Kor. J. Pl. Prot. Vol. 12, No. 1, p.1~21, 1973 한국식물보호학회지 제12권 제1호

化學的 不姙誘起物質 Hempa가 쌀바구미 (*Sitophilus oryzae* L.)에 미치는 生物學的 影響 및 不姙性의 傳達에 關한 硏究

沈 載 昱*

Studies on the Biological Effects of Chemosterilant, Hempa, on the Rice Weevil (*Sitophilus oryzae L.*) and Transmission of Sterility

Jai Wook Shim*

(접수일자 1972. 12. 27)

Abstract

Some experiments were conducted to investigate the effects of the chemosterilant, hempa, on the biology of the rice weevil, *Sitophilus oryzae* L., and the transmission of the lethal factors in the progeny. One to three days old adult males were fed on the wheat grains treated with concentrations of 0.0625, 0.125, 0.25, and 0.5% of hempa water solution. The effects of the treatment on the mortality, longevity, and the performance of oviposition were examined for the P_1 generation, and the hatchability and mortality in the postembryonic development were also tested in the F_1, F_2, BC_1, F_3, and BC_2 generations to analyze the inheritance of the lethal factors.

The results obtained were summarized as follows.

(1) The average longevity of the treated males were ranged from 26.6 to 30.4 days, and indicated no statistical differences.

(2) The mortality of the treated males were ranged between 3.3% and 13.3% and showed no statistical significance.

(3) The overall mean number of eggs laid by a female mated to a treated male with concentrations of 0.0625, 0.125, 0.25 and 0.5% were 3.78, 4.05, 3.75 and 3.61 for the respective treatments, and they were not differ significantly from those of control which were 3.60 per female per 3 day period. The unmated female laid 1.91 in the same period, and significantly differ from those in other experimental groups.

(4) The overall mean hatchability of the eggs laid by the females mated with males that had been treated with various concentrations of hempa were 86.82, 64.77, 53.47, 40.33 and 24.78% for the respective concentrations of 0, 0.0625, 0.125, 0.25 and 0.5%. The hatchability decreased with the increasing concentrations.

(5) The minimum hatchabilities were obtained from the eggs laid in the period of 10~12 days after treatment, then the hatchability increased showing some recovery. The recovery seemed to be very much delayed for the males which had been treated with the greater concentrations. Such a difference in hatchability might be related with the sensitivity of the developmental stages of

* 서울大學校 農科大學 College of Agriculture, Seoul National University, Suweon, Korea.

the sperms, and broader spectrum in the stages and severer effects seemed to be associated with the increased concentrations.

(6) The overall mean of larval mortality in the F_1 generation were 6.55, 17.89, 27.40, 35.42 and 52.17% for the respective concentrations of 0, 0.0625, 0.125, 0.25 and 0.5%. And there was a tendency to increase in the mortality with the increase of concentrations.

(7) The correlation coefficients between per cent sterile eggs and larval mortality for the experimental plots of 0.125, 0.25 and 0.5% treatments showed $r=+0.89$, $+0.83$ and $+0.85$, respectively, and it seemed to be close correlation between the lethal effects on the embryonic and post-embryonic developments.

(8) Since the SC_{50} of the sterile eggs was 0.133% and LC_{50} of the larval mortality was 0.565%, it was considered that the lethal factors expressed more in the egg stages than the larval stages.

(9) The ratio of female to male in the F_1 adults showed 100 : 125, 100 : 108 and 100 : 124 for the plots of 0.125, 0.25 and 0.5% treatments, respectively. And it was considered that the sex ratio distortions might occur with the higher concentrations.

(10) When the F_1 males originated from the eggs had been laid by P_1 in the period of 16~18 days after treatment, were crossed to normal females (BC_1) and made sib matings (F_2), the per cent sterile eggs of the BC_1 generation were 13.88 and 33.04%, and were 31.01 and 38.73% for the F_2 generation with the plots of 0.0625 and 0.125% treatment, respectively. And these seemed to be a results of the F_1 individuals are carrying some chromosomal aberrations.

(11) The larval mortality was the highest in the F_2 plot and followed the female backcross plot, and the least in the male backcrosses.

(12) The proportions of lst and 2nd instar larvae among the larval development at the 17th day after oviposition were 10.98, 27.26, 32.98 and 15.73% in the normal female × normal male, F_1 female × normal male, normal female × F_1 male and F_1 female × F_1 male plots, respectively. It was considered that the larval development might be delayed by the treatment in the 2nd generation.

(13) Per cent larval mortality and sterile eggs were greater in the F_2 sib mating plots (F_3) than both of F_2 backcrosses. Therefore, it seemed that some of the recessive lethal mutations might affect in the further generations.

(14) The sterility, induced by the treatment of chemosterilant, hempa, was considered as the result of the dominant lethal mutations due to chromosomal aberrations such as translocation and/or deletion. The effects of these lethal factors seemed to be inherited up to 3rd generation after treatment.

Ⅰ. 緖 言

1950年後半에 들어 오면서 害蟲防除의 한 手段으로 不姙性을 誘起시킨 숫컷을 自然集團에 放散하여 害蟲의 密度를 減少시키려는 不姙雄蟲法이 擡頭되어 많은 關心을 集中 시키고 있다. 特히 害蟲의 密度가 큰 自然集團에 對하여는 殺蟲劑 使用等의 方法으로 害蟲을 防除함이 效果的이라고 하겠으나 이와 反對로 害蟲의 密度가 낮은 害蟲集團에 對하여는 非效果的이다. 따라서 이와같이 密度가 낮은 自然集團에 對하여는 오히려 不姙雄蟲法의 導入이 더 效果的이며 때로는 이들 두 方法의 併用이 害蟲防除에 있어서 더욱 效果的일 境遇가 많다.[28]

害蟲에 不姙性을 誘起하는 方法으로는 X-線이나 γ-線과 같은 電離放射線에 依하여 物理的으로 遺傳物質에 變化를 가져 오게하는 境遇와 化學的 物質에 依하여 遺傳物質의 Alkyl 化 作用으로 不姙性을 일으키는 方法等을 들수 있다. 大體로 放射線에 依하여 얻어진 不姙雄蟲은 高線量 照射時 交尾 競爭力의 弱化, 致死作用의 增大 및 畸形의 出現 等 利用面에서 問題點이 있으며 大量 放散이란 面에 있어서도 많은 制約을 받게 된다. 이에 比하여 化學的 不姙劑의 使用은 이들 諸 弱點을 緩和할 수 있을 것으로 생각되어 有望視 되고 있다.

한便 近來에 放射線 誘起 不姙雄蟲의 害蟲學的 利用

에 있어서 以上과 같은 完全不姙 誘起 線量보다 낮은 線量을 照射하여 部分的인 不姙性을 誘起시키고 그의 後代에 遺傳하는 것을 利用함으로써 處理當代의 不姙效果는 적더라도 交尾競爭이나 그 밖의 行動習性에 있어서는 正常的인 個體와 差가 적게 하고 오히려 F_1 및 F_2 世代의 不姙效果를 얻어 보려는 所謂 遺傳的 部分不姙性(Inherited partial sterility)의 利用問題에 焦點이 集中되고 있는 實情이다.

그러나 化學的 不姙劑를 利用한 部分不姙性의 次代遺傳性을 害蟲防除에 利用하는 問題에 關하여 硏究한 例는 거이 찾아 볼수없다. 따라서 本人은 化學的 不姙劑中 哺乳動物에 對한 毒性이 比較的 적고 Tepa와 類似한 物質이 면서도 非 Alkyl化 物質로 알려진 Hempa를 지금 까지 生物學的 特性이 알려 졌고 室內 飼育이 容易한 貯穀害蟲의 一種인 쌀바구미에 處理하여 化學的으로 誘起된 部分不姙性의 次代 遺傳 樣式을 究明코져 部分不姙 誘起 低濃度 處理가 쌀바구미의 當代 및 次代에 미치는 生物學的 影響을 調査하여 몇가지 結果를 얻었기에 報告하는 바이다.

本 實驗의 遂行에 있어 始終 指導하여 주신 서울大學校 農科大學 玄在善博士님 그리고 內容을 檢討하여 주신 同大學 白雲夏, 吳鳳國, 崔承允세 博士님과 高麗大學校 理工大學 金昌煥學長님께 깊이 感謝드리는 바이다.

Ⅱ. 硏 究 史

1955年 Lindquist[35]가 쇠파리의 一種 *Cochliomyia hominiborax*(Coquerel)에서 放射線에 依한 不姙雄蟲을 自然集團에 放散하므로 害蟲防除에 成功할수 있다는 可能性을 報告한 後 不姙性의 害蟲學的 利用에 關한 硏究에 많은 關心이 모이게 되었다. 그後 Knipling[27]이 化學的 物質에 依한 不姙性이 放射線에 依한것 보다 여러가지 面에서 有利할것이란 理論을 提示하여 1960年 最初로 LaBrecque et al[29]이 200種의 化合物을 집파리(*Musca domestica* L.)에 處理하여 Amethopterin 等 몇가지 物質이 不姙을 誘發한다고 報告하였다.

化學的, 不姙誘起物質 Aphoxide[31], Aphomide[50] Apholate[17)30)36)] 그리고 Nitrogen Mustard와 Aziridinyl系 化合物[9]等에 依하여 여러가지 昆蟲이 不姙을 誘發하게 된다는 初期 硏究報告들을 볼수 있으며 VonBorstel[62]은 不姙誘起에 있어서 優性致死因子가 가장 重要한 要因이 된다고 强調하였다.

Rai[55]에 依하면 Apholate가 모기의 一種 *Aedes aegypti* L.에서 染色體의 切斷 및 相互轉座와 같은 染色體異常을 招來한다고 하였고 Morgan et al[41]은 Apholate와 Metepa가 집파리에 있어서 染色體 切斷과 같은 現象을 나타낸다고 하였다. 그리고 Crystal[9] 및 Crystal and LaChance[7]는 N,N-Tetramethylene bis(1-aziridinecarboxamide) 및 다른 몇가지 Aziridinyl系 化合物이 쇠파리의 一種 *C. hominivorax*(Coquerel)에서 優性 致死突然變異를 誘發시킨다고 報告하였다.

Tepa와 類似物質이며 非 Alkyl化物質인 Hempa에 關하여는 1964年 Chang[4]이 Hempa는 다른 Alkylating agent들에 比하여 哺乳動物에 對한 毒性이 弱하다고하였으며 그의 不姙誘起效果에 關하여는 집파리[4)14)42)], 무당파리(*Anastrepha ludens* Loew)[38)], 파리의 一種 *Musca autumnalis* DeGeer[24)], 모기의 一種 *Aedes aegypti* L.[13)], 집시나방(*Porthetria dispar* L.)[10)] 및 끝바구미(*Callosobruchus chinensis* L.)[1)] 等에서 不姙效果가 크다고 報告하였다.

Palmquist and Lachance[48]는 寄生蜂의 一種인 *Bracon hebetor* Say의 精子에 對하여 Hempa의 不姙作用이 Tepa와 同一한 突然變異 誘發 作用을 보였다고 하고 劣性致死因子도 誘發하게 된다고 하였다. Borkovec et al[1]의 끝바구미에 對한 硏究에서도 Hempa는 Metepa와 同一한 不姙作用을 나타낸다는 것이며 또한 Hempa는 染色體의 缺失(Deletion)과 遺傳的인 劣性致死因子를 誘發하게 된다고 報告한바 있다.

遺傳性不姙(Inherited sterility)에 對하여는 1962年 最初로 Proverbs and Newton[9]이 순나방의 一種 *Laspeyresia pomonella* L.에서 F_1 個體가 不姙效果를 나타내게 됨을 發見하였다. 그 後 1966年에 Cogburn[6]이 화랑곡나방(*Plodia interpunctella* Hübner)과 보리나방(*Sitotroga cerealella* Olivier)의 處理와 無處理의 交配子孫이 높은 不姙率을 나타내게 된다고 報告하였으며 1967年에 North[45]는 이와같은 遺傳的 不姙性을 배추밤나방의 一種 *Trichoplusia ni*(Hübner)에서 報告하고 不姙性의 原因은 主로 染色體의 相互轉座에 基因된다고 報告하였다

1968年 以後에 와서 遺傳的 不姙性이 많이 다루어 지고 있는데 이에 對하여 North and Holt[46)47)]는 배추밤나방의 一種 *T. ni*(H.)에 20 Krad의 γ-線을 照射하였을때 P_1(被射個體)은 部分不姙을 나타내며 交尾競爭에 있어서는 無處理個體들과 同一하고 또한 F_1이 P_1보다 높은 不姙率을 나타내게 된다고 報告하고 있다. 그리고 Walker and Quintana[63]는 사탕수수 害蟲의 一種 *Diatraea saccharalis*(Fabricius)에서 이와 同一한 結論을 얻었다는 것이며 Proshold and Bartell[49]은 밤나방의 一種 *Heliothis virescens*(Fabricius)에 22.5 Krad의 γ-線을 照射하여 部分不姙을 얻고 性比의 不均衡 및 높은 不姙을 나타내는 F_1 個體들을 얻었다고 報告하였다. 한편 숫컷에 照射한 γ-線의 影響이 F_1 個體들은 勿論 F_2 個體들

까지도 相當量의 不姙性을 이어받게 된다[51]는 最近의 報告도 있다.

