

초파리의 增殖에 미치는 DDT의 영향

姜 永 善 · 李 廷 珠

(서울대 文理大 動物學教室)

Effects of DDT on the Breeding of Fruit-flies, *Drosophila melanogaster*.

KANG, Yung Sun and LEE, Chung Choo

(Dept. of Zoology, College of Liberal Arts and Sciences, Seoul National University)

(1962年 4月 8日 接受)

SUMMARY

For the purpose of examining DDT influences to fruit-flies, *Drosophila melanogaster*, authors observed the number of eggs laid and hatching rate of them treated with various concentrations of DDT.

The results obtained were summarized as follows:

1. There was a significant difference between treated and non-treated groups in the number of eggs laid
2. The number of eggs laid in the treated groups was gradually decreased as the DDT-concentration increases.
3. The hatching rate of the treated larvae was not significantly different from that of the non-treated, while a distinct difference between treated group and non-treated one was seen when DDT treatment was given to the adults.
4. The average number of eggs laid by a non-treated fly for 15 days was 216. The curves for the number of eggs laid in both the treated and non-treated groups for 15 days revealed almost similar patterns, although the treated groups laid the largest number of eggs in the fourth day, while in the non-treated one it is seen in the sixth day after counting eggs.

序 論

各種 殺虫劑의 散布量이 增加됨에 따라서 모든 昆虫이 抵抗性을 얻게 되는 事實은 잘 알려져 있으며 昆虫에 미치는 生態學的 影響은 重大한 問題로 되어 왔다.

1956年 Durham, Cueto 등은 DDT 代謝에 관한 糞몬의 影響에 대하여 報告한바 있으며, 1961年 Menzel, Smith 등은 *Drosophila melanogaster*를 材料로 DDT의 體內代謝와 그 代謝物質의 檢出을 報告하였다. 殺虫劑에 의한 抵抗性에 관한 研究는 遺傳學的 面에서 King, Crow, Oshima, Weiner, Tsukamoto, Mori, Yanagizima, Suzuki 등 여러 學者의 報告가 있다.

Yanagizima, Mori 등은 *Drosophila melanogaster*

의 幼虫에 $CuSO_4$ 를 處理하고 그 個體의 發育, 產卵率, 孵化率등을 調查 報告하였다. 그러나 DDT와 같이 널리 使用되고 있는 殺虫劑가 초파리의 增殖에 미치는 影響에 대한 報告는 없다. 筆者는 殺虫劑로서 널리 알려진 DDT를 *Drosophila melanogaster*의 幼虫과 成虫에 각각 處理한 후에 殺虫劑가 초파리의 增殖에 미치는 影響으로 產卵數와 孵化率을 調查하여 그 結果를 報告하는 바이다.

材料와 方法

實驗材料는 서울大學校 文理科學大學 動物學科에서 飼育해 온, 전혀 DDT나 그밖의 殺虫劑에 接觸한 經驗이 없는 *Drosophila melanogaster*, Seoul strain의 幼虫

과 成虫을 使用하였고 處置材料에 따라서 幼虫處置 實驗을 實驗1, 成虫處置 實驗을 實驗2로 나누었다.

實驗 1.

Standard corn meal food에서 飼育한 *Drosophila melanogaster*, Seoul strain의 第二期 幼虫을 얻어 對照區와 3處置區에 각각 200個體씩 넣어 羽化시켰으며 處置濃度는 5 γ /cc, 15 γ /cc, 30 γ /cc로서 培地 1cc當 含有된 DDT의 量으로 表示 하였고 DDT는 acetone으로 溶解시켜 使用하였다. 여기서 羽化된 成虫은 하루 經過된 것을 擇하여 對照區와 處置區에 각각 4實驗區를 두고 corn meal food에서 産卵시켰다. 産卵된 알의 數는 每日 定한 時間에 調査하였고 孵化率의 調査는 産卵數를 調査한 다음 다시 48時間 經過후 幼虫數를 調査하여 産卵數에 대한 幼虫數의 百分率로 表示하였다.

産卵數는 表1, 孵化率은 表4에서 각각 보여주고 있다.

實驗 2.

