> ( $\mu$ g/g)	RR*
DB 10 F	diazinon	14.4	2.0
	BPMC	25.4	3.9
NB 21 F	NAC	4.2	1.2
	BPMC	17.3	2.6

\* LD<sub>50</sub> of strain selected/ LD<sub>50</sub> of Yoshioka strain.

感受性の LE 系統を20世代以上に亘って連続淘汰した場合、それぞれの最終淘汰の世代までに、淘汰に用いた複合剤に対する LD<sub>50</sub> には顕著な変化がみられず、これらの複合剤の使用はヒメトビウンカにおける薬剤抵抗性の発達を抑制する効果が期待できると報じている。ただ野外のヒメトビウンカは室内で飼育されている感受性系統ほど遺伝的諸性質が単純でないので、実用場面ではこれらの複合剤に抵抗性を発達させることが懸念されていたが、今回実施した淘汰実験の結果から判断すると、有機リン系とカーバメイト系殺虫剤を混合した複合剤の使用は、リン剤抵抗性を発達しつつあるヒメトビウンカにおいても、薬剤抵抗性の発達を抑制する効果があるといえる。

MN 剤と MT 剤による感受性の LE 系統の淘汰では、混用した NAC には感受性の低下を示さなかったが、マラソンには比較的高レベルの抵抗性を発達し、MTMC にも低レベルの抵抗性発達がみられた<sup>1)</sup>。Table 4 は DB 剤と NB 剤による淘汰系統の各単剤に対する感受性を検定した結果であるが、DB 剤による淘汰では、F<sub>10</sub> にダイアジノンに対する LD<sub>50</sub> は2倍、BPMC に対するそれは約4倍に増大し、両薬剤に対する LD<sub>50</sub> の増大程度はダイアジノンあるいはBPMC 単剤で淘汰したそれに近かった。

一方 NB 剤による淘汰では、F<sub>21</sub> に混用した NAC に対する感受性には大きな変化がみられなかったが、BPMC に対する LD<sub>50</sub> は2.6倍に増大した。ただBPMC 感受性の低下の程度はBPMC 単独またはDB 剤による淘汰系統に比べて低かった。このことは有機リン系とカーバメイト系殺虫剤あるいは2種のカーバメイト系殺虫剤を混用した複合剤はいずれも抵抗性発達を抑制する効果があるが、その抑制効果の内容には複合剤間で異なることを示している。そして尾崎ら<sup>1)</sup>の結果と今回の結果とを総合して判断すると、NAC を基剤にした複合剤において、ヒメトビウンカにおける薬剤抵抗性発達の抑制効果がとくに顕著であ

るといえる。

## 引用文献

- 1) 尾崎幸三郎, 佐々木善隆, 上田 実, 葛西辰雄: 防虫科学, 38, 222-231 (1973).
- 2) 愛媛農試: 愛媛農試70周年記念誌, 113. (1970).
- 3) 岩田俊一, 浜 弘司: 防虫科学, 36, 174-179 (1971).
- 4) 尾崎幸三郎, 葛西辰雄: 四国植防, 6, 81-87 (1971).
- 5) 佐々木善隆, 尾崎幸三郎: 防虫科学, 41, 177-180 (1976).
- 6) 大熊 徹, 尾崎幸三郎: 四国植防, 4, 45-49 (1968).
- 7) 尾崎幸三郎, 佐々木善隆, 上田 実: 防虫科学, 38, 216-221 (1973).

## Summary

The smaller brown planthopper population collected from Yoshioka, Kannonji, Kagawa Prefecture in 1970 was selected successively with diazinon, NAC, BPMC (2-sec-buthylphenyl N-methylcarbamate) and mixtures of diazinon and NAC (DN) or BPMC (DB) and NAC and BPMC (NB) in the mixed at ratio of 1:1. Fourth and fifth inster larvae were selected at 70-75% mortality. The results obtained were as follows;

1) The Yoshioka population was as susceptible as the susceptible strain to NAC and BPMC, but smaller increase in the tolerance to diazinon was found. Toxicities of DN, DB and NB to the Yoshioka population were rather lower than that of chemicals of diazinon, NAC and BPMC.

2) Tolerance to diazinon during the first eight generations of selection with diazinon was slightly

increased, but the tolerance varied to the lower levels during 20 generations of selection.

3) The  $F_{12}$  generation selected with BPMC showed a 5.5-fold resistance to BPMC, but the resistance did not increase to further selection until 20 generations.

4) No change in the  $LD_{50}$  values to NAC was found during first five generations of selection with NAC. Thereafter the tolerance to NAC was slightly increased by successive selections.

5) The  $LD_{50}$  values to DN, DB and NB did not change significantly during selection for 15

generations with DN, for 18 ones with DB and for 21 ones with NB, respectively. When selected for 10 generations with DB, the tolerance to diazinon and BPMC caused about 2- and 4-fold increase respectively. The  $LD_{50}$  values to NAC did not change significantly during selection for 21 generations with NB. While smaller increase in the tolerance to BPMC was found, but degree of the increase of tolerance to BPMC was lower in the selection with NB than that in the case of successive selection with BPMC.

**Electroantennograms and Behavioral Response of the Termite *Coptotermes formosanus* (Shiraki) to the Extracts of Fungus Infected Wood and Fungus Mycelium.** MINORU YAMADA (Fishery Laboratory, Nagoya University, Nagoya) and HARUO MATSUO\* (Wood Research Institute, Kyoto University, Uji, Kyoto) Received May 31, 1976. *Botyu-Kagaku*, 41, 185, 1976.

29. 腐朽材ならびに菌体抽出液などに対するイエシロアリの行動と EAG 山田 稔 (名古屋大学農学部水産学教室) 松尾治夫 (京都大学木材研究所木材生物部門) 51. 5. 31 受理

今までシロアリの EAG に関する報文はなかった。本報では、イエシロアリの珠数状触角に電極をさし込んで、腐朽材ならびに菌体抽出液などに対する触角の感応を電気生理学的に捉え、これと行動(とくに、道しるべ反応)との関連性を調べた。EAG における脱分極の大きさは、道しるべ反応の大きさと相関性はなかったようだが、忌避反応との相関性はかなりあった。

The current trend toward minimizing the use of insecticides has led to an increased interest in the use of insect attractants and repellents for pest control. Contributions toward the elucidation of the olfactory mechanism of insects are needed to facilitate the finding and effective use of these behavior-manipulating odorous chemicals. Recently, the trail-following activity of extracts from fungus-infected wood and fungus mycelium was examined<sup>1)</sup>. Results of these studies showed that some extracts were attractive to the termite *Coptotermes formosanus* (Shiraki), and the other extracts were repellent to the termite.

Accordingly, the work to be reported here is an attempt to compare the effect of extract fractions on antennal responsiveness with whole organism (behavioral) responsiveness.

#### Material and Methods

The worker termites *Coptotermes formosanus*, bred in the laboratory, were used.

\* Please address correspondence to H. Matsuo

#### Electrophysiological preparation:

The antenna (Fig. 1) of the living insect was fixed mechanically with wax so that recording was possible with circulatory and respiratory systems as intact as possible. The EAG recordings were essentially the same as in earlier



Fig. 1. The antenna of the worker termite, *Coptotermes formosanus*, observed by scanning electron microscope ( $\times 100$ ).