Ⅲ. 材料 및 方法

本實驗에 使用된 供試蟲은 農林部 農工利用研究所에서 累代飼育 保存되여온 쌀바구미(*Sitophilus oryzae* L.)이며 이들 쌀바구미를 1971年 3月에 本實驗의 目的으로 分讓받아 含水量 16%로 調節된 白系 小麥을 써서 溫度 29°C 下에서 飼育한 것이다. 그리고 이들 供試蟲은 使用 1日前에 羽化한 成蟲을 암, 수로 性別하여 同一 日令의 암수個體들을 交配시킬수 있도록 암컷은 保管하고 숫컷은 藥劑處理에 使用하였다. 使用된 숫컷의 日令은 1~3日의 것이었다.

不姙効果를 調査하기 爲하여 使用된 藥劑는 試料(Technical grade)의 Hempa(Hexamethylphosphoramide)이고 이 藥劑를 25, 12.5, 6.25 및 3.125%의 水溶液을 만들어 이들 水溶液을 各各 含水量 15%인 小麥 10 gr에 0.02 m*l*식 添加하여 小麥全重量에 對하여 0.5, 0.25, 0.125 및 0.0625%가 되도록 調製하였다. 그리고 對照區는 等量의 蒸溜水를 添加하여 穀物의 含水量 增加가 同一하게 되도록 하였다.

위와같이 調製한 試料는 直徑 20mm×高 80mm인 小型 硝子管瓶에 넣고 잘 흔들어 藥劑가 골고루 穀物의 表面에 퍼지도록 한 다음 準備된 숫컷 10마리씩을(3反覆으로) 2日間넣어 두어 숫컷으로 하여금 攝食과 同時에 處理받도록 試圖하였고 實驗은 三反覆으로 하였다. 處理의 當代個體에 미치는 影響에 對하여는 藥劑處理濃度別로 處理雄蟲의 致死率 壽命 및 交尾行動 等을 調査하였다.

次代에 미치는 處理雄蟲의 不姙効果를 調査하기 爲하여 處理를 받은 個體 5마리씩을 각 反覆區에서 取하여 同一 日令의 無處理 雌蟲 5마리씩과 함께 含水量 16%인 小麥 10 gr가든 小型 管瓶에넣어 交配 産卵케 하였으며 處理濃度에 따르는 産卵, 孵化 및 其他 生物學的 特性의 時期的 變動을 調査하기 爲하여 3日 間隔으로 쌀바구미를 새로운 小麥에 옮겨 주었다. 그리고 産卵된 小麥은 産卵後 第10日부터 5日間隔으로 20粒식 採取하여 卵數, 幼蟲數, 死亡 幼蟲數 및 幼蟲의 發育程度를 解剖顯微鏡下에서 調査하였다. 이때 卵數의 調査는 5% 氷酢酸 100m*l*+Acid Fuchsin 0.05 gr의 溶液으로 3分間 染色한 後 2~3回 물로 씻어 내고 24時間 물에 불린 後 卵數를 計數하고 産卵된 穀粒은 핀으로 解體하여 穀粒中의 幼蟲에 對하여 生死與否를 確認하고 計數하는 同時에 幼蟲의 發育 程度를 調査하기 爲하여 頭幅을 測定하였다.

不姙効果의 後代傳達에 關한 調査는 0.25%以上의 處理區에서는 交配에 必要한 充分한 後代個體數를 얻을 수 없어 低濃度인 0.0625%와 0.125%에서만 하였다. 實驗方法은 兩濃度 處理區에서 얻은 숫컷과 無處理의 암컷을 交配하여 얻은 子(F_1)孫들을 다시 無處理의 反對性과 交配시키고 또 F_1 끼리의 交配로 얻은 F_2 世代에 對하여 孵化率 및 幼蟲期 致死率 等에 미치는 影響을 P_1및 F_1과 同一한 方法으로 調査 比較하였다.

劣性致死因子의 誘發 關係를 알아 보기 爲하여 각 退交配 世代(BC_1)에서 얻은 個體들을 각각 無處理의 反對性과 交配하여 退交配 世代(BC_2)를 만들고 또한 BC_1 世代의 個體들 끼리 兄妹交配도 시켰으며 이와마찬가지로 F_2個體들도 再次 退交配와 F_3(F_2兄妹交配)區를 만들었다. 이때 交配의 方法과 調査는 F_2 및 BC_1世代에서와 同一하게 施行하였다. 모든 過程의 實驗은 供試蟲의 飼育條件을 29°C 恒溫下에서 行하였으며 小麥의 含水量은 16%로 調節하여 使用하였다.

Ⅳ. 結果 및 考察

1. Hempa 處理가 當代에 미치는 生物學的 影響

一般的으로 化學的 不姙劑는 不姙効果外에 致死効果, 壽命短縮, 活動力 減退 및 産卵數 減少 等 여러가지 生物學的인 影響을 미치는 일이 있다.

(1) 致死率 및 壽命에 미치는 影響

여러가지 濃度의 Hempa 水溶液으로 處理한 小麥으로 2日間 飼育한 쌀바구미의 致死率 및 壽命은 Table 1과 같다.

Table 1. Average longevity and mortality of the males treated with various concentrations of hempa

Conc.(%)	Mean longevity (days)*		Mortality	Corrected
	Males	Females**	(%)	mortality(%)
00	30.2	27.6	6.7	
0.0625	26.4	30.0	10.0	3.54
0.125	26.2	26.8	6.7	0.00
0.25	30.4	32.3	3.3	—
0.50	30.2	32.8	13.3	7.07

* Mean longevity of the weevils by the time when 70% of the insects died.
** Females were not treated.

表中 平均壽命이란 極端的인 값의 平均値에 미치는

影響을 考慮하여 飼育 管瓶中의 쌀바구미가 70% 致死할때 까지의 壽命으로 表示하였다.

處理雄蟲의 壽命은 無處理區에서나 0.5% 處理區에서 모두 30.2日로 差가 없었으며 致死率에 있어서는 各各 6.7%와 13.3%이 었고 그 補正 致死率에 있어서 보면 0.5% 處理區가 7.07%로 若干 差가있는 듯 하나 統計的인 有意差는 찾아볼수 없었다.

Hempa 處理가 致死率 및 壽命에 미치는 影響에 關하여 Haynes et al[16]은 목화다래바구미(*Anthonomus grandis* Boheman)의 암컷을 25%의 Hempa 水溶液에 15秒間 浸漬處理하였을때 56%가 致死하였다고 報告하고 있으며 McFadden and Rubio[38]는 무당파리의 一種 *Anastrepha ludens* Loew 을 3.0%의 Hempa 로 處理한 먹이속에 3日間 攝食시킨 後 無處理먹이에 옮겼을 때 숫컷의 致死率은 2.1%에 不過하였다고 報告하고 있다. 松澤와 丸山[39]도 집파리(*Musca domestica* L.)에 對한 不姙有效 濃度는 먹이에 添加 處理할 境遇 숫컷에서는 0.25% 그리고 암컷에서는 0.5%였다고 報告하면서 成蟲 處理時의 殺蟲效果는 거이 없었다고 結論지었다.

또한 Borkovec et al[1]은 콩바구미(*Callosobruchus chinensis* L.)에 Hempa 와 Metepa 를 處理하였을 때 LD_{50} 은 雄蟲處理의 境遇 個體當 117.64 μg 인데 比하여 SD_{50} 은 0.940 μg 이 었다는 것이며 壽命에 미치는 影響에 對하여는 Kaur and Steve[25]가 파리의 一種 *Musca autumnalis* DeGeer 에 Hempa 1% 未滿의 濃度를 6日間 處理하였을 때 壽命과 交尾行動에 아무런 影響이 없었음을 報告한 바 있다.

또한 放射線의 影響에 對하여도 Flint and Kressin[11]은 밤나방의 一種 *Heliothis virescens*(Fabricius)에 35 Krad 의 γ-線을 照射하였을 때 1%의 孵化率을 나타내는 線量임에도 處理 個體의 壽命은 0~10%밖에 減少되지 않았다고 報告 하였다.

本 實驗은 部分不姙을 이르키는 濃度를 알기 爲한 豫備 實驗的인 性格을 띈 것이나 本 實驗에서 使用된 濃度 範圍內에서 Hempa 는 過去 여러 學者들의 報告와 마찬가지로 致死率이나 平均壽命에는 큰 影響이 없었다고 생각 된다.

(2) **産卵數에 미치는 影響**

雄蟲處理時 Hempa 處理가 産卵數에 미치는 影響을 調査하기 爲하여 2日間 處理 小麥을 攝食시킨 숫컷 5頭와 處女 암컷 5頭를 無處理 小麥 10 gr 가 들어 있는 유리 管瓶속에 넣어 주었다. 이와같은 交尾双은 3日 間隔으로 새로운 小麥中으로 옮겨 주었다. 그리고 3日間 産卵된 유리 管瓶속의 小麥 80粒을 取하여 그속의 卵數를 調査하였다.

그리고 숫컷을 넣지 않은 암컷만의 區도 만들어 産卵數를 比較한바 그 結果는 Table 2와 같다.

Table 2. Number of eggs laid by a female in successive three day interval when normal females were mated with treated males. The figures are number of eggs in a sample of 80 grains from 10grs of wheat

Conc. (%)	Days after treatment									Total	Mean*
	1~3	4~6	7~9	10~12	13~15	16~18	19~21	22~24	25~27		
0.0	2.44	4.90	3.76	4.30	3.80	3.83	3.34	3.60	2.44	32.41	3.00[a]
0.0625	2.66	5.56	4.13	4.13	3.66	3.70	3.30	3.73	3.20	34.07	3.78[a]
0.125	2.03	5.79	3.93	3.50	4.60	4.73	3.80	4.63	3.50	36.51	4.05[a]
0.25	1.96	5.70	3.43	4.30	3.46	3.93	4.50	3.70	2.82	33.80	3.75[a]
0.50	2.32	4.93	3.53	3.53	4.16	3.73	3.40	3.33	3.60	32.53	3.61[a]
females**	0.97	2.12	2.26	1.37	1.47	2.74	1.96	2.44	1.90	17.23	1.91[b]

* Mean number of eggs per female in a 3 day period. [a] and [b] indicate significant difference at 1% level
** Number of eggs laid by the virgin females

Table 2에서 보는 바와같이 調査期間 27日間의 암컷當 平均 産卵數는 無處理에서 32.4個, 0.0625%區에서 34.1個, 0.125%區에서 36.5個, 0.25%區에서 33.8個 그리고 處理 最高濃度인 0.5%區에서 32.5個로 處理濃度間 卵數는 統計的인 有意差를 볼수 없었다. 그러나 암컷만의 區에서는 平均 産卵數가 17.2個로 交尾암컷에 比하여 顯著한 減少를 볼수 있었다.

또한 암컷當 3日間의 平均 産卵數는 無處理區 3.6個, 0.0625%區 3.9 個, 0.125%區 4.1個, 0.25%區 3.8個 그리고 0.5%區에서 3.6個로 差가 없었으나 암컷만의 境遇에는 1.9個로 모든 處理區와 뚜렷한 差가 있었다. 이와같은 未交尾 雌蟲의 顯著한 産卵數 減少는 交尾本能의 不充足 結果라고 생각된다.

交尾本能의 不充足으로 因한 産卵數 減少 現象에 關

하여 Flint and Kressin[12]은 밤나방의 一種 *Heliothis virescens*(Fabricius)의 放射線 照射 雄蟲에 對한 交尾競爭 試驗에서 未交尾 암컷의 産卵數는 49.6個였으며 交尾 암컷의 産卵數는 精子가 雌蟲體에 옮겨지는 狀態如何에 따라 82.2~4.38個 였다고 하면서 産卵數는 一次的으로 交尾 與否와 關係가 있고 二次的으로는 精子가 옮겨지는 狀態如何가 關係하였음을 밝혔다. Hyun et al[23]은 二化螟蟲에 關하여 未交尾 암컷은 57.8個를 産卵한데 比하여 交尾 암컷은 96.4個를 産卵하였다고 報告하고 있다.

産卵數의 減少 原因은 雌蟲 處理時는 生殖原始細胞의 退化가 主原因으로 생각되며 雄蟲 處理時는 숫컷의 交尾能力弱化를 들수 있으나 以上의 報告와 Table 2의 結果를 살펴 볼때 本 實驗에서의 濃度範圍內에서는 交尾行動에는 影響을 주지 않는 것으로 생각된다.

雄蟲處理時의 交尾암컷의 産卵數에 미치는 影響에 對하여 Chang and Borkovec[3]는 집파리에 Tepa를 注射處理하였을때 99.7%의 不姙을 일으킨 0.5%의 濃度에서도 産卵數의 減少는 없었다는 것이며 Hyun and Shim[22]도 쌀바구미의 蛹에 Tepa를 處理하였을때 雄蟲處理의경우 低濃度區에서는 産卵數의 減少가 없었으나 0.5%와 1% 處理區에서는 若干의 減少 傾向이 있었음을 報告하고 있다.

또한 Henneberry and Kishaba[20]는 배추밤나방의 一種 *Trichoplusia ni* Hüber에 對하여 Tepa, Apholate 및 Metepa를 48時間 食餌處理하였을 때 完全 不姙濃度인 1%까지의 處理에서는 産卵數의 減少는 勿論 交尾異常과 같은 影響은 볼수 없었으나 2%의 處理濃度에서는 交尾異常 및 産卵數에 相當한 減少가 있었다는 것이며 같은 昆蟲에 對하여 Henneberry et al[21]은 Tepa를 注射處理하였을 때 90% 以上의 不姙率을 일으키는 숫컷 當 30 μg의 處理로 壽命, 交尾能力 및 産卵數에 아무런 影響이 없었음을 報告하였다.