Standard corn meal food에서 羽化된 成虫을 24時間 以內에 얻어 DDT 溶液을 濾過紙에 吸收시켜 直徑 3.5cm, 길이 14cm인 管狀에 말아넣고, 여기에 實驗材料를 넣어 60分間 接觸處置시킨 후 正常培地에 옮겨 24時間 후에 生存한 材料를 얻어 産卵시켰다. 處置濃度는 400 γ /cm², 800 γ /cm², 1200 γ /cm²로 하였고 濾過紙 1cm²當 含有된 DDT의 量으로 表示하였다. 對照區는 acetone만을 吸收시켰다. 産卵數와 孵化率의 調査는 實驗1과 같은 方法으로 實施하였다. 實驗溫度는 24±1°C였고 使用된 殺虫劑는 P, P'-DDT, E. S. A. standard technical grade 100%이며 各 處置實驗에서 얻은 殺虫率은 다음과 같다.

Summary of mortalities of fruit-flies as observed in No. 1 & No. 2 DDT treated experiment.

DDT Concentration	A	B	C	D
No. 1	6%	13%	24%	28%
No. 2	0%	21%	40%	51%

No. 1. A: non-treated group
B: 5 γ /cc
C: 15 γ /cc
D: 30 γ /cc

No. 2. A: non-treated group
B: 400 γ /cm²
C: 800 γ /cm²
D: 1200 γ /cm²

No. 1 Experiment: Larvae treated with DDT.
No. 2 Experiment: Adults treated with DDT.

實驗 2의 産卵數는 表5, 孵化率은 表3에 각각 表示되고 있다.

結果와 檢討

實驗 1.

幼虫處置에서 羽化된 成虫이 15日間 産卵한 알을 集計한 結果는 表1과 같다. 15日間 個體當 平均 産卵數는 對照區에서 218.1개, B에서 164.2개, C區 146.3개, D區 138.5개로 對照區에서 가장 많은 數를 보이며 處置區는 處置濃度가 높아짐에 따라 産卵數는 漸次로 減少됨을 알수 있다. 表1에서 各 處置區 사이의 産卵數差에 대한 有意性 檢定을 하기위하여 分散分析을 하였다.

Table 1. The number of eggs laid in each treated group during 15 days. (No. 1 Experiment)

E.	T.	A	B	C	D
1		451	311	286	290
2		440	328	302	282
3		431	349	289	264
4		423	326	292	272
Total		1745	1314	1169	1198
Average per female		218.1	164.2	146.3	138.5

T: treated group.

E: experiment group.

Table 2. Analysis of variance between treated groups. (No. 1 Experiment)

Source of Variation	S. S.	df	M. S.	F
Treated group	61905.5	3	20635.16	123.4***
Experiment group	195.5	3	65.16	9.38
Residual	1505	9	167.22	—
Total	63606	15	—	—

df: Degree of Freedom.

*** Very significant

S. S. : Sum of Squares.

** Significant

M. S. : Mean of Squares.

分散分析에서 F값이 123.4가 됨으로 實驗 1의 産卵數의 差는 各 處置區 사이에 高度의 有意性이 있다고 認定된다.

한편 T-test로서 各 處置區 사이의 有意性差를 檢定한 結果는 表3에 表示한 바와 같다.

Table 3. T-test to the different values between each treated groups. (No. 1 Experiment)

Exp. group	A	B	X=A-B	X ²	T	P
1	451	311	140	19600	8.75	*** P<0.01
2	440	328	112	12544		
3	431	349	82	6724		
4	423	326	97	9409		
Total	1715	1314	431	48277		
Average	441.2	328.5	$\bar{x}=107.7$			

Exp. group	B	C	X=B-C	X ²	T	P
1	311	286	25	625	4.19	** P=0.02
2	328	302	26	676		
3	349	289	60	3600		
4	326	292	34	1156		
Total	1314	1169	145	6057		
Average	328.5	292.2	$\bar{x}=36.2$			

Exp. group	C	D	X=C-D	X ²	T	P
1	286	290	-4	16	2.33	P>0.05
2	302	282	20	400		
3	289	261	28	784		
4	292	272	20	400		
Total	1169	1108	61	1981		
Average	292.2	277.0	$\bar{x}=15.2$			

T-test 결과 A~B, B~C 사이에는 有意함을 나타내며 C~D 사이에는 5%를 약간 넘는 수준의 T값을 나타내므로 그 차를 認定할 수는 없다.

孵化率は 産卵調査후 48시간을 經過한 후에 나타난 幼虫에서 얻었다. 각 處理區와 對照區의 孵化率을 表에 表示하였다.

Table 4. The hatching rates of the treated and control groups. (No. 1 Experiment)

E \ T	L/E			
	A	B	C	D
1	Larvae/Egg 379/451	Larvae/Egg 260/311	Larvae/Egg 242/286	Larvae/Egg 253/290
2	394/440	285/328	251/302	223/283
3	374/431	275/349	262/289	228/264
4	342/423	293/326	262/292	175/272
Total	1500/1745	1113/1314	1017/1169	877/1108
%	85.9	84.4	86.4	79.1

T: treated group.
E: experiment group.

