

on pine tree, *Pinus Thunbergii* against the infestation of pine tree wood boring insects from the point of view of forest protection.

Since forest chemical control involves specificity in control, we first introduced a hot aerosol generator, Swingfog SN-7 made in West Germany.

Test forest area was prepared in the Chikura, Chiba Prefecture in Japan with a high population of pine tree wood borers.

Application types of insecticides used were oil mixtures and emulsifiable concentrates containing DDVP, gamma-BHC and Ethylene dibromide or ortho-Dichloro-benzene. These formulations made from the view point of the joint toxic action among insecticides.

Control machines used were Swingfog SN-7 and Knapsack-type mist engine sprayer. Fogging method using Swingfog was found to be more effective in steep sloping area of wide mountain forest than mist engine sprayer from the viewpoint of practical convenience.

The period of application of insecticidal treatments was July 17 to 18 th, 1963.

The reason for selecting this season for application was that due primarily to the recognized high outbreak of the Japanese pine weevil, *Shirahoshizo rufescens*, low water content of pine bark and low tree resin secretion.

Amounts of insecticidal kerosene solution were 15l, 20l and 30l/10a. for fog, and 30l and 60l/10a

for mist spraying. The adults of the cowpea weevil, *Callosobruchus chinensis* set in the test forest as indicator insect, were knocked down and dead.

Many insects belonging to various orders were knocked down in cotton netting in the test forest by applying the insecticides. Adults of pine tree wood boring insects were found in this cotton netting. Number of wood boring insects in the test forest was estimated as follows: *Cryphalus fulvus* 1,710 to 760, *Shirahoshizo rufescens* 760 to 190. It may be considered that population of insect pests decreased in the area of experiment-forest as a result of these chemical control.

Observation of trapping logs of pine tree proved to be decreasing population density of the insects.

A mixture among three or more active insecticides was more effective than a mixture between two components. It was practical method to fog joint formulation containing DDVP, gamma-BHC, Ethylene dibromide and ortho-Dichloro-benzene.

The conclusion of which we drew from these tests was that fogging method using Swingfog can be practically applied for the dynamic protection of fresh pine forest. Fog solution for fresh pine forest and mist spraying for dry dead tree and oil and mist solution of insecticidal formulations for cut dry dead logs are also useful instead of simple cutting and burning of dry dead logs.

Some notes on Sevin-resistance in the house fly, *Musca domestica domestica* and *M. domestica vicina*. Studies on Insect Resistance to Insecticides. 2. Hajime IKEMOTO (Ihara Agricultural Chemicals Institute, Shimidzu.: Present Adress, Department of Agricultural Chemistry, Faculty of Agriculture, Nagoya University, Anjo.) Received Oct. 31, 1964, *Botyu-Kagaku*, 29, 68, 1964. (with English summary, 72.)

14. イエバエの Sevin 抵抗性 昆虫の殺虫剤抵抗性に関する研究 (第2報)* 池本 始** (イハラ 農薬研究所) 39. 10. 31 受理

Sevin 抵抗性イエバエは塩素系殺虫剤, 有機燐系殺虫剤, ピレトリン系殺虫剤およびおなじカーバメイト系殺虫剤に属する *m*-isopropylphenyl N-methylcarbamate にも交叉抵抗性をしめさなかつた。

今後カーバメイト系殺虫剤の使用は増大するものと考えられる。当然、使用の増大にともない抵抗性の発達をもたらすとおもわれる。カーバメイト系殺虫剤に

たいする抵抗性昆虫がほかの有機殺虫剤にたいしどのような交叉抵抗性をしめすかを究明することは抵抗性昆虫の防除にあたりきわめて重要なことである。

* 本報告の概要は昭和38年12月2日、日本応用動物昆虫学会東海支部第4回例会で発表した。

** 現在：名古屋大学農学部農芸化学教室

今迄、カーバメイト系殺虫剤についてこの方面に関する研究は少ない。著者はイエバエの2系統をつかつて Sevin にたいする抵抗性の発達様式および育成された Sevin 抵抗性イエバエのほかの有機殺虫剤にたいする感受性の程度をしらべたので報告する。