그리고 Ladd et al[33]은 왜콩풍뎅이(*Popillia japonica* Newman)에 對한 Tepa의 處理效果에 對하여 報告하기를 2.0%의 處理濃度에서 95%의 不姙率을 나타냈으나 壽命은 15% 밖에 減少되지 않고 89%의 不姙誘起濃度인 0.25% 處理에서도 産卵數는 減少되지 않았다고 報告하였다. 그리고 Haynes et al[16]는 목화다래바구미(*Anthonomus grandis* Boheman)에 있어서 Apholate에 比하여 Hempa는 同一 不姙效果를 갖는 濃度에서 致死效果가 훨씬 弱하다는 것을 報告한바 있으며 Smittle et al[60]은 Tepa를 바퀴 *Blattella germanica* (L.)에 處理하였을때 숫컷의 境遇 完全不姙誘起濃度 處理에서도 交尾能力의 低下는 없었다고 報告하였다.

以上과 같은 結果로 보아 Hempa를 쌀바구미의 숫컷에 食餌處理 하였을 때 0.0675%로 부터 0.5%까지의 處理濃度로는 當代의 致死率, 交尾能力 및 産卵數 等에는 크게 影響하지 않는 것으로 생각된다.

또한 이와같은 事實은 3日 間隔으로 쌀바구미를 새로운 小麥으로 옮길 때 發見된 交尾中의 蟲數에 있어서 無處理區가 12雙, 0.0625%區가 13雙, 0.125%區가 9雙, 0.25%區가 15雙 그리고 0.15%區가 11雙 等으로 處理間에 交尾中인 雙數에 差가 없었던 것으로도 推測되었다.

2. F_1 代에 미치는 影響

低濃度의 不姙劑 處理가 當代에 直接 어떤 影響을 미치지 않는다 하여도 그 影響이 生殖細胞를 通하여 後孫에 遺傳되는 故로 F_1, F_2 그리고 F_3에 있어서의 不姙性遺傳을 調査하였다.

(1) 孵化率에 미치는 影響

實驗 1의 處理 雄蟲과 無處理 雌蟲을 넣어 交配, 産卵시킨 小麥을 交配後 第10日 以後 20粒식 四回 試料를 採取하여 産卵된 小麥粒을 水浸澎潤시킨 後 핀으로 解體하여 가며 幼蟲數 및 死亡 幼蟲數를 調査하였다.

Table 3. Effects of hempa treatment with various concentrations on the hatchability of successive three day feeding periods when treated males mated with untreated females

Conc. (%)	Days after treatment									Mean hatchability*
	1~3	4~6	7~9	10~12	13~15	16~18	19~21	22~24	25~27	
0.0	87.9	89.0	85.7	85.5	87.2	85.6	80.0	89.5	80.0	86.82
0.0625	85.7	75.4	50.0	37.1	69.1	66.0	73.0	71.1	72.5	64.77
0.125	69.6	62.1	44.3	8.2	40.0	69.3	65.4	84.2	66.7	53.47
0.25	47.8	63.7	17.9	6.2	21.8	34.5	42.4	58.7	63.4	40.33
0.50	28.0	40.5	17.3	5.3	11.9	10.7	16.7	53.3	47.4	24.78

* Overall mean of the hatchability of the eggs laid in nine suceessive three day periods

孵化率의 換算은 計數된 卵數에 對한 生存幼蟲과 死亡 幼蟲數의 和를 百分率로 計算하여 얻고 各 處理濃度에 따른 孵化率은 Table 3과 같다.

Hempa 處理는 當代의 致死率, 壽命 및 産卵數 等에는 別로 影響이 없었으나 次代(F_1)의 孵化率에는 큰 影響이 있었음을 알수 있다.

Table 3에서 볼수 있는 바와같이 孵化率에 미치는 Hempa 의 影響은 平均 孵化率에 있어서 0.0625, 0.125, 0.25 및 0.5% 處理區에서 各各 64.77, 53.47, 40.33 및 24.78%로 對照區의 86.82%에 比하여 差가 있으며 孵化率은 濃度 增加와 더부러 顯著히 減少함을 볼수 있다.

處理區에서의 孵化率의 經濟的 變動을 보면 濃度에 따라 差가 있을 뿐 아니라, 處理後의 經過日數에 따라서도 差가 있음을 알수 있다.

處理濃度에 따르는 孵化率의 經時的 變動을 比較하기 爲하여 Table 3의 成績을 對照區에 對한 補正値로 하여 圖示하면 Fig 1과 같다.

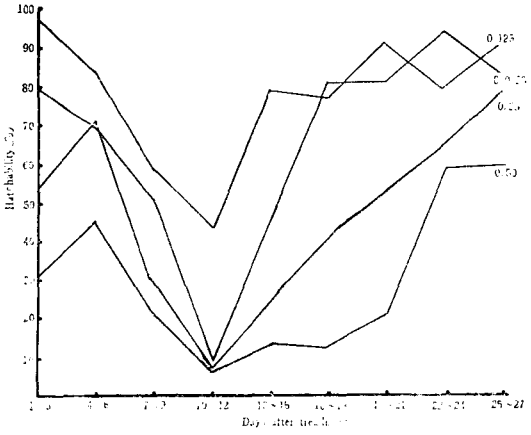

Fig. 1. Sequential changes of hatchability (Corrected for control)

孵化率의 經時的 變動은Fig. 1에서 보는 바와 같이 無處理區를 除外한 모든 實驗區에서 處理後 10~12日에 産下된 卵의 孵化率이 가장 낮아 對照區 100%에 對하여 0.0625%區에서 43.4%, 0.125%區에서 9.6%, 0.25%區에서 7.2%, 그리고 0.5%區에 있어서는 6.2%로 가장 낮은 孵化率을 나타냈고 그 前後에 있어서는 處理濃度에 따라 差가 있었으나 높아 지고있다. 即 Hempa 處理는 처음에는 時間의 經過함에 따라 同一 濃度條件下에서 孵化率을 減少시키다가 어느 時日을 지나면 그 効果는 減少되어 孵化率이 回復된다.

그런데 處理濃度가 높아 짐에 따라 同一 條件下에서 孵化率에 미치는 影響이 크고 回復率이 낮으며 또 完全回復에 많은 時間을 要하는 듯 하다. 處理後 3日까지에 産卵된 卵의 孵化率을 보면 對照區 100%에 對하여 0.0625%區에서 97.4%, 0.125%區에서 79.2%, 0.25%區에서 54.4% 그리고 0.5%區에서는 31.9%로 濃度의 增加에 따라 孵化率 減少에 미치는 影響이 커지고있다.

또 回復率을 보면 0.0625%區에서는 13~15日에 産下된 卵에서 79.2%의 孵化率을 나타내며 10~12日에 産下된 것의 그것에 比하여 많은 回復을 보이고 있는데 反하여 0.125%에서는 16~18日에 産下된 것에서 또 0.25%區에서는 19~21日에 産下된 것에서 그리고 0.5%區에서는 22~24日에 産下된 卵의 孵化率이 最初 3日間에 産下된 卵의 그것들과 비슷하여 지고 있으나 實驗終了日인 25~27日이 經過하여도 0.25%區와 0.5%區에서는 正常的인 孵化率로 復歸하지 못하는 것을 알수 있었다.

Hempa 處理가 次代 (F_1)의 孵化率에 미치는 影響에 關하여 여러가지 昆蟲에 關하여 調査報告되었다. McFadden and Rubio[38]는 무당파리의 一種 *Anastrepha ludens* Loew에 對하여 그리고 松澤와 丸山[39], Morgan et al[42], Kaur and Steve[25], Hafez[14][15] 等은 各各 집파리에 對하여 그리고 Borkovec et al[1] 및 Nagasawa and Nakayama[43]는 콩바구미(*Callosobruchus chinensis* L.)에 對하여 Hempa 處理는 孵化率에 뚜렷한 影響을 미친다고 報告하고 있다.

한편 Palmquist and Lachance[48]는 몇가지 重要害蟲에 對한 Hempa 의 不姙効果는 Tepa 와 同一한 類型으로 作用할것이라고 推定하고 있으며 Hempa 以外의 化學的 不姙劑에 對하여 보면 Hyun and Shim[22]은 쌀바구미에 Tepa 를 處理하였을때 幼蟲期에 處理받은 숫컷이 無處理의 암컷과 交配되었을때 F_1 卵의 孵化率은 處理濃度의 增加와 더부러 減少하였다고 報告하고 또한 Toppozada et al[61]도 밤나방의 一種 *Prodenia litura* Fabricius 의 成蟲에 Apholate, Metepa, 및 Tepa 를 處理하였을 때 F_1 卵의 致死作用이 顯著하였다고 報告하고 있다.

以上의 報告들과 比較하여 볼때 Hempa 處理가 쌀바구미의 次代(F_1) 孵化率에 影響을 미치게 된다고 볼수 있으며 Lachance and Leverich[32]가 寄生蜂의 一種 *Habobracon* 에 Hempa 를 處理하여 優性致死 突然變異를 얻었다는 報告에 비추어 보면 未孵化卵은 優性致死 突然變異에 依한 卵期 致死作用의 結果라고 생각할수 있다.

그리고 孵化率이 處理後 時日이 經過함에 따라 回復한다는 問題에 關하여 Chang[5]은 집파리에 Tepa 를 注射處理하였을 때 숫컷의 境遇 不姙効果가 一週日間 持續

되었으나 그 後부터 部分的인 回復現象이 나타났다고 報告하였고 Hedin et al[18]은 목화다래바구미(*Anthonomus grandis* Boheman)에 Tepa를 숫컷當 0.88μg과 1.77μg을 注射處理하였을 때 本 實驗의 結果와 비슷하게 處理後 20日까지 孵化率이 減少하다가 20日以後에는 急激히 增加하게 되며 3.54μg의 處理濃度에서는 完全 不姙效果를 나타내는 한편 處理後 25日까지 變動이 없었음을 報告하고 있다. 또한 Reinecke et al[56]도 亦是 같은 昆蟲에 對하여 Apholate 및 Bisulfan 等 몇가지 化學的 不姙誘起物質을 處理하였을 때 處理後 第3週에 가서는 相當한 孵化率의 回復現象을 報告하고 있다. 그러나 Ladd Jr.[34]는 왜콩풍뎅이(*Popillia japonica* Newman)에 Tepa를 숫컷當 3.5μl씩 局所 處理하였을 때 誘起된 不姙性이 永久的이 었다는 것이며 繼續的인 處理에서는 그 效果가 累積的으로 나타난다고 報告한 바 있다.

따라서 이와같은 孵化率의 回復現象은 쌀바구미와 같이 一生동안 交尾가 一回 以上 여러번 이루어 지고 誘命이 긴 昆蟲에서는 一般的인 現象인 듯 하다. 이들昆蟲에 있어서는 生育期間을 通하여 精子形成이 繼續하여 進行되리라고 볼수 있는데 極히 低濃度 處理區에서는 孵化率의 急激한 減少나 回復現象으로 미루어 보아 藥劑가 精子形成 過程中 어느 感受性이 큰 時期에만 作用한 때문이라고 생각된다.

突然變異 誘發作用의 感受性에 對하여 Heidenthal[19]은 寄生蜂의 一種 *Habrobracon*에 X-線을 照射하였을 때 大部分의 優性致死 突然變異가 卵期에 나타나며 低線量 照射에서는 孵化率의 回復現象이 나타나나 高線量에서는 回復現象이 나타나지 않았다는 것이며 Chandley and Bateman[2]은 초파리(*Drosophila melanogaster* Meigen에 1 Kr의 X-線을 照射하여 優性 및 劣性 致死 突然變異를 얻었는데 X-線의 突然變異 誘發作用은 精母細胞(Spermatocytes)가 가장 感受性이 크고 그 다음이 精細胞(Spermatid)였으며 가장 感受性이 낮은 時期는 精子와 精原細胞였다는 것이다.

處理濃度에 따른 孵化率의 變動을 以上의 研究 報告들과 비추어 볼때 0.5%區와 0.25%區에서 處理後 1~3日에 各各 31.9%와 54.4%의 낮은 孵化率을 나타내게 되었다는 事實은 高濃度 處理時 比較的 感受性이 낮은 精子의 時期까지 分化한 生殖細胞도 影響을 받기 때문이라고 생각할 수 있으며 또한 0.5% 處理의 境遇 處理後 19~21日에 20.9%의 낮은 孵化率을 나타내게 되는 理由도 또한 感受性이 낮은 精原細胞(Spermatogonia)에까지 影響을 미쳤기 때문이라고 생각되나 0.5%까지의 濃度에서 一部 回復되는 것으로 미뤄보아 精原細胞나 精原母細胞를 完全히 破壞하지는 않는것으로 推測된다.

(2) 後胚子發生中의 致死에 미치는 影響

Hempa의 處理效果는 F_1의 卵期에 致死作用을 미칠 뿐만 아니라 孵化後의 後胚子 發生中의 幼蟲에도 致死作用을 나타낸다.

產卵시켜 保管된 小麥에서 80粒의 試料를 採取하여 孵化幼蟲數 및 致死幼蟲數를 調査한바 孵化幼蟲의 後胚子發生期間中 致死率은 Table 4와 같다.