表4에서와 같이 對照區와 處理區 사이에는 別差가 없고 處理區에서도 對照區의 85.9%와 비슷한 率을 보인다.

實驗 2.

成虫에 DDT를 接觸處理시킨 후 24時間 經過한 다음 生存한 個體를 選擇하여 對照區와 處理區에 5實驗區를 두고 15日 사이에 一定한 時間을 定하여 卵數를 調査한 結果를 表5에 나타냈다.

Table 5. The number of eggs laid in each treated group during 15 days. (No. 2 Experiment)

E.	T.	A	B	C	D
	1	409	309	285	267
2	426	317	257	253	
3	489	285	275	273	
4	423	309	254	237	
5	401	294	261	268	
Total	2139	1514	1332	1298	
Average per female	213.9	151.4	133.2	129.8	

T: treated group.
E: experiment group.

實驗 2도 實驗 1과 비슷한 結果를 보여주고 있다. 즉 對照區에서 個體當 平均이 213.9개이며 處理濃度가 增加함에 따라서 産卵數는 減少함을 알 수 있다. 實驗 2의 産卵數에 대한 對照區와 각 處理區 사이의 卵數差의 有意性 檢定을 하고자 分散分析을 하여 다음 結果를 얻었다.

Table 6. Analysis of variance between treated groups. (No. 2 Experiment)

Source of Variation	S. S.	df	M. S.	F
Treated group	91504.55	3	30501.51	78.63***
Experiment group	1391.30	4	347.82	0.89
Residual	4654.70	12	387.89	—
Total	97550.55	19	—	—

df: Degree of Freedom.
S. S.: Sum of Squares.
M. S.: Mean of Squares.

分散分析에 의하면 F값이 78.63으로 대단히 높은 有意性을 보인다. 즉 각 處理區 사이에는 顯著한 差가 있음을 認定할 수 있다. 한편 兩 處理區 사이의 有意性 檢定을 T-test로 본 結果는 表7과 같다.

Table 7. T-test to the different values between each treated groups. (No. 2 Experiment)

Exp. group	A	B	X=A-B	X ²	T	P
1	409	309	100	10,000		
2	426	317	109	11881		
3	480	285	195	38025		
4	423	309	114	12996		P<0.01***
5	401	294	107	11449	7.1	
Total	2139	1514	625	84351		
Average	427.8	302.8	$\bar{x}=125$			

Exp. group	B	C	X=B-C	X ²	T	P
1	309	285	24	576		
2	317	257	60	3600		
3	285	275	10	100		
4	309	254	55	3025		P=0.03**
5	294	261	33	1089	3.13	
Total	1514	1332	182	8390		
Average	302.8	266.4	$\bar{x}=36.4$			

Exp. group	C	D	X=C-D	X ²	T	P
1	285	276	9	81		
2	257	253	4	16		
3	275	273	2	4		
4	254	237	17	289		P>0.05
5	261	268	-7	49	1.2	
Total	1332	1298	25	439		
Average	266.4	259.6	$\bar{x}=5$			

***: Very significant. **: Significant.

T-test結果 A~B, B~C, 사이에는 대단히 높은 有意性을 나타내고 있으나 C~D 즉 800 γ /cm²와 1200 γ /cm²의 處理區 사이에는 T값이 5%를 넘게 나타나므로 無意하다고 보겠다. 그러나 濃度の 差가 크면 產卵數에 대한 差도 有意하게 나타날것으로 推測된다. 實驗 2에서 孵化率은 實驗 1과 同一한 方法으로 調査하여 15日間 集計한 結果는 表8과 같다.

Table 8. The hatching rates of the treated and control groups. (No. 2 Experiment)

T.	E. L/t			
	A	B	C	D
	Larvae/Egg	Larvae/Egg	Larvae/Egg	Larvae/Egg
1	356/409	281/309	230/285	215/276
2	371/426	285/317	202/257	190/253
3	425/480	260/285	227/275	237/273
4	381/423	246/309	232/254	195/237
5	355/401	230/294	214/261	238/268
Total	1908/2139	1308/1514	1105/1332	1075/1298
%	89.2	86.3	82.8	82.4

A~C:t=3.0 P=0.04 (significant)

A~D:t=2.5 P=0.07 (not significant)

T: treated group. E: experiment group.