実験材料および方法

当研究所で飼育されている高槻系イエバエ (*Musca domestica vicina*) およびいわゆる感受性イエバエといわれている SCR (*M. domestica domestica*) を用いた。羽化後8~24時間目の成虫に雌雄それぞれ10%から30%の生存率がえられる濃度の薬液を滴下処理し、生きのこった成虫に交尾・産卵させて次代をえる方法をくりかえした。なお、成虫1匹あたり100 μ g以上を滴下処理しても、処理薬量にたいする吸収量は限界以上にたつているとおもわれるので、100 μ g処理で高槻系イエバエの場合雌はF₃から、雄はF₂から生存率はそれぞれ50%および40%をこえ、SCRの場合

合、雌はF₃から生存率は30%をこえたが、1匹あたり100 μ g以上の処理はしなかつた。

淘汰にはエチルアルコールで再結した融点141~142°CのSevinを使用した。なお、交叉抵抗性(耐性)の調査には前報に記載した殺虫剤²⁾を使用した。高槻系イエバエの場合、Parathion および Sumithion はいわゆる research grade のものを用いた。なお、各殺虫剤にたいするLD₅₀は油本³⁾にしたがつてもとめた。

実験結果

a) 抵抗性の発達：高槻系イエバエにおける抵抗性の発達様式はFig. 1 にしめすとおりである。

すなわち、F₁で雌はLD₅₀で約1.7倍ほど tolerance を増加し、しかも1匹あたり20 μ gから100 μ gの処理をしても最大致死率は67%をこえなかつた。F₂, F₃と世代をかさねるにしたがい次第に抵抗性を増加してゆきF₃では1匹あたり100 μ gの処理で約45%の致死率

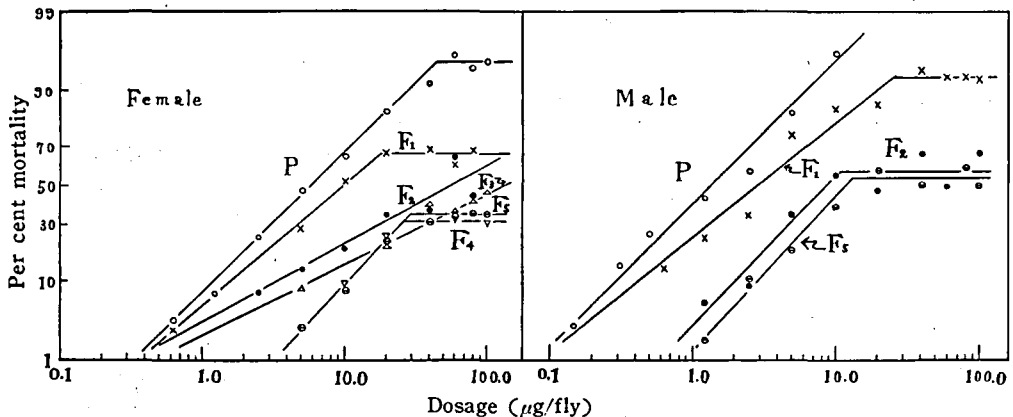


Fig. 1 Dosage mortality regression lines indicating development of Sevin-resistance in the "Takatsuki" strain of the house fly, *Musca domestica vicina*.

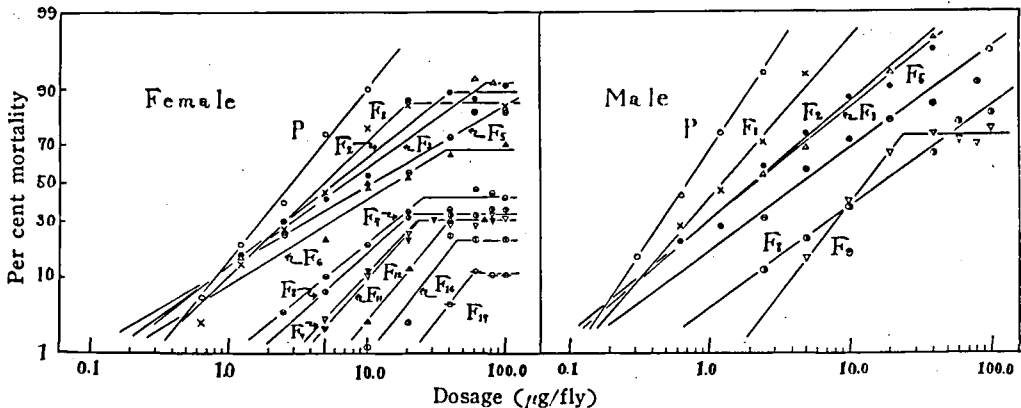


Fig. 2 Dosage mortality regression lines indicating development of Sevin-resistance in the "SCR" strain of the house fly, *Musca domestica domestica*.