Table 4에서 보는 바와 같이 Hempa 處理는 孵化後의

Table 4. Effects of hempa treatment on the larval mortality in F_1 generation

Conc. (%)	Days after treatment									Mean*
	1~3	4~6	7~9	10~12	13~15	16~18	19~21	22~24	25~27	
00	4.35	3.57	7.14	4.08	11.19	6.67	10.00	5.88	8.33	6.55
0.0625	4.17	13.55	37.50	8.09	28.94	9.68	8.83	18.50	25.00	17.89
0.125	12.50	25.92	37.51	75.00	25.00	25.92	29.40	15.62	16.67	27.40
0.25	18.18	41.37	60.00	100.00	75.00	33.33	17.86	25.00	15.99	35.42
0.50	75.00	59.37	100.00	100.00	100.00	66.67	57.24	16.67	16.67	52.17

* Overall mean of the mortalities in nine successive three day periods.

幼蟲 發育途中에도 致死作用을 나타냈다. 調査期間 27日間에 產卵된 卵에서 孵化한 幼蟲의 發育中 致死率의 平均은 對照區의 6.55%에 比하여 0.0625%區에서 17.89%, 0.125%區에서 27.40%, 0.25%區에서 35.42%, 그리고 0.5%區에서 52.17%로 處理濃度의 增加와 더부러 顯著하게 增加하고 있음을 알수 있다.

한便 實驗 2의 (1)에서 보는 孵化率의 處理後 產卵時期에 따르는 變化와 마찬가지로 時期에 따라 致死率도 初期에는 漸次로 增大하다가 어떤 時期를 고비로 減少의 傾向이 孵化率에 있어서와 併行하여 이러나고 있다. 即 最大 致死率의 出現 時期는 0.0625%區에서 7~9日에 37.5%, 0.125%區에서는 10~12日에 75%, 0.25%區에서 10~12日에 100%의 致死率을 나타내었고 0.5%區에서는 處理後 7~15日에 產下된 卵이 100%의 幼蟲

致死率을 나타내고 있었다.

이와같은 結果를 보면 濃度의 增加에 따라 處理影響의 持續期間은 길어지며 影響力이 增大된다는 事實을 알수 있다. 即 最大 致死率을 나타내는 時期와 다음 時期의 産下卵에서 孵化한 幼蟲의 致死率間의 差는 0.125%區에서 1期間으로 50%이며 0.25%區에서 2期間으로 66.7%이고 0.5%區에서는 3期間으로 33.3%를 各各 나타내고 있다.

Hempa 處理가 쌀바구미의 F_1代에 미치는 致死作用은 主로 卵期와 幼蟲期에 나타난다. 各 濃度의 處理區에 있어서 卵期 致死와 幼蟲期 致死作用과의 關係를 알아 보기 爲하여 處理後 各 時期別 卵期致死率(未孵化率)과 幼蟲期致死率의 相關係數를 求하여 보면 Fig. 2와 같다.

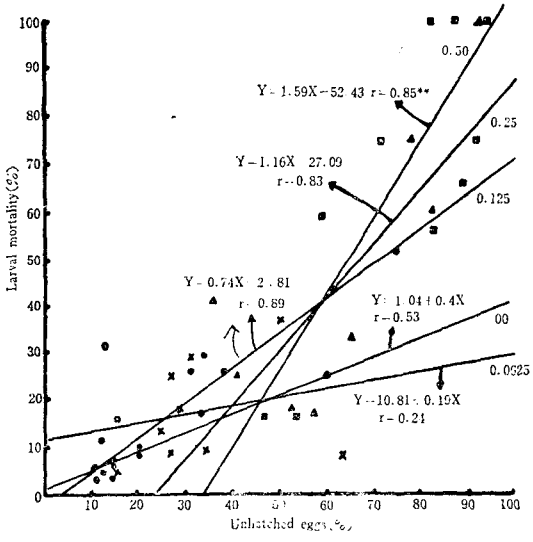

Fig. 2. Correlation between larval mortality and unhatched eggs(● : 00, × : 0.0625, ○ : 0.125, ▲ : 0.25, □ : 0.50)

Fig. 2에서 보면 卵期致死率과 幼蟲期致死率 間의 關係는 無處理區와 0.0625%區에서 相關係數가 各各 $r=0.53$ 및 $r=0.24$로 有意한 相關을 찾을 수 없으나 0.125%, 0.25% 및 0.5% 處理區에 있어서는 相關係數가 各各 $r=0.89$, $r=0.83$ 및 $r=0.85$로 有意한 正의 相關을 나타 내었다.

이와같이 0.0625% 處理區에서는 平均 幼蟲期 致死率로 볼때 對照區 6.55%에 比하여 17.89%로 相當量의 致死效果를 나타낸다고 볼수 있으나 卵期 致死率과의 關係로 볼때 一定한 傾向을 찾을 수 없다. 이것은 이와같이 낮은 濃度에서는 前述한 바와 같이 精子形成過程의 極히 感受性이 큰 精子發生 段階의 것만이 孵化率이나 幼蟲發生中에 影響을 미치고 그밖의 段階의 것은 正常的인 生殖細胞의 機能을 갖고있어 이들에 依하여 受精된 卵은 正常的으로 發育하기 때문이 아닌가 생각된다. 그러나 0.125%, 0.25% 및 0.5% 處理區에 있어서는 幼蟲期에까지 크게 作用한다고 볼수 있다. 따라서 이러한 結果는 卵의 未孵化가 未受精卵인 때문이라기보다 受精 後 胚子發生中의 致死作用에 基因된 것이라고 생각할수 있으며 또한 이러한 致死作用은 優性致死突然變異가 發現한 結果라고도 생각할수 있다.

化學的 物質이 優性致死突然變異를 誘發하게 된다는 事實은 Whiting and VonBorstel[65]의 硏究報告에서도 볼수있다. 即 숫컷이 半數體인 寄生蜂의 一種 *Habrobracon*에 Alkylating agent인 Nitrogen Mustard로 處理하여 精子 不活性化 濃度보다 훨씬 낮은 濃度에서 優性致死突然變異가 誘發된다는 것이며 이들 致死因子를 同伴한 精子는 完全한 受精能力을 갖었다고 報告하고 있다. 그리고 Lachance와 Leverich[32]는 Hempa를 包含한 몇가지 化學物質을 같은 昆蟲에 處理하였을 때 모두가 優性致死突然變異를 誘發하게 되고 그중 몇 藥劑는 同時에 精子의 不活性化도 同伴하였다고 報告하고 있다. 또한 Mendoza[40]는 잎벌레의 一種 *Diabrotica undecimpunctata* Barbeb에 個體當 40 μg의 Apholate로 處理한 結果 精子의 不活性化를 若起시켰으나 이濃度에서는 被處理個體의 致死効果가 컸다고 報告하고 있다.

한便 North[44]에 依하면 Hempa가 染色體의 異常을 招來하여 優性致死의 作用을 나타내게 된다고 報告하고 있으며 또한 Proshold and Bartell[49]은 밤나방의 一種 *Heliothis virescens* (F)에 15.0과 22.5 Kr의 γ-線을 照射하였을 때 F_1에서 分化가 늦어질 뿐만 아니라 幼蟲및 蛹의 致死率이 높아졌다는 結果를 얻었다고 報告하였다.

本 實驗의 結果를 以上의 報告들과 비추어 볼때 當代의 致死率이나 壽命 및 産卵數에 影響이 없었다는 點으로 미루어 卵期 致死의 境遇나 幼蟲期 致死가 主로 優性致死突然變異의 誘發에 基因된 것이라고 생각된다.

F_1에 나타나는 致死効果가 卵期, 幼蟲期 및 蛹期 等 生育期間에 따른 致死因子의 發現程度를 比較하기 爲하여 平均 未孵化率, 幼蟲期 致死率 및 蛹期 致死率 等을 推定하였다. 이때 蛹期 致死率은 各 處理區의 總産卵數를 推定하고 이에서 期待되는 卵期 및 幼蟲期 致死率을 除하여 期待 羽化數를 얻었다. 期待 羽化數와 實測羽化數의 偏差를 期待 羽化數에 對한 百分率로 表示하여 蛹期 致死率로 가정하였다. 그 結果는 Table 5와 같다.

Taleb 5를 보면 Hempa 處理의 全體的 影響이라고생각되는 成蟲 羽化率이 對照區 64.66%에 對하여 0.0625

Table 5. Effects of hempa treatment on the development of the rice weevil in F_1 generation

Conc.(%)	Total No. of eggs*	Per cent sterile eggs	Per cent larval mortality	Per cent pupal mortality	No. of adults emerged	Per cent adult emergence
00	598.5	13.18	6.55	19.68	387	64.66
0.0625	784.0	35.23	17.89	24.08	322	41.07
0.125	675.5	46.53	27.40	23.52	214	31.70
0.25	853.5	59.07	35.42	8.94	191	22.39
0.50	826.0	75.22	52.17	14.04	83	10.04

* Total number of eggs in the remaining grains in a vial, calculated from a sample of 80 grains

%區가 41.07%, 0.125%區가 31.70% 0.25%區가 22.39% 그리고 0.5%區에서는 10.04%여서 處理濃度에 不拘하고 羽化率은 낮아짐을 알수 있다. 한便 發育段階別 致死率을 보면 對照區에서는 蛹期 致死率이 가장 커서 19.68%이고 다음이 卵期로 13.18%이고 가장낮은 것이 幼蟲期 致死率로 一般 貯穀害蟲 特有의 生育段階別 致死率 分布를 나타내고 있다. 反面 處理區에서는 濃度如何를 不拘하고 卵期 致死率이 가장 높고 다음이 가장 낮은 處理濃度인 0.0625%區를 除外하고는 幼蟲期 致死率이며 가장 낮은 致死率을 나타내고 있는 것은 蛹期였다. 다만 가장 낮은 處理濃度인 0.0625%區에서는 對照區에서와 같이 蛹期가 幼蟲期 보다 致死率이 높아지고 있다는 事實은 對照區의 幼蟲期와 蛹期 致死率의 境遇와 一致한다는 點에서 興味있는 事實이다.

또 卵期와 幼蟲期 致死率은 濃度의 增加에 따라 增加하고 있는데 反하여 蛹期 致死率은 處理區에서는 濃度의 增加에 따라 減少하는 傾向을 나타내고 있다.

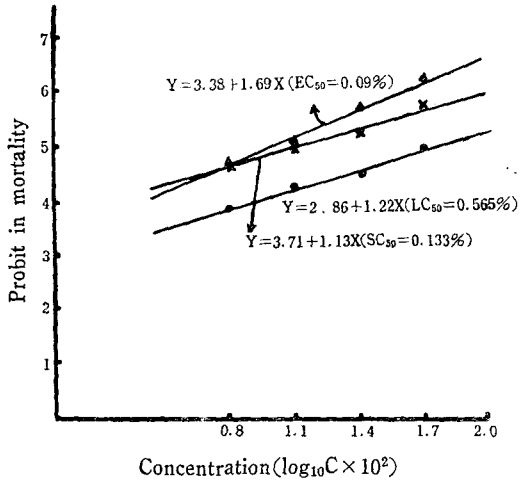

Fig. 3. Dosage-mortality regression lines for sterile eggs(×), larval death(●), and the adults which failed to emerge from total number of eggs(▲), (SC=sterile concentration, LC=lethal concentration, and EC=effective concentration)

이와같은 分化 時期別 致死率에 미치는 Hempa 處理의 影響을 調査하기 爲하여 卵期 中央致死 濃度(SC_{50})와 幼蟲期 中央致死濃度(LC_{50}) 그리고 이들이 共同으로 作用하여 나타나는 成蟲의 中央 未羽化 濃度(EC_{50})를 各各 Probit 法으로 計算하였고 處理濃度에 따른 回歸를 求하여 Fig. 3에서 比較하였다.

Fig. 3에서 보는 바와 같이 卵期와 幼蟲期의 致死率과 處理濃度 間의 回歸는 各各 直線方程式의 b 값이 1.22와 1.13으로 大體로 平行한 傾向을 나타내고 있었으며 卵期의 SC_{50}은 0.133%인데 反하여 幼蟲期의 LC_{50}은 0.565%로 卵期가 幼蟲期 보다 藥劑에 對하여 感受性이 크다고 생각 되었다. 그리고 未羽化率은 이들 두 効果와 蛹期 致死率 等의 總括的 作用에 依하여 이루어진다고 볼수 있으므로 b의 값이 두 境遇보다 큰 1.69였으며 EC_{50}의 값도 이들 보다 훨씬 낮은 0.09%의 處理濃度이었다.

이와같은 突然變異 誘發物質(Mutagene)의 影響에 對하여 F_1의 分化 時期別 致死因子의 發現에 對한 感受性에 關한 硏究 結果는 볼수 없으나 Proverbs and Newton[54]은 一般的으로 放射線에 對한 感受性이 卵에서 成蟲에 이르는 分化過程에서 生育이 進展됨에 따라 적어진다는 報告로 미루어보아 F_1代에서의 致死因子의 發現에 對한 感受性도 이와 關聯이 있으리라고 생각 할 수 있다. Downey[10]는 집시나방(*Porthetria dispar* L.)에 Hempa를 處理하였을 때 分化 Hormone의 生成過程에는 影響을 미치지 않는다고 하였는데 蛹期는 致死因子의 發現에 對한 感受性이 弱하리라고 생각 된다.

또한 Hempa 處理의 卵期 및 幼蟲期에 發現되는 致死効果를 比較하기 爲하여 F_1에서 나타나는 致死作用을 優性致死突然變異라고 假定하고 Crystal[7]이 使用한 F_1에서의 優性致死突然變異率 算出方式

Per cent dominant lethal mutation
=100−Corrected per cent hatch
Corrected Per cent hatch

=100 (treated per cent hatch/control per cent hatch)

에 따라 卵期 및 幼蟲期의 致死突然變異率을 計算하여 Table 6에서 比較하였다.