實驗 2의 孵化率에 대한 對照區와 處理區 사이의 差는 A~C에서 有意히 A~D에서는 5% 차이를 넘어 無意한 結果를 얻었으나 實驗 1 보다 是한 差를 나타내고 있음을 알 수 있다. 實驗 2에서 產卵日 經過에 따르는 產卵分布圖는 圖 1과 같다. 產卵分布圖는 對照區와 處理區에서 각각 peak가 이루어는데 對照區는 제 5~6日 경에 생기며 각 處理區는 제 3~4日 경에 생기 對照區보다 약간 빨리 peak가 나타난다. 그리고 B, C, D 3區에서는 10日 경에 다시 제2 peak가 생기는 것을 볼 수 있다.

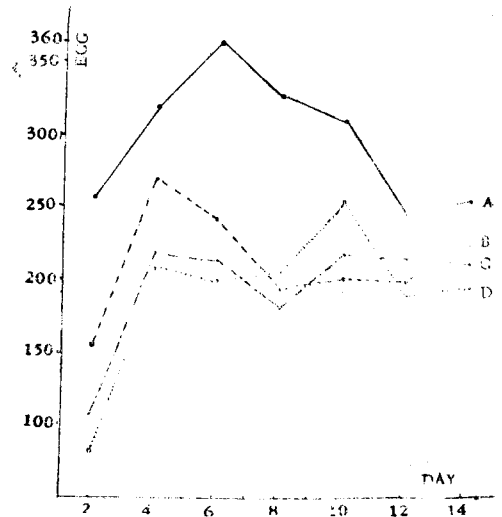


Fig 1. The curves drawing the number of eggs laid in beehs the treated and non-treated groups for 15 days. (No. 2 Experiment)

양實驗에서 產卵數와 孵化率의 結果를 檢討하면 다음과 같다.

첫째, 本實驗에서 *Drosophila melanogaster*의 幼虫과 成虫에 DDT를 處理한 結果 產卵數가 減少하는 現象을 나타내며 處理濃度가 增加한 수록 是한 減少를 보이고 있다. Yanagizima, Suzuki는 1959年 CuSO₄를 *Drosophila melanogaster* 幼虫에 處理한 實驗에서 處理時間이 긴 경우에 產卵數가 減少된다는 報告를 하여 一般적으로 藥劑의 處理로서 產卵數는 減少됨을 알게 되었다. 本實驗은 DDT處理가 產卵數의 減少를 일으키는 機作을 究明하는데까지는 가지 못하였다. 그러나 筆者 생각으로는 이 機作은 當然, DDT가 초파리의 生理的, 生化學的方面에 미치는 영향에 관한 研究로 究明될 줄 믿는다. 이 問題에 관하여 先人들의 業蹟을 綜合해 보면 1956年 Durham, Cueto등은 흰쥐(white rat)를 材料로 DDT代謝에 대한 糞便의 영향에 관한

연구에서 생물본인 Diethylbestrol (DES)은 DDT와 DDE [2, 2-bis(*p*-chlorophenyl)1, 1-dichloroethane]를 脂肪內에 多量 貯藏시키며, 한편 Testosterone-propionate (TP)는 少量 貯藏시킨다는 報告가 있다. 또 1959年 Tsukamoto, 1961年 Menzel, Smith 등은 DDT가 *Drosophila melanogaster* 體內에서 最初의 代謝物質로 Kelthane [2, 2-trichloro 1, 1-bis(*p*-chlorophenyl) ethanol]과, 그 밖에 DDE, DBP (*p*'-dichlorobenzophenone) 등, 감정할 수 없는 極性物質 (polar material) 도 存在한다는 報告를 한바 있다. 그런데 DDE, Kelthane, DBP 등은 모두 DDT의 近緣化合物로서 DDT보다 藥의 効果가 弱하나, 殘留殺虫劑로 그 効果가 오래 持續된다. 그런데 DDT는 分子內의 中央炭素原子 주변의 *p*-chlorophenyl과 trichloromethyl基의 염소原子가 立體的 位置를 달리 함으로서 그 毒性이 差가 생기는 것을 보아서 두 基의 염소原子 사이에 綜合作用으로 神經作用에 장애를 준다고 생각한다. 그러므로 DDT와 그 近緣化合物은 體內에 貯藏되어 徐徐히 神經作用의 장애를 일으켜 産卵에도 影響을 주는 것이 아닌가 推測할 程度이다.