しかしめさないうになった。そして、この間に薬量一致致死率回帰直線の傾斜は次第にゆるやかになつていった。F₄で薬量一致致死率回帰直線の傾斜はもとにもどり、30 μ g以上処理しても32%以上の致死率はしめさなかつた。以後14世代ほど淘汰をつづけたが、この値はほとんどかわらなかつたので抵抗性の発達はほぼ平衡にたつたものと考えられる。雄ではF₂で抵抗性の発達はほぼ平衡にたつたが、薬量一致致死率回帰直線は雌とおなじ傾向をしめた。

SCRにおける抵抗性の発達様式はFig. 2にしめされるとおりである。

すなわち、雌はLD₅₀で2倍ほどのtoleranceを増加し、しかも1匹あたり20 μ gから100 μ gの処理をしても最大致死率は86%をこえなかつた。F₆でLD₅₀で約5倍ほどになり、40 μ gから100 μ gを処理しても最大致死率は68%をこえないうになつた。この間、薬量一致致死率回帰直線は次第にゆるやかになつていった。F₇で1匹あたり28 μ gから100 μ gの処理をしても最大致死率は42%をこえないうになつた。そしてF₇からF₁₂にわたつて薬量一致致死率回帰直線の傾斜は次第にもとにもどつていった。以後、薬量一致致死率回帰直線は平行のまますすんでいった。そしてF₁₇で抵抗性の発達は平衡にたつた。その後10代ほど淘汰をつづけたが抵抗性は発達しなかつた。1匹あたり60 μ gから100 μ gの処理で最大致死率は13%をこえなかつた。雄も雌と同様の薬量一致致死率回帰直線をしめしながら抵抗性を獲得していった。F₉でLD₅₀は19倍余になり、1匹あたり26 μ gから100 μ gの処理をしても最大致死率は74%をこえないうになつた。以後18代ほど淘汰をつづけたが、この値はほとんどかわらなかつた。抵抗性の発達は平衡にたつたとおもわれる。

b) 交叉抵抗性: Sevin抵抗性イエバエの他の有機殺虫剤にたいする感受性の程度をしらべた。

高槻系イエバエの場合は第1表にしめされるとおりである。カーバメイト系殺虫剤のAC 5727には雌が1.5倍、雄が2.4倍のtoleranceをしめしたにすぎない。塩素系殺虫剤のMethoxychlorには雌が4.4倍、雄が5.7倍ほどつよくなつたが、ほかの塩素系殺虫剤、DDT, Lindane, Dieldrinには1.2倍から3.2倍のひくいtoleranceをしめしたにすぎない。有機磷系殺虫剤のParathion, Sumithion, Malathion, Dimethoate, Dipterexにたいしても1~3.2倍のtoleranceをしめしたにすぎない。

SCRの場合は第2表にしめされるとおりである。AC 5727には雌が2.7倍、雄が1.7倍のtoleranceをしめしたにすぎない。塩素系殺虫剤にたいしてはほとんどかわらない。MethoxychlorにたいしてはSevin抵抗性イエバエの方がむしろ感受性系統よりもひくい

LD₅₀をしめた。有機磷系殺虫剤および α -dl-trans-allevthrinにたいしても感受性イエバエとほとんどかわらない。

考 察

イエバエはSevinにたいしては10代で18倍以上、*m*-tert-butylphenyl N-methylcarbamateにたいしては16代で13倍以上の抵抗性をしめたが、後者の近縁化合物であるAC 5727にたいしては両者よりも3~4倍の殺虫力をしめし67代も淘汰されても8倍ほど抵抗性をましたにすぎない(Moorefield³⁾). naturally toleranceをしめす殺虫剤ほどはやく抵抗性が獲得されうと考えられた。本実験に用いられたイエバエもSevinにたいしてはやく抵抗性を獲得したが、そのおもな原因として前述したようなことが考えられるであらう。