Table 6. Frequencies of dominant lethal mutations in the developmental stages of the rice weevil in F_1 generation

Conc. (%)	Corrected hatchability (%)	Corrected larval suruivorship (%)	Dominant lethal mutation (%)	
			Egg stage	Larval stage*
0.0625	79.23	87.86	20.77	12.14
0.125	65.35	77.69	34.64	22.31
0.25	49.26	69.09	50.74	30.99
0.50	30.03	51.19	69.97	48.81

* Per cent dominant lethal mutation for hatched larvae.

Table 6에서 보는 바와 같이 優性致死突然變異率에 있어서도 卵期의 境遇 0.0625%區가 20.77%, 0.125% 區가 34.65%, 0.25%區가 50.74% 그리고 0.5%區가 69.97%로 濃度 增加와 더부러 突然變異率이 增大하고 있음을 알수 있고 幼蟲期의 優性致死突然變異率도 0.06-25%區에서 12.14%, 0.125%區에서 23.31%, 0.25%區에서 30.99% 그리고 0.5%區에서 48.81%이었다. 따라서 이 結果에서도 Hempa 處理効果에 對한 致死因子의 發現은 卵期가 幼蟲期보다 感受性이 크다는 事實을 알수 있다.

(3) 成蟲 羽化에 미치는 影響

여러가지 濃度의 Hempa 處理가 卵期 및 幼蟲期에 顯著한 致死作用을 나타내었다. 各 處理區에서 卵數및幼蟲數의 調査를 爲하여 試料를 採取하고 나머지 小麥中에서 交配한날로부터 成蟲이 羽化할 때까지 所要된 日數를 算出한 結果 Table 7과 같다.

Table 7. Effects of hempa treatments on the developmental period of the rice weevil in F_1 generation.

Conc (%)	Number of adults emerged	Range (days)	Mode (days)	Median* (days)
00	387 (238)**	30~57 (30~51)	36 (33)	38.11 (36.22)
0.0625	322 (160)	30~57 (30~57)	36, 42 (39)	40.15 (38.82)
0.125	241 (93)	30~57 (33~57)	33 (36)	36.04 (37.58)
0.25	191 (83)	30~57 (30~57)	36 (36)	38.86 (37.20)
0.50	83 (22)	30~57 (30~45)	33 (30, 45)	34.00 (38.25)

* Mean of the days required for 50% of the adult emergence.

** Numbers in parenthesis indicate those for the eggs laid in 4~15 days after treatment.

Table 7에서 보면 産卵後 成蟲이 羽化하는데 까지 所要되는 日數分布의 範圍는 處理區와 無處理區에서 모두 30~57日로 處理의 効果를 찾아 볼수 없다. 그러나 最頻値를 比較하여 볼때 0.0625%處理區에서는 36日과 42日에서 双峰型 分布를 나타내게 되었고 0.125%區와 0.5%區에서는 對照區의 36日에 比하여 各各 33日로 3日間씩 앞당겨져 分布하고 있었으며 50%의 個體가 羽化한 日數 即 中位値를 比較하여 볼때 0.0625% 處理區에서는 40.15日로 對照區 38.11日 보다 羽化가 多少 늦어지는 듯 하였다. 그러나 0.125%區와 0.5%區에서는 羽化 最頻値가 앞당겨지는 것과 마찬가지로 中位値도 各各 對照區에 比하여 2日과 4日間 앞당겨지는 듯한 現象을 볼수 있었다.

總羽化 成蟲의 日別 度數分布를 比較하기 爲하여 3日間隔으로 羽化數를 調査하고 그 結果를 Fig. 4에 圖示하였다.

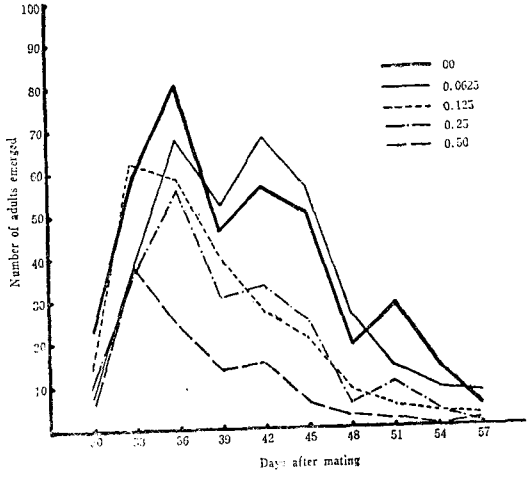

Fig. 4. Frequency distribution of the F_1 adult emergence.

Hempa 處理가 成蟲 羽化에 미치는 影響에 對하여 日別 羽化數를 Fig. 4에서 보면 0.0625%區는 對照區에 比하여 羽化까지의 分化가 大體로 늦어 지는 傾向을 볼수 있었다. 그러나 0.125%區와 0.5%區는 對照區에 比하여 交配後 42日以後의 羽化數가 크게 減少됨을 볼수 있었다. 高濃度 處理區에 있어서 이와같은 後期 羽化數의 減少 傾向은 Hempa의 處理効果가 卵期 및 幼蟲期의 致死作用에 依한 淘汰効果가 作用한 때문이 아닌가 생각된다.

그러나Table 6의 括弧안에 表示된 處理의 効果가 比

較的 컸다고 생각되는 處理後 4~15日까지의 期間에 産下된卵에서 羽化하는 成蟲 羽化數를 보면 中位値가 對照區 36.22日에 比하여 0.0625%區는 38.82日, 0.125%區는 37.58日, 0.25%區는 37.20日, 그리고 0.5%區는 38.25日로 處理區에서 羽化까지의 日數가 늦어지는 個體들의 出現이 多少 增加하는 듯 한 傾向을 보였다. 그리고 0.5%의 處理區에 있어서는 이 期間中 羽化되는 個體數가 적었기는 하나 最頻値로 볼때 30日과 45日로 分化遲延作用의 結果가 아닌가 생각 된다.

이와같은 處理効果가 個體發生에 있어서 分化에 지연作用을 나타낸다는 事實은 Proshold and Bartell[50]이 밤나방의 一種 *Heliothis virescens* (Fabricius)에 部分不姙線量의 γ-線을 照射하여 얻은 F_1들이 幼蟲期나 蛹期의 分化 지연効果를 나타낸다고 報告한 바 있다.

따라서 이와같은 分化 遲延効果에 對하여는 別途의 實驗에서 部分不姙 濃度를 더 細分하여 追求되어야 할 問題라고 생각되며 이 問題는 害蟲의 集團密度를 變動시키게되는 有害突然變異란 觀點에 重要한 意義를 갖는다고 생각된다.

Hempa 處理가 羽化된 F_1 成蟲들의 性比에 미치는 處理効果를 보기 爲하여 處理後 時期別로 産卵된 各 處理區에서 羽化하는 成蟲을 암수 性別하여 調査한 結果 Table 8과 같다.

Table 8에서 보는 바와 같이 羽化된 成蟲中 암컷에

Table 8. Effects of hempa treatments on the sex ratio of the rice weevil in F_1 generation when the treated males mated with normal females.

Conc. (%)	Sex	Days after treatment									Total number of adults	Ratio
		1~3	4~6	7~9	10~12	13~15	16~18	19~21	22~24	25~27		
00	Female	12	43	28	28	27	21	12	16	8	195	100.0 ns*
	Male	24	42	23	35	18	19	14	8	9	192	98.5
0.0625	Female	11	34	11	10	19	20	21	24	18	168	100.0 ns
	Male	13	34	9	11	20	27	15	14	11	154	91.7
.125	Female	90	27	7	2	5	8	14	19	7	93	100.0 ns
	Male	9	29	9	3	11	12	13	21	9	116	124.7
0.25	Female	13	25	6	2	5	10	7	12	12	92	100.0 ns
	Male	10	32	8	3	3	9	9	11	14	99	107.6
0.50	Female	1	7	1	0	0	3	4	17	4	37	100.0 ns
	Male	7	8	3	0	0	4	2	10	12	46	124.3

* ns: non-significant at x^2 test

對한 숫컷의 比率이 無處理와 0.0625% 處理區에서 各各 암컷 100에 對하여 98.5와 91.7로 有意性은 없었으나 숫컷이 암컷에 比해 약간 적은 듯 하였다. 그러나 0.125%區, 0.25%區 및 0.5%區에 있어서는 이와 反對로 숫컷의 數가 암컷 100에 對하여 各各 124.7, 107.6 및 124.3으로 암컷數보다 많은 傾向을 나타내었다. 總 羽化數는 어느 境遇에 있어서나 암컷對 숫컷의 比가 1 : 1이 아니란 統計的인 有意性은 찾을 수 없었으나 이 點은 處理區에 있어서 羽化 成蟲數가 적었기 때문이라고 생각되며 암컷이 숫컷보다 致死作用에 對한 感受性이 더 큰 傾向을 보인다고 생각되었다.

各 濃度의 處理區에 있어서 處理後 産卵 時期에 따른 羽化 樣狀을 보면 0.0625%區에 있어서도 處理後 10~12日의 産卵區에서 암컷 : 숫컷의 比率이 10:11, 13~15日區에서는 19 : 20 그리고 16~18日區에 있어서는 20 : 27로 多少 숫컷의 羽化數가 높게 나타나는 듯 하였고 0.125% 處理區에 있어서도 處理後 16~18日 까지는 處理後 어느 時期에 産卵된 卵에서 羽化한 成蟲도 모두 숫컷의 羽化數가 많았으며 孵化率의 回復이 顯著하였던 處理後 19日 以後에 産卵된 卵에서 羽化한 成蟲의 경우는 多少 암컷의 羽化數가 增加되는 傾向을 보였다. 또한 0.25%區와 0.5% 處理區에서도 보면 大槪 卵期 致死나 幼蟲期致死의 効果가 큰 時期에 産卵된 卵에서 羽化한 成蟲의 境遇에 숫컷이 암컷보다 많이 羽化되는 傾向이 있는 것으로 생각되었다.

處理雄蟲을 無處理雌蟲과 交配하여 얻은 F_1에서 性比의 不均衡을 이루게 된다는 事實은 最初로 Proverbs[53]에 依하여 밝혀 졌는데 그는 순나방의 一種 *Carpocapsa pomonella* L. 의 雄蛹에 40 Krad의 γ-線을 照射하여 얻은 F_1에서 8%의 成蟲이 羽化하였는데 모두 숫컷이 었다는 것이며 30 Krad 處理時는 F_1에서 92%의 숫컷과 8%의 암컷 羽化의 結果를 얻었다고 報告하였고 Prove-

rbs and Newton[52]도 同一昆蟲에 對하여 30 Krad의 γ-線을 照射하였을 때 F_1에서 89~99%의 個體가 숫컷이었다고 報告하였다. 이보다 低線量 照射의 境遇는 Proshold and Bartell[49]이 밤나방의 一種 *Heliothis virescens* (Fabricius)의 雄蟲에 15.0 Kr과 22.0 Kr의 γ-線을 照射하였을 때 F_1에서 암컷 對 숫컷의 性比가 1 : 2였으며 이와같은 性比의 不均衡은 照射 線量이 높을 수록 숫컷의 出現率이 높아진다고 報告하였다. North and Holt[47]는 배추밤나방의 一種 *Trichoplusia ni* Hüber의 숫컷에 15 Kr의 γ-線을 照射하여 F_1에서 암컷對 숫컷의 比가 1 : 1.75란 性比의 不均衡 現象을 發見하고 이에 對하여 性決定에 關係하는 遺傳的 修正因子(Genetic modifier)의 不均衡에 依한 것이라고 推論하였다.

本 實驗에 있어서도 各 濃度의 處理區에 있어서 性比의 不均衡現象이 交配區數를 더 크게 할 境遇 더욱 뚜렷한 結果를 얻을수 있으리라고 推測되며 여러가지 昆蟲에 있어서 F_1代에 암컷의 致死率이 숫컷보다 높았다는 報告들로 보아 Proverbs and Newton[54]의 순나방의 一種 *Carpocapsa pomonelle* L.에 對한 γ-線 照射 結果에서 被射個體의 感受性은 卵, 幼生, 蛹, 그리고 成蟲의 順이었고 암컷은 숫컷보다 感受性이 컷다는 結論과 마찬가지로 傳達받은 致死因子의 作用도 當代의 感受性과 一致하는 것이 아닌가 생각된다.

性比의 不均衡 現象도 遺傳的 有害因子의 作用이라고 생각되는 分化遲延 現象과 마찬가지로 害蟲의 集團密度 變動에 影響하는 한 附隨要因이 될수 있는 것으로 생각되어 不妊性에 對한 硏究에서 致死因子 및 有害因子와 아울러 많은 硏究가 이루어 져야 할 問題라고 생각된다.

3. 致死因子의 後代 傳達에 미치는 影響

處理雄蟲의 第1代(F_1)에서 나타나는 影響 即 卵期 致死 및 幼蟲期 致死作用이 遺傳的 障害(Genetic damage)에 基因된 것이라면 이를 廣意의 突然變異라고 斷定할수 있으며 또한 突然變異는 그 影響이 後代 子孫에 傳達되어야 한다.