둘째, 孵化率은 産卵數의 變化에 比하면 큰 影響이 없다고 보겠으나 약간의 減少傾向을 볼 수 있어 만약 處理濃度를 높이면 有意한 差를 얻을 수 있지 않을까 생각된다. 그리고 초파리는 여러번 交尾를 하나 最初의 交尾로서 4~5週日 사이에 産卵될 卵子和 受精이 可能함으로 成虫處理에서는 增殖에 대하여 큰 影響이 없다고도 幼虫處理에서도 孵化率에 比하면 結果를 나타내고 있어 숫것이 많것보다 産卵에 關係하여 影響이 적은 것으로 推測된다.

셋째, 對照區에서 1個體當 15日間 平均 産卵數는 215.7인데 産卵數의 變化는 food의 營養成分과도 깊은 關係가 있다. Yanagizima, Suzuki 등은 Pearl's medium에서 얻은 産卵數는 15日間 個體當 平均 120개로 報告한바 있다. 産卵分布는 對照區에서는 제 6日경 處理區에서는 제 4日경 각각 peak를 나타내고 전체 分布曲線은 一般적으로 비슷하다. 그런데 Yanagizima도 對照區와 處理區의 産卵曲線은 비슷한 모양을 보인다고 하였으나 그 peak는 제 2日경에 생기고 있다. 따라서 양 實驗의 差는 動物 strain의 差가 아니면 food가 相異하다는 대기 소는 것이 아닌가 생각된다.

要 約

本實驗은 DDT로 *Drosophila melanogaster* 幼虫과 成虫에 處理하고 그 個體들의 産卵數, 孵化率을 調査하여 다음과 같은 結果를 얻었다.

(1) 幼虫處理와 成虫處理에서 모두 對照區에 대하여 處理區는 産卵數가 減少되었다.

(2) 處理區에서는 處理濃度가 增加함에 따라 産卵數가 減少한다.

(3) 孵化率은 幼虫處理에서는 對照區와 處理區 사이에 뚜렷한 差는 없으나 成體處理區에서는 有意한 差를 볼 수 있어 DDT의 濃度가 增加하면 더한층 顯著한 差를 볼 수 있을 것으로 생각된다.

(4) 對照區에서 個體當 15日間 産卵數는 平均 216개이며 産卵分布曲線은 對照區와 處理區가 비슷한 모양을 보이거나 對照區는 제 6日경, 處理區는 제 4日경에 각각 peak를 나타낸다.

REFERENCES

- Berr, M. and J.H. Sang, 1950; A method for collecting and sterilizing large number of *Drosophila* eggs. *Sci.* 112; 11-12.
- Crow, J. F., 1954; The Genetics of resistance to DDT in *Drosophila melanogaster*. *Jour. Eco. Entomol.* Vol. 47, No. 3.
- Crow, J. F., 1956; Genetics of DDT resistance in the *Drosophila*. *Proc. International Genetic Symposia* 408-409.
- Durham, W. F., C. Cueto Jr. and W. J. Hayes Jr., 1956; Hormonal influence on DDT metabolism in the white rat. *Amer. Jour. Physiol.* 187; 373-377.
- Johnston, E. J., R. Bogart and A. W. Lindquist, 1954; The resistance to DDT by house-fly. *Jour. Hered.* 45; 177-182.
- King, J. C., 1953, The genetics of resistance to insecticides. *Rep. L. I. B. N. Ann. Rep.* 1-3.
- King, J. C., 1955; The genetics of resistance to insecticides. *Ann. Rep. Biol. Labor. Cold Spring Harbour.* 33-35.
- Kang, Y. S., Y. J. Kim and H. Y. Lee, 1959; On the rate of adulting sex-ratio and frequency of abnormal vein in *Drosophila melanogaster*. *Proc. Nuclear Sciences.* 248-254.
- Menzel, D. B., S. M. Smith, R. Miskus and W. M. Haskins, 1961; The metabolism of C-14-labeled DDT in the larvae, pupae and adults of *Drosophila melanogaster*. *Jour. Eco. Entomol.* 54; 7-11.
- Oshima, C., 1958; Studies on DDT resistance in *Drosophila melanogaster*. *Jour. Hered.* 49; 23-31.
- Sang, J. H. and G. A. Clayton, 1957; Selection for larval development time in *Drosophila*. *Jour. Hered.* 48; 265-270.
- Weiner, R. and J. Crow, 1951; The resistance of DDT-resistant *Drosophila* to other insecticides. *Sci.* 113; 403-404.
- 柳島靜江, 鈴木記雄, 1959; *Drosophila*의 變異와 環境 CuSO_4 에 對する Resistance (II). *動雜*, 68; 419-425.
- 森 空一, 柳島靜江, 1957; (V) Pearl's media と Korzi media における 變異. *遺雜* 32; 57-66.