さて、本実験でふつうSevin抵抗性イエバエは塩素系殺虫剤、有機磷系殺虫剤、ピレトリン系殺虫剤およびカーバメイト系殺虫剤のAC 5727には交叉抵抗性をしめさないことがしめされた。Hoskins⁴⁾によるとSevin抵抗性イエバエはDDTにたいしてよわい抵抗性をしめすが、Moorefield³⁾も本実験とおなじようにDDTにたいして交叉抵抗性をしめさないことを報告した。Sevin抵抗性の高槻系イエバエ(雄)はMethoxychlorにたいしよわい交叉抵抗性をしめたが、SCRでは抵抗性の方がむしろひくいLD₅₀をしめた。Sevin抵抗性イエバエはある塩素系殺虫剤にたいして交叉抵抗性をしめすることがあつても、その程度はひくく、ふつう塩素系殺虫剤にたいして交叉抵抗性をしめさないものと考えられる。使用された有機磷系殺虫剤の数は少いが、Moorefield³⁾, Hoskins⁴⁾もSevin抵抗性イエバエはそれぞれDiazinon, Parathionにたいして交叉抵抗性をしめさないことを報告している。Sevin抵抗性イエバエは有機磷系殺虫剤にたいして交叉抵抗性をしめさないとおもわれる。カーバメイト系殺虫剤については*m*-isopropylphenyl N-methylcarbamateしかしらべる機会をもたなかつた。Moorefield³⁾によつて淘汰されたSevin抵抗性イエバエも高槻系イエバエおよびSCRの場合と同様に*m*-isopropylphenyl N-methylcarbamateにひくいtoleranceをしめしたにすぎない。そしてこの系統は*m*-tert-butylphenyl N-methylcarbamateには12.8倍以上の交叉抵抗性をしめし、IsolanおよびPyrolanにはひくいtoleranceをしめしたにすぎない。また、Hoskins⁴⁾もSevin抵抗性イエバエはDimetilan, Isolan, Pyrolanに3~4.3倍のtoleranceをしめすにすぎないことを報告している。Sevin抵抗性イエバエはヘテロ環式カーバメイトにたいして交叉

Table 1. Cross resistance in a Sevin-resistant strain of the House fly, *Musca domestica vicina* (Takatsuki).

Insecticides	LD ₅₀ (μ g/fly-topical application)			
	susceptible		resistant	
	♀	♂	♀	♂
<i>Carbamates</i>				
Sevin	4.53	1.46	>100.0	≥10.0
AC 5727 (UC 10854)*	1.73	0.307	2.67	0.74
<i>Hydrochlorinates</i>				
DDT	10.0	4.0	13.0	4.6
Methoxychlor	1.938	0.568	8.70	3.25
Lindane	0.581	0.13	1.06	0.41
Dieldrin	0.135		0.175	
<i>Organic phosphates</i>				
Parathion	0.048	0.024	0.151	0.056
Sumithion	0.086	0.048	0.179	0.083
Malathion	0.225	0.106	0.570	0.159
Dimethoate	0.018	0.010	0.021	0.011
Dipterex	0.042	0.038	0.086	0.069

* *m*-isopropylphenyl N-methylcarbamateTable 2. Cross resistance in a Sevin-resistant strain of the House fly, *Musca domestica domestica* (SCR).

Insecticides	LD ₅₀ (μ g/fly-topical application)			
	susceptible		resistant	
	♀	♂	♀	♂
<i>Carbamates</i>				
Sevin	2.92	0.71	>100.0	15.5
AC 5727 (UC 10854)	0.645	0.21	1.72	0.359
<i>Hydrochlorinates</i>				
DDT	0.25		0.300	
DFDT	0.37	0.18	0.337	0.182
DTDT	0.907	0.437	1.1	0.64
Methoxychlor	0.406	0.181	0.251	0.149
DDD	0.700	0.321	0.742	0.312
Isodrin	0.033		0.035	
<i>Organic phosphates</i>				
Methyl parathion	0.014	0.009	0.037	0.018
Dimethoate	0.01	0.007	0.009	0.007
Dipterex	0.019	0.009	0.018	0.009
EPN	0.04	0.02	0.053	0.023
DDVP	>0.007	>0.007	>0.007	>0.007
<i>Pyrethroid</i>				
α -dl-trans-allethrin	1.33	1.11	1.5	0.75