(1) F_2 및 退交配 第一世代에 미치는 影響

Hempa의 處理効果가 第2代에 傳達되는 特性을 보기 爲하여 致死効果가 比較的 크게 나타나는 處理後 7~9日區의 F_1과 回復期라고 생각되는 處理後 16~18日區에서 얻은 F_1을 각각 無處理의 反對性과 退交配(Backcross)시키고 F_1의 兄妹交配(Sib mating)를 시켜 F_2를 얻었다. 이들 退交配區들과 F_2區의 卵期 致死率 및 幼蟲期 致死率을 調査한바 그 結果는 Table 9와 같다.

Table 9. Effects of hempa treatments on the hatchability and larval mortality in F_2 and backcross generations.

Mating type	No. of eggs per female per 3 days*		Corrected percent sterile eggs		Corrected percent larval mortality	
	A	B	A	B	A	B
			0.0625% treatment			
F_1 ♀♀×N♂♂	6.26(356)	4.78(233)	7.32	9.56	15.98	10.43
N ♀♀×F_1♂♂	5.38(316)	6.14(284)	17.44	13.88	1.86	1.80
F_1♀♀×F_1♂♂**	— —	5.06(160)	—	31.01	—	18.69
			0.125% treatment			
F_1♀♀×N♂♂	7.39(148)	6.81(402)	13.05	9.02	13.75	9.64
N♀♀×F_1♂♂	7.15(128)	3.88(324)	40.23	33.04	1.68	7.73
F_1♀♀×F_1♂♂**	— —	5.85(262)	—	38.73	—	16.97

Note: F_1: progeny of the normal females mated with the treated males.
* The number in the parenthesis indicates the total number of eggs examined.
A: F_1 originated from the eggs laid in 7~9 days after treatment.
B: F_1 originated from the eggs laid in 16~18 days after treatment.
Number of eggs in control was 5.10(227)
** No enough insects were obtained to mate.

Table 9를 보면 0.0625% 處理區나 0.125% 處理區에 있어서 卵期 致死率은 大體로 處理後 7~9日區(以下 A라함)가 16~18日區(以下 B라함)보다 큰 影響을 받게 되는 傾向을 보였고 幼蟲期 致死率은 別 差가 없는 것으로 생각 되었다.

同一 交配組合에 對한 卵期 致死率에 미치는 處理 濃度別 影響을 보면 F_1 雌蟲×無處理雄蟲의 境遇 0.0625%의 A區가 7.32%, 0.125%區가 13.05% 그리고 B區에서는 各各 9.56%와 9.02%의 致死率을 보였다. 그러나 F_1 雄蟲 交配區 即 無處理雌蟲×F_1 雄蟲의 境遇는 0.06

25%區에서 A區의 卵期 致死率 17.44%에 比해 0.125%區에서는 40.23%였고 B區에 있어서는 0.0625%區의 13.88%에 對하여 0.125%區가 33.04%로 F_1 雄蟲 退交配에서 處理의 濃度效果가 크게 나타나고있다. 또한 同一 濃度處理區에서는 交配組合如何를 不拘하고 B가 A보다 약간 낮은 卵期 致死率을 보이고 있었다.

그리고 幼蟲期 致死率에 미치는 影響은 F_1 雄蟲 退交配區 即 無處理雌蟲×F_1 雄蟲의 B區에서 0.0625%가 1.80%인데 比하여 0.125%區가 7.73%로 多少 致死率이 높아 處理 濃度效果가 있는 듯 하나 F_1雌蟲 退交配區에 있어서는 各 濃度에서 10.43%와 9.64%로 差가 없는 것으로 생각되었다.

Table 9의 結果에서 한가지 注目할 事實은 F_1 退交配世代에서 암컷이 處理의 影響을 받았느냐 안받았느냐에 따라 卵期 致死率과 幼蟲期 致死率이 全致死率에서 차지하는 比重이 相反된다는 것이다. 即 0.0625%區의 境遇, F_1 雌蟲 退交配區(F_1雌蟲×無處理雄蟲)에서 卵期 致死率이 A區 7.32%, B區 9.56%이었고 幼蟲期致死率은 A區 15.98%, B區 10.43%였다. 反面 F_1 雄蟲 退交配區 (無處理雌蟲×F_1 雄蟲)에서는 卵期 致死率이 A區 17.44%, B區 13.88%이었으며 幼蟲期 致死率은 A區가 1.86%, B區가 1.80%에 不過하였다. 即 F_1雌蟲退交配區에서는 A와 B區 모두 幼蟲期 致死率이 卵期의 그것 보다 더 큰 效果를 나타내고 있는데 反하여 F_1雄蟲 退交配區에서는 大部分의 致死作用이 卵期에 나타나고 幼蟲期에는 A와 B區에서 各各 1.86%와 1.80%인 輕微한 致死效果 밖에 나타나지 않고 있어 서로 相反되는 結果를 볼수 있다. 또한 이와같은 傾向은 0.125% 處理區에서 더욱 뚜렷이 나타나고 있음을 알수 있다.

F_1兄妹交配 即 F_1雌蟲×F_1雄蟲 交配實驗은 A區에서는 交配에 必要한 羽化成蟲을 얻지 못하여 實驗을 못하였으나 B區에서의 卵期 致死率을 보면 0.0625%區에서 31.01%인데 比하여 0.125%區는 38.73%로 濃度의 增加에 따라 多少 높아 지고 있으며 同一 濃度 下에서는 다른 어떤 交配 組合에서 보다 높은 致死率을 보이고 있다. 또한 幼蟲期 致死率에 있어서는 各各 18.69%와 16.97%로 處理濃度에 따르는 뚜렷한 差를 나타내고 있지 않으나 他處理區에 比하면 顯著히 높은 致死率이다.

化學的 不姙劑의 不姙作用 機作에 關하여 Schmidt et al[58]은 Apholate와 Tepa는 모기나 파리에 對하여 放射線 照射와 同一한 效果가 나타 난다고 하였고 Rai[55]는 모기의 一種 *Aedes aegypti* L.에 對하여 Apholate가 그리고 George and Brown[13]은 Hempa가 缺失이나 轉座와 같은 染色體 異常을 誘發하게 된다고 報告한바 있으며 Morgan et al[41]은 집파리에 對하여 Apholate와 Metapa가 同一한 染色體 異常을 誘起한다고 報告하였다.

F_2 및 退交配 世代에 나타나는 不姙效果에 關하여 Walker and Quintana[63]는 사탕수수 害蟲의 一種 *Diatraea* saccharalis(F.)의 雄蟲에 γ-線을 照射 하였을 때 F_1이 60%의 孵化率을 나타내는 線量에서 次代 退交配區에서는 이보다 훨씬 낮은 孵化率을 나타냈다는 것이며 North and Holt[46]는 배추밤나방의 一種 *Trichoplusia ni* Hüber의 숫컷에 20 Krad의 γ-線을 照射하였을 때 P_1은 80~85%의 未孵化率을 나타내는데 여기서얻은 F_1을 無處理의 反對性과 交配하였을 때 完全 不姙을 나타내었다고 報告하고 있다. 또한 Proshold and Bartell[48][50]은 밤나방의 一種 *Heliothis virescens* (F)의 숫컷에 7.5, 15, 22.5 Krad의 γ-線을 照射하였을때 F_1 個體들이 P_1個體들 보다 높은 不姙效果를 나타낸다고 報告하고 있으며 Lippold et al[37]은 바구미의 一種 *Conotrachelus nenuphar* Herbst에 2 Kr의 放射線을 쪼였을 때 F_1代의 孵化率(P_1의 效果)은 對照區에 比하여 87%가 減少한데 比하여 F_2(F_1의 效果)의 境遇는 31%밖에 減少하지 않았다고 報告하고 있다.

本 實驗에서 濃度如何를 不拘하고 卵期나 幼蟲期 致死率이 對照區 보다 높아지고 同一 濃度處理 下에서 兄妹交配가 다른 어떤 交配 組合 보다도 卵期나 幼蟲期의 致死率이 높다는 것은 P_1의 雄蟲 處理效果가 後孫에 傳達됨을 示唆하고 있으며 致死因子의 發現은 兄妹交配가 다른 어떤 交配組合 보다 致死率이 높은 것으로 미루어 보아 全生育期間을 通하여 일어나고 있다. 그런데 이와 같은 致死因子의 숫컷을 通한 發現은 雄蟲退交配時의 卵期 致死率이 幼蟲期 致死率 보다 높고 또 同一濃度下에서 雌蟲 退交配 보다 높은 點 等으로 미루어 胚子 發生期에 이러나는 것으로 생각된다. 反面 암컷을 通한 致死因子의 發現은 雌蟲 退交配時의 幼蟲期 致死率이 雄蟲 退交配時의 그것 보다 높다는 點으로 보아 胚子發生 時보다 後胚子發生 時에 더 뚜렷하게 되는것으로 짐작된다. 그러나 이와같은 것은 處理濃度에 따라 또는 얻어진 交配雙의 時期에 따라 差가 있는 듯 하다.

F_2 및 退交配 第1世代에 미치는 致死效果 以外에 幼蟲發育에 미치는 影響을 調査하기 爲하여 交配後 第17日에 幼蟲의 頭幅을 測定하여 Richards[57]의 바구미 齡期別 頭幅値(1齡 : 0.2364 mm, 2齡 : 0.3512 mm, 3齡 0.5058mm, 4~ : 0.6777 mm)를 基準으로 頭幅이 0.215 mm를 1齡, 0.344 mm를 2齡, 0.478 mm를 3齡, 0.602 mm를 4齡으로 하여 調査한 結果는 Table 10과 같다.

Table 10에서 交配 17日後의 幼蟲의 發育程度를 볼때 對照區는 1齡蟲이 3.66%, 2齡蟲이 7.32%, 3齡蟲이

Table 10. Per cent of larval instars at the 17 th day in the F_2 and backcross generations. (P_1males were treated with 0.125% of hempa.)

Instars	Types of mating			
	N♀♀×N♂♂	F_1♀♀×N♂♂	N♀♀×F_1♂♂	F_1♀♀×F_1♂♂
1 st	3.66	13.74	21.66	7.23
2 nd	7.32	13.52	11.32	8.50
3 rd	69.51	47.38	51.26	40.97
4 th	19.51	25.50	15.77	43.29
Number of larvae*	82	97	83	51

* number of larvae tested

69.51%, 4齡蟲이 19.51%인데 比해 F_1 雌蟲 退交配區는 各各 13.74%, 13.52%, 47.38%, 25.50% 그리고 F_1 雄蟲 退交配區에 있어서는 各各 21.66%, 11.32%, 51.26%, 15.77%로 이 時期까지 3齡蟲에 도달되지 못한 幼蟲의 比率이 對照區 10.98%에 比해 F_1 雌蟲 및 F_1 雄蟲 退交配區는 各各 27.26%와 32.98%로 處理區에서 幼蟲의 生育이 遲延됨을 볼수 있다. 그러나 F_1 兄妹交配區에 있어서는 2齡蟲 以下가 5.73%로 多少 生育이 늦어지는 듯 하나 오히려 4齡蟲까지에 達한 個體가 對照區 19.51%에 比해 43.29%로 發育이 빨라지는 傾向을 볼수 있었다.

이와 같은 F_1 兄妹交配 혹은 退交配 第1世代幼蟲의 發育遲延 現象에 對하여 Proshold and Bartell[51]은 밤나방의 一種 *Heliothis virescens*(Fabricius)의 숫컷에 7.5와 15.0 Krad를 照射 하였을 때 F_2와 退交配 第1世代에서 幼蟲의 發育速度가 顯著히 늦어 짐을 報告한바 있다.

Hempa 處理가 發育期間에 미치는 影響의 하나로 F_1 兄妹交配 및 退交配 第1世代의 成蟲 羽化까지의 日數를 調査한바 Table 11과 같은 結果를 얻었다.

Table 11. Effects of hempa treatments on the developmental period of the rice weevil in F_2 and backcross generations. (P_1 males were treated with 0.125% of hempa.)

Mating type	Number of adults emerged	Range (days)	Mode (days)	Median (days)	s
N♀♀×N♂♂	322	27~60	39	37.87	6.47
F_1♀♀×N♂♂	225	30~63	45	43.14	5.59
N♀♀×F_1♂♂	148	30~54	39	38.18	5.12
F_1♀♀×F_1♂♂	192	27~63	39	34.73	14.29

Table 11에서 보면 成蟲 50%가 羽化하는 中位値가 對照區 37.87日에 比하여 F_1雌蟲 退交配區는 43.14日 그리고 F_1雄蟲 退交配區는 38.18日로 發育이 늦어짐을 볼수 있다. 그러나 兄妹交配에 있어서는 中位値가 34.73日로 對照區에 比하여 오히려 發育이 빨라지는 傾向을 보였다. 兄妹交配에 있어서 中位値로 볼때 羽化까지의 期間이 短縮되기는 하지만 分散을 보면 對照區의 標準偏差 6.47에 比하여 F_2區는 14.29로 그 幅이 넓어져 個體群 內에서의 發育期間이 고르지 못함을 알수 있다.

Table 10과 Table 11의 結果를 綜合하여 볼때 Hempa의 處理效果는 F_1個體에 傳達되는 致死因子 外에 發育遲延作用을 하는 一種의 有害因子도 同時에 傳達하게 될것이 라고 생각 되었다. 그런데 이와같은 發育遲延作用은 精子를 通한것보다 卵子를 通하여 더욱크게 傳達되는 듯하다. 即 雌蟲退交配區가 雄蟲退交配區보다 羽化中位値가 길고 分散도 커지고 있다.