抵抗性をしめさないようにおもわれる。使用されている置換 phenyl N-methylcarbamate の数は非常に少ないので、Sevin 抵抗性イエバエが置換 phenyl N-methylcarbamate にたいしてどのような感受性をしめすのかあきらかでない。なお、Sevin に構造のよく似た 1-naphtyl N-dimethylcarbamate にたいする感受性の程度をしらべた報告はみあたらない。両者は mono-methyl か、di-methyl の違いにすぎない。mono-methyl, di-methyl によつて感受性の程度が違うかどうか将来あきらかにされねばならない。

さて、Georghiou⁹⁾によると AC 5727 に抵抗性のイエバエは Sevin, phenyl N-dimethylcarbamate, 置換 phenyl N-methylcarbamate にたいして高度の交叉抵抗性をしめし、ヘテロ環式カーバメイトにたいする交叉抵抗性の水準は生化学的に限定されており、塩素系殺虫剤にたいしてもいちぢるしく高度の交叉抵抗性をしめし、有機燐系殺虫剤にはひくい tolerance をしめしたり、かなりの交叉抵抗性をしめしたりする。そしてピレトリン系殺虫剤にたいしては tolerance の程度にすぎない。Isolan 抵抗性イエバエもほかの殺虫剤にたいして AC 5727 抵抗性イエバエとおなじような感受性をしめす。このように Sevin 抵抗性イエバエは AC 5727 抵抗性イエバエおよび Isolan 抵抗性イエバエと交叉抵抗性の点でいちぢるしくことなる。

ほかのカーバメイト系殺虫剤に抵抗性をしめすイエバエも AC 5727, Isolan 各抵抗性イエバエとおなじような交叉抵抗性をしめすかどうかはあきらかでない。Moorefield³⁾によると *m-tert-butylphenyl N-methylcarbamate* 抵抗性イエバエは Sevin には高度の交叉抵抗性をしめすが、AC 5727, Isolan, Pyloran には 1.7~3.9 倍の tolerance をしめすにすぎない。有機燐系殺虫剤および塩素系殺虫剤にたいする感受性の程度はしらべられていない。

カーバメイト系殺虫剤の抵抗性に関する研究はまだ端緒についたばかりで、今後いろいろと研究されねばならないが、イエバエの Sevin にたいする抵抗性の発達はかなりはやく、Sevin 抵抗性イエバエは交叉抵抗性の点で AC 5727, Isolan 各抵抗性イエバエといちぢるしくことなるようにおもわれる。

要 約

1) 高槻系イエバエ *Musca domestica vicina* および SCR 系イエバエ *M. domestica domestica* をつかつて Sevin で淘汰をころみところ、かなりはやく抵抗性を獲得した。

2) Sevin 抵抗性イエバエは塩素系殺虫剤、有機燐系殺虫剤、ピレトリン系殺虫剤およびおなじカーバメイト系殺虫剤に属する *m-isopropylphenyl N-methyl-*

carbamate にも交叉抵抗性をしめさなかつた。

3) 前述の結果とこれ迄に発表されたデータにもとづき、交叉抵抗性の点で、Sevin 抵抗性イエバエは *m-isopropylphenyl N-methylcarbamate* 抵抗性イエバエおよび Isolan 抵抗性イエバエといちぢるしくことなることをみとめた。

文 献

- 1) 池本 始：防虫科学, 29, 59 (1964)
- 2) 池本 始：防虫科学, 27, 76 (1962)
- 3) MOOREFIELD, H. H.: *Misc. Publ. Ent. Soc. Amer.*, 2, 145 (1960)
- 4) HOSKINS, W. M., NAGASAWA, S.: 防虫科学, 26, 115 (1961)
- 5) GEORGIHOU, G. P.: *J. Econ. Ent.* 55, 494 (1962)

Summary

An attempt has been made under laboratory conditions to obtain Sevin-resistant strain of the house fly *Musca domestica* using two different strains of SCR and Takatsuki, respectively.

Selections were accomplished by the topical application of acetone solutions of Sevin to these house flies of both sexes, respectively. Selection pressure was maintained by varying the dose as that 10% to 30% of the flies can survive to propagate the next generation.

In the case of "Takatsuki" strain of *M. domestica*, before the Sevin-pressure, the LD₅₀ of this strain for Sevin was 4.53 μg/♀. With Sevin-pressure for three generations, Sevin-resistance developed to the extent that the maximum mortality does not exceed 32% with dosage more than 30 μg.