(2) F_3 및 退交配 第2世代에 미치는 影響

Hempa의 處理가 F_2 以後 世代에 미치는 影響을 보기 爲하여 0.125%處理區의 雄蟲 退交配區, 雌蟲 退交配區 및 F_1兄妹交配區에서 얻은 成蟲을 다시 無處理의 反對性과 各各 交配시켜 退交配 2世代를 만들고 또한 F_2 兄妹交配를 시켜 F_3 世代를 만들어 이들이 產卵한 卵의 孵化率 및 幼蟲期 致死率을 F_1 및 F_2世代에서의 境遇와 同一한 方法으로 調査한 結果 卵期 및 幼蟲期 致死率은 Table 12와 같았다.

Table 12에서 보면 모든 交配區에서 卵期 致死率이 幼蟲期 致死率 보다 높은 傾向을 나타내었다. 그리고 補正卵期 致死率을 各 交配組合에서 보면 雌蟲 退交配區 即 F_1雌蟲×無處理雄蟲에서 얻은 子孫의 次代인 BC_1雌蟲×無處理雄蟲 交配區에서 12.46%, 無處理雌蟲×BC_1雄蟲區에서 7.82%인데 比하여 BC_1個體들의 兄妹交配區인 BC_1雌蟲×BC_1雄蟲 交配區에서는 13.99%로 卵期 致死率에 미치는 効果가 높았다. 이와 마찬가지로 雄蟲 退交配區 即 無處理雌蟲×F_1雄蟲에서 얻은 子孫의 次代 交配들에서도 BC_1 雌蟲×無處理雄蟲區에서 10.94%, 無處理雌蟲×BC_1雄蟲區에서는 12.86%의 卵期 致死率에 比하여 BC_1雌蟲×BC_1雄蟲 交配區가 21.66%의 致死率로 훨씬 높은 効果를 나타내고 있다. 또한 F_2에서 얻은 子孫의 後代에서도 雌蟲 退交配區와 雄蟲 退交配區에서 各各 10.15%와 13.26%의 致死率에 比하여 F_2兄妹交配區(F_3)에서는 15.52%로 높은 卵期 致死率을 나타내고 있다.

幼蟲期 致死率에 있어서도 BC_1雌蟲×BC_1雄蟲 交配의 境遇가 雌蟲 退交配區 即 F_1雌蟲×無處理雄蟲 交配區에서 10.84%로 다른 退交配區의 5.02%와 6.71%에

Table 12. Effects of F_2 and BC_1 on the oviposition, hatchability and larval mortality in F_3 and BC_2 generations. (P_1 males were treated with 0.125% of hempa)

Mating type	No. of eggs examined	No. of eggs per♀/3 days	Hatchability	Larval mortality	Corrected*	
					Per cent unhatched eggs	Larval mortality
		BC_1 (F_1♀♀×N♂♂)				
BC_1♀♀×N♂♂	310	6.23	77.69	8.38	12.46	5.02
N♀♀×BC_1♂♂	349	5.35	81.54	10.02	7.82	6.71
BC_1♀♀×BC_1♂♂	388	7.08	76.08	14.18	13.99	10.84
		BC_1 (N♀♀×F_1♂♂)				
BC_1♀♀×N♂♂	323	7.07	78.78	7.74	10.94	4.35
N♀♀×BC_1♂♂	249	4.62	77.08	9.24	12.86	5.91
BC_1♀♀×BC_1♂♂	249	6.61	69.74	13.25	21.16	10.07
		F_2 (F_1♀♀×F_1♂♂)				
F_2♀♀×N♂♂	372	7.33	79.48	6.99	10.15	3.58
N♀♀×F_2♂♂	221	6.54	76.73	9.50	13.26	6.18
F_2♀♀×F_2♂♂	278	7.16	74.73	17.62	15.52	14.59
control	621	6.05	88.46	3.54	—	—

* Sterile eggs and larval mortality were corrected according to Abbott's formula.

比해 높은 致死率을 보이고 있으며 雄蟲 退交配區 即 無處理雌蟲×F_1 雄蟲 交配區에서도 10.07%로 다른 退交配區 4.35%와 5.91% 보다 높은 幼蟲期 致死率을 나타내고 있다. 또한 F_2의 子孫에서 얻은 F_3區에 있어서도 致死率이 14.59%로 退交配 第2世代인 F_2雌蟲×無處理雄蟲의 3.58%가 無處理雌蟲×F_2 雄蟲 交配區의 6.18%에 比하여 幼蟲期 致死率이 높은 傾向를 보였다.

이와같은 F_3나 退交配 2世代에 있어서의 致死効果에 對하여 North and Holt[47]는 배추밤나방의 一種 *Trichoplusia ni* Hüber에 部分不姙 線量의 γ-線을 照射하였을 때 致死効果가 3世代까지 影響을 미친다고 報告하고 있고 Proshold and Bartell[51]은 밤나방의 一種 *Heliothis virescens*(F.)의 숫컷에 7.5 Krad의 γ-線을 照射하였을 때 F_2 世代는 F_1보다 致死効果가 크게 나타나고 F_3 혹은 BC_2世代는 F_2나 BC_1世代에서 보다 致死効果가 낮았으나 F_3世代에서도 後胚子期의 致死効果가 나타난다고 報告하고 있다. 이와같은 硏究 報告들과 비추어 볼 때 쌀바구미에 미치는 Hempa의 處理効果도 最少限 第3世代의 卵期 및 幼蟲期 致死에 影響한다고 생각된다.

한便 F_3 혹은 退交配 第1世代에서 얻은 個體들의 兄妹交配 子孫들의 卵期 및 幼蟲期 致死率이 退交配 第2世代 (BC_2) 혹은 F_2 退交配 子孫들의 致死率보다 높게 나타난다는 結果는 致死因子가 同型接合子(Homozygote)의 상태로 되었을 때 비로소 發見되는 劣性致死因子가 作用한 結果라고 생각 된다.

이와 같은 化學的 不姙劑 處理에 依한 劣性致死因子의 誘發에 對하여 Walker and Pederson[64]은 사탕수수 해충의 一種 *Diatraea saccharalis*(F.)의 遺傳性 部分不姙에 依한 集團抑制에 關한 硏究에서 部分不姙性을 利用할 境遇 劣性致死因子가 作用하기 때문에 그 効果가 2~3 世代 동안 미치게 되리라고 推定하고 있으며 Palmquist and LaChance[48] 및 George et al[13]은 Hempa 處理가 劣性致死因子의 誘發作用도 나타낸다고 報告하고 있다.

V. 結　　論

本 實驗은 化學的 不姙劑의 一種인 Hempa가 誘起한 部分不姙性의 後代傳達機作을 究明코져 쌀바구미를 材料로 하여 當代에 미치는 生物學的 影響 및 後代에 미치는 影響을 F_1, F_2 그리고 F_3代에 걸쳐 調査하였다.

(1) Hempa 處理가 當代에 미치는 影響

Hempa 水溶液 0.0625%, 0.125%, 0.25% 및 0.50%로 處理한 小麥을 飼料로 숫컷을 食餌處理하였을 때 숫컷의 壽命, 交尾行動 그리고 致死率에는 아무런 影響이 없는 것으로 생각되며 이와같은 處理를 받은 숫컷과 交尾한 암컷은 27日間에 32.5~36.5個의 卵을 産卵하여 正常的인 交尾雙에서 얻은 32.4個와 큰 差가 없었고 未交尾雌蟲의 産卵數 17.2個에 比하여 큰 産卵數의 差를 나타내는 것으로 미루어 交尾行動에는 影響이 없는 것으로 생각되었다.

(2) Hempa 處理가 F_1에 미치는 影響

여러가지 濃度의 Hempa로 處理된 숫컷을 正常的 암컷과 交尾케 하고 이에서 얻은 卵의 孵化率, 幼蟲期, 蛹期의 致死率 및 成蟲羽化率을 調査하였다.

平均 孵化率은 處理區는 無處理區에서 보다 낮았으며 濃度의 增加에 따라 減少하여 Hempa는 孵化率에 影響을 미친다고 볼수 있었다. Flint and Kressin[12]은 밤나방의 1種 *Heliothis virescens*(Fabricius)의 γ-線照射雄蟲의 交尾競爭 試驗에서 암컷의 産卵數는 交尾本能의 充足과 密接한 關係가 있다고 하고 交尾 與否, Spermatotheca의 挿入, Spermatotheca 內의 精蟲 存在 有無等이 産卵數와 關係가 있다고 하였는데 本 實驗에서 處理雄蟲과 交尾한 암컷의 産卵數가 正常的인 交尾雙과 差가 없음을 볼때 處理濃度 0.0625%~0.5% 範圍內에서는 精子의 正常的인 行動이 있었던 것으로 생각된다. 따라서 處理區에서의 孵化率 減少는 암컷에 옮겨진 精子의 質的變化 即 受精過程이나 受精後의 胚子發生 途中에 이러나는 致死率에 基因하는 것으로 생각된다.

한便 處理區에 있어 숫컷의 不姙効果는 處理後 10~12日까지는 減少하고 그 後에는 回復하였는데 處理後 不姙性의 經時的 變動은 濃度에 따라 差가 있었으나 (Fig. 1) 모든 濃度에서 最低의 孵化率을 나타내는 區는 處理後 10~12日이었다. 그 後 孵化率 回復은 낮은 濃度區에서 急激하였고 高濃度區에서는 遲延되어 實驗終了日인 27日 까지도 0.5%區에서는 完全한 回復現象을 볼수 없었다.

이와같은 處理區에서의 孵化率 回復現象은 쌀바구미와 같이 壽命이 긴 昆蟲에서는 精子形成이 繼續하여 이리나고 있어 處理當時 精子發育狀態와 關係가 있는 것으로 생각된다. Chandley and Bateman[2]은 초파리에 1 Kr의 X-線을 照射하였을 때 突然變異 誘發作用에 對한 感受性은 精母細胞에서 가장 높았고 精原細胞와 精子는 가장 낮았다고 하였는데 前記 10~12日間에서 孵化率이 가장 낮았던 것은 이와같은 Hempa에 對하여 가장 感受性이 큰 發育段階의 것에 依하여 受精된 알들이 있었다고 생각하면 理解할수 있을 것이다. 또 濃度가 높아짐에 따라 初期부터 孵化率 減少가 甚하고 回復에 時日을 要한다는 것은 前述한 바와같은 感受性이 큰 段階를 中心으로 그 前後 精子發生 段階에 있어서의 感受性은 낮아지나 濃度가 높아짐에 따라 이들도 影響을 받게 됨을 意味하나 精巢內의 原始生殖細胞나 完全히 精子까지 發生한 것은 處理 最高濃度인 0.5%에서도 完全히 受精能力을 喪失하지 않음을 意味하는 것으로 생각되나 이와같은 問題는 細胞學的 面에서 좀더 追究되어야 할것으로 생각된다.

處理區에서는 後胚子 發生中의 致死率도 높았으며 孵化率에 있어서와 같은 處理後의 經時的 變動을 볼수없었다. 卵期致死率과 幼蟲期 致死率을 調査한바 0.0625%와 無處理에서는 相關關係를 찾아 볼수 없었다. 이것은 極히 낮은 濃度에서는 Hempa處理에 對하여 極히 感受性이 높은 精子發生 段階를 除外하면 거이 處理의 影響을 받지 않는 다고 생각 된다.

孵化率이나 幼蟲期 致死率과는 달리 蛹期 致死率은 낮은濃度 處理에서 높고 高濃度 處理區에서 낮아짐을 보았다(Table 5). 이와같은 關係는 高濃度 處理區에서는 卵期와 幼蟲期에서의 致死를 通한 甚한 淘汰作用이 있었던 關係로 생각되며 羽化까지에 要하는 日數(Table 6)를 볼때 最頻値에 있어서 0.0625%區가 그보다 높은 處理區의 그것보다 길다는 點으로도 알수 있을 듯 하다

以上의 結果를 綜合하여 볼때 本 實驗에서 使用한 濃度範圍內의 Hempa處理를 받은 숫컷은 當代의 行動習性에는 거이 影響을 받지 않으나 生殖細胞가 影響을 받아 後代에 致死因子로 傳達됨을 알수 있다. 이와같은 致死因子의 發現은 卵期, 幼蟲期 및 蛹期 等에 나타나며 이와같은 致死突然變異 因子의 發現에 對한 感受性은 幼蟲期 보다 卵期가 높았다.

(3) 致死因子의 後代 傳達

Table 5에서 보면 F_1代의 卵期 및 幼蟲期 致死率에 顯著한 影響을 미치게 되고 F_2世代에 있어서도 顯著한 致死効果를 나타내게 되는 것으로 보아 Hempa의 處理効果는 優性致死突然變異에 基因된 것이라고 볼수 있으며 第2世代에 나타나는 높은 致死効果는 이들 優性致死突然變異가 主로 染色體 異常에 依한 것이라고 생각할수 있다. 即 染色體 異常이란 缺失 및 轉座 等을 들수 있는데 染色體의 缺失을 同伴한 個體들은 F_1代의 個體가 發生하는 途中에 致死하게 되며 轉座와 같은 染色體 異常을 同伴한 個體가 F_1成蟲으로 羽化하게 되어 이들 個體가 配偶子를 形成할때 重複과 缺失을 갖는 配偶子를 만들어 F_2個體에 傳達하여 주게 됨으로 F_2 혹은 退交配第1世代에서 致死作用이 나타난 것이라고 推論할수 있다.

또한 Table 9에서 볼수 있는 바와 같이 雌 雄別 退交配區에서 致死作用의 特性이 다르다. 即 F_1雌蟲 退交配區에 있어서는 卵期 致死率이 幼蟲期 致死率보다 훨씬 높다.