In the case of "SCR" strain of *M. domestica* before the Sevin-pressure, the LD₅₀ of this strain for Sevin was 2.92 μg/♀. With Sevin-pressure for sixteen generations, Sevin-resistance developed to the extent where the maximum mortality does not exceed 13% with dosage more than 60 μg.

Two Sevin-resistant strains of the house fly generally showed no cross resistance to *m-isopropylphenyl N-methylcarbamate*, hydrochlorinated insecticides, organic phosphate insecticides. And Sevin-resistant strain of *M. domestica* (SCR) also showed no cross resistance to α -dl-trans-allothrin.

Georghiou has shown that the house fly strains

being resistant to *m*-isopropylphenyl N-methylcarbamate and Isolan exhibit following level of cross resistance to each compound; namely, high levels of cross resistance to substituted alkyl- and alkoxyphenyl N-methyl and N,N-dimethylcarbamates, biochemically limited cross resistance to certain heterocyclic carbamates, high levels of cross resistance to hydrochlorinated insecticides, limited cross tolerance or cross resistance to

organic phosphate insecticides peculiar to each compound, and cross tolerance to allethrin.

Cross resistance spectrum of Sevin-resistant house fly are significantly different to that of the house fly strains resistant to *m*-isopropylphenyl N-methylcarbamate and Isolan.

From the result mentioned above, it may be concluded at this point that carbamate insecticides are divided into two groups and/or more.

Joint Toxic Action of Mixtures between Lindane and Hercules 5727 against the Common House Fly. Studies on the Biological Assay of Insecticides. XLIII. Sumio NAGASAWA and Michiyo SHIBA (Ihara Agricultural Chemicals Institute, Shimizu). Received Oct. 31, 1964. *Botyu-Kagaku*, 29, 73, 1964.

15. Lindane と Hercules 5727 のイエバエにたいする連合作用毒性 殺虫剤の生物試験に関する研究 第43報 長沢純夫・柴三千代(イハラ農薬研究所) 39. 10. 31 受理

Lindane と Hercules 5727 のイエバエの成虫に対する連合作用毒性は致死に関して相乗効果をしめした。なお両薬物の混合比は 3.7 : 2.3 としたときに最大の致死効果がえられるものと推定された。

There are two basic purposes for which insecticides could be used in mixtures. First, they might be mixed to reduce labour by increasing the number of insect pest species or the number of developmental stages controlled by a single application, and second, to obtain an improved level of control utilizing the synergistic joint toxic action arising between insecticides. Although synergism is not common in insecticide combinations, the writers wish to report a simple synergistic type of toxic action found between lindane and Hercules 5727 against the common house fly.

Materials and Methods

Insect: The so-called "Takatsuki" strain of the common house fly, *Musca domestica vicina* Macquardt, was used in these experiments. The larvae were reared on the culture media prepared with the residual product of "tofu" making and the adults were given sugar and water as their diet.

Insecticides: The sample of lindane used was of technical grade containing > 99% of gamma isomer. The research grade sample of Hercules 5727 (N-methyl *m*-isopropylphenyl carbamate, sample number XA 24-122-2) used was obtained

from the Agricultural Chemicals Laboratory of Hercules Powder Co. in February, 1962. Mixing ratios between these chemicals adopted for the present experiments were 6:0, 5:1, 4:2, 3:3, 2:4, 1:5, and 0:6. The highest concentration 1 μ g/mm³ of solutions of these insecticides and mixtures were prepared with acetone and then diluted with acetone to form logarithmically spaced series in which each concentration was multiplied by 2 to obtain the next lower concentration.

Method of testing: Flies were lightly anaesthetized with carbon dioxide and sexed. Female adults, in groups of about 40 individuals, were kept separately in glass vials, 9cm in diameter and 7cm high, with diluted milk. Just prior to the application of insecticides, the flies were slightly anaesthetized again with carbon dioxide. One mm³ of acetone solution of lindane or Hercules 5727, or mixtures of these two insecticides, was applied topically to the notum of the house fly using a micrometer driven syringe. Acetone alone was applied as the control. After treatment the flies were returned to the same vial with diluted milk. Mortality determinations were made at 24 hours after treatment. Rearing and testing were carried out in a room maintained at 25°C and 70% relative humidity. The duration