이와같은 現象은 F_1個體가 配偶子 形成時 生殖細胞의 染色體에 缺失 및 重複과 같은 遺傳的 傷害(Genetic damage)를 傳達받게 되는 때문이 라고 생각되며 比較的 큰 遺傳的 傷害는 卵을 通하여 次代 個體에 傳達될 수 있으나 이와같은 傷害를 同伴한 精子는 配偶子競合(Gametic screening)에 依하여 相當量이 受精過程이나

胚子發生中에 正常的인 過程이 이루어 지지 못하게 되므로 일어난 現象이 아닌가 생각되나 이 問題는 앞으로 細胞遺傳學的인 面에서 더 追究되어야 할 問題라고 생각된다.

Hempa의 處理效果는 F_3나 退交配 第2世代에서 卵期 및 幼蟲期 致死率에 있어서 遺傳的으로 Heterozygous 상태인 BC_2에서도 影響이 나타나는 것을 보면 F_2의 生存個體들도 染色體異常같은 遺傳的 傷害를 多少 保有하게 된다고 생각할 수 있으며 退交配에서 보다 兄妹交配區에서 더욱 큰 致死效果를 나타내고 있는 것으로 보아 劣性致死因子도 誘發되어 子孫集團에 傳達된다고 생각된다.

한便 本 實驗을 通하여 얻은 附隨的 利得은 Hempa 處理가 性比不均衡, 發育 遲延 및 生殖力減退 等과 같은 有害突然變異를 誘發할 可能性이 있다는 點이며 Klassen et al[26]이 强調하듯이 休眠機能의 喪失과 같은 條件致死因子(Conditional lethal factor)의 利用이 害蟲防除에 있어서 效果的인 한 方法이 될수 있을 것이란 點으로 볼때 部分不姙性은 勿論 이와같은 條件致死因子 내지는 有害突然變異因子에 對한 硏究도 이루어 져야할 重要한 課題라고 생각된다.

Ⅵ. 摘　　要

本 實驗은 Hempa 處理가 쌀바구미(*Sitophilus oryzae* L.)에 미치는 生物學的 影響과 部分不姙性의 遺傳性에 미치는 影響을 調査하기 爲하여 羽化後 1～3日된 숫컷을 0.0625%, 0.125%, 0.25%, 및 0.5%의 Hempa로 處理된 小麥에서 2日間 攝食處理하여 當代의 致死率, 壽命 및 產卵數에 미치는 影響을 調査하고 F_1, F_2, BC_1, F_3 및 BC_2 世代에 미치는 處理效果를 調査하여 다음과 같은 結果를 얻었다.

(1) 處理雄蟲의 平均壽命은 對照區에 比하여 差가 없었으며 當代 致死率도 0.5% 處理時 補正 致死率은 7.07%로 有意差가 없었다.

(2) 處理雄蟲과 交配된 正常 雌蟲의 3日間 平均 產卵數는 無處理區 3.60에 比하여 0.0625%, 0.125%, 0.25% 및 0.5%區에서 各各 3.78, 4.05, 3.75 및 3.61個로 有意差가 없었으며 非交配雌蟲 區에서는 1.91로 顯著한 產卵數의 減少를 보였다.

(3) 處理雄蟲과 無處理雌蟲의 交配에서 얻은 F_1代의 處理後 27日間 總平均 孵化率은 對照區 86.82%에 對하여 0.0625%, 0.125%, 0.25% 및 0.5%區에서 各各 64.77%, 53.47%, 40.33% 및 24.78%로 處理濃度의 增加에 따라 孵化率이 減少되었다.

(4) 處理後 產卵 時期別로 產下된 卵의 孵化率은 모든 處理區에서 處理後 10～12日까지는 孵化率이 減少하다가 그後 다시 增加하는 回復現象을 보였다.

(5) 高濃度 處理區인 0.5%區에서는 處理後 1～3日에 產下된 卵의 孵化率이 낮았고 10～12日 以後에도 回復의 速度가 느렸다. 이와같은 現象은 配偶子 形成 過程에서 影響을 받는 時期의 範圍가 넓기 때문이 라고 생각되었다.

(6) 幼蟲期 致死率은 對照區 6.55%에 比하여 0.0625%, 0.125%, 0.25% 및 0.5%區에서 各各 17.89%, 27.40%, 35.42% 및 52.17%로 處理濃度의 增加에 따라 致死率의 增加를 보였다.

(7) 卵期 致死率과 幼蟲期 致死率의 關係는 0.125%, 0.25%, 0.5%處理區에서 相關係數가 각각 $r=+0.89$, $+0.83$ 및 $+0.85$로 卵期 致死와 幼蟲期 致死는 同一型의 影響임을 알수 있었다.

(8) 致死因子 發現에 對한 卵期와 幼蟲期의 感受性은 各各 $SC_{50}=0.133\%$ 및 $LC_{50}=0.565\%$로 卵期가 幼蟲期보다 感受性이 컸다. 또한 未羽化에 미치는 影響은 이들 둘의 共同作用의 結果임으로 $EC_{50}=0.09\%$로 더욱 感受性이컸다.

(9) F_1代의 羽化 成蟲은 0.125%, 0.25% 및 0.5% 處理區에서 암컷對 숫컷의 比率이 100 : 125, 100 : 108 및 100 : 124로 숫컷의 出現頻度가 높은 듯 하였으나 羽化 個體數가 적은 關係로 統計的인 有意性은 없었다.

(10) P_1이 處理後 16～18日에 產下한 卵에서 羽化한 F_1 雄蟲을 無處理 雌蟲과 交配하였을 때 0.0625%區에서는 13.88%, 0.125%區에서는 33.04%의 卵期 致死率을 나타내었고 F_2도 各各 31.01%와 38.73%의 致死率을 나타내고 있어 染色體 異常의 結果라고 생각되었다.

(11) F_2世代의 幼蟲期 致死率은 雌蟲 退交配區가 雄蟲 退交配區 보다 높았고 F_1 兄妹交配에서 가장 높았다.

(12) F_2 및 BC_1世代의 幼蟲發育은 產卵後 第17日에 1～2齡蟲이 對照區 10.98%에 比해 雌蟲 退交配區, 雄蟲 退交配區 및 F_2區에서 各各 7.26%, 32.98% 및 15.73%로 分化의 遲延作用을 나타내는 듯하였다.

(13) F_3世代에서도 卵期 및 幼蟲期 致死率이 兄妹交配區가 退交配區 보다 높았다. 이는 劣性致死因子가 影響한 때문이라고 생각된다.

(14) Hempa 處理에 依하여 誘起된 不姙은 主로 轉座나 缺失과 같은 染色體 異常으로 誘起되는 優性致死突然變異에 基因된 것이라고 생각되었으며 이들 因子의 影響은 處理後 第3世代에까지 傳達됨을 알수 있었다.

Ⅶ. 引 用 文 献

1. Borkovec, A.B., S. Nagasawa, and H. Shinohara. 1968. Sterilization of the Azuki bean weevil, *Callosobruchus chinensis*, by metepa and hempa. J. Econ. Ent. 61 : 695-698.
2. Chandley, A.C., and A.J. Bateman. 1960. Mutagenic sensitivity of sperm, spermatids, spermatocytes and spermatogonia in *Drosophila melanogaster*. Heredity 15 : 363-375.
3. Chang, S.C., and A.B. Borkovec. 1964. Quantitative effect of tepa, metepa and apholate on sterilization of male house flies. J. Econ. Ent. 57 : 488-490.
4. Chang, S.C., P.H. Terry and A.B. Borkovec. 1964. Insect chemosterilants with low toxicity to mammals. Sci. 144 : 57-58.
5. Chang, S.C. 1965. Chemosterilization and mating behavior of male house flies. J. Econ. Ent. 58 : 669-672.
6. Cogburn, R.R., E.W. Tilton, and W.E. Burkholder. 1966. Gross effect of gamma radiation on the Indian meal moth and Angoumois grain moth. J. Econ. Ent. 59 : 682-685.
7. Crystal, M.M. and L.E. LaChance. 1963. The modification of reproduction in insects treated with alkylating agents. I. Inhibition of overian growth and egg production and hatchability. Biol. Bull. 125 : 270-279.
8. Crystal, M.M. 1963. The induction of sexual sterility in the screw worm fly by antimetabolites and alkylating agents. J. Econ. Ent. 56 : 468-473.
9. Crystal, M.M. 1970. Effects of delayed fertilization in screw worm flies on induction of dominant lethal mutations by N, N-tetramethylenbis (1 Aziridine carboxamide). Ann. Ent. Soc. Amer. 63 : 71-74.
10. Downey, J.E. 1968. Effects of the chemosterilant hempa on gypsy moth metamorphosis. J. Econ. Ent. 61 : 846.
11. Flint, H.M. and E.L. Kressin. 1968. Gamma irradiation of the tobacco budworm : Sterilization, competitiveness and observations on reproductive biology. J. Econ. Ent. 61 : 477-483.
12. Flint, H.M. and E.L. Kressin. 1969. Transfer of sperm by irradiated *Heliothis virescens* and relationship of fecundity. Can. Ent. 101 : 500-507.
13. George, J.A. and A.W.A. Brown. 1967. Effect of the chemosterilant hempa on the yellow-fever mosquito and its liability to induce persistance. J. Econ. Ent. 60 : 974-978.
14. Hafez, M., M.F. Osman, S. El-Eiady, A.A. Elmoursy, and M.A.S. Erakey. 1969. Studies on control of house flies in Egypt by chemosterilants. I. Laboratory studies on *Musca domestica vicina*. J. Econ. Ent. 62 : 324-329.
15. Hafez, M., M.F. Osman, and M.A.S. Erakey. 1970. Studies on control of house flies in Egypt by chemosterilants. Ⅲ. Sterilization of *Musca sorbens* by apholate, tepa, and hempa. J. Econ. Ent. 63 : 1167-1169.
16. Haynes, J.W., P.A. Hedin, and T.B. Davich. 1966. Hempa and apholate as chemosterilants for the boll weevils. J. Econ. Ent. 59 : 1014-1015.
17. Hedin, P.A., C.P. Cody, and A.C. Thompson Jr. 1964. Antifertility effect of chemosterilant apholate on the male boll weevil. J. Econ. Ent. 57 : 270-272.
18. Hedin, P.A., G. Wiygul, D.A. Vickers, A.C. Bartlett and N. Mitlin. 1967. Sterility induced by tepa in the boll weevil: Effective dose and permanency, gonadal changes and biological turnover of labeled compound. J. Econ. Ent. 66 : 209-214.
20. Henneberry, T.J. and A.N. Kishaba. 1966. Effects of some chemosterilants on the viability of eggs, fecundity, mortality and mating of the cabbage looper. J. Econ. Ent. 59 : 156-159.
21. Henneberry, T.J. A.N. Kishaba., M.Z. Iqbol, and B.B. Klingler. 1969. Reproduction, longevity and flight of cabbage looper moths treated topically with tepa. J. Econ. Ent. 61 : 1536-1539.
22. Hyun, J.S. and J.W. Shim. 1965. The effects of tepa on the biology of rice weevil, *Sitophilus oryzae* L. Seoul Univ. Jour. Agr. and Bid. Series (B) 16 : 55-62.
23. Hyun, J.S., K.H. Chung, J. Ryu, S.H. Kwon. 1972. Study on the mating ability and competitiveness of the radiation irradiated males of rice stem borer. Korean J. Pl. Prot. 11 : 25-30.
24. Jalil, M. and P.E. Morrison, 1969. Chemosterili-

zation of the two-spotted spider mite. II Histopathological effect of apholate and 5-fluorouracil on the rproductive organs. J, Econ. Ent. 62 : 400-403.

25. Kaur, D. and P.C. Steve. 1969. Induced sterility in face fly; initial and sustained effects of hempa and metepa. J. Econ. Ent. 62; 1462-1464.
26. Klassen, W., E.F. Knipling, and J.V. McQuire Jr. 1970. The potential for insect population suppression by dominant conitional lethal traits. Ann. Ent. Soc. Amer. 63 : 238-255.
27. Knipling, E.F. 1959. Sterile male method of population control. Sci. 130 : 902-904.
28. Knipling, E.F. 1966. Some basic principles in insect population suppression. Bull. Ent. Soc. Amer. 12 : 7-15.
29. LaBrecque, G.C., P.H. Adock, and C.N. Smith. 1960 Test with compounds affecting house fly metabolism. J. Econ Ent. 53 : 802-804.
30. LaBrecque, G.C. 1961. Studies with three alkylating agents as house fly sterilants. J. Econ. Ent. 54 : 684-689.
31. LaBrecque, G.C., C.N. Smith and D.W. Meifert. 1962. A field experiment in the control of house flies with chemosterilant bait. J. Econ. Ent. 55 : 449-451.
32. LaChance, L.E. and A.P. Leverich. 1968. Chemosterilant studies on bracon (*Hymenoptera; Braconidae*) sperm. I. Sperm inactivation and dominant lethal mutations. Ann. Ent. Soc. Amer. 61 : 164-173.
33. Ladd, T.L. Jr., C.W. Collier, and E.L. Plasket. 1968. Mass sterilization of Japanese beetle with tepa and determination of residues. J. Econ. Ent. 61 : 942-944.
34. Ladd, T.L. Jr. 1968. The permanent and cumulative effect of tepa induced sterility in male Japanese beetles. J. Econ. Ent. 61 : 1058-1059.
35. Lindpuist, A.W. 1955. The use of gamma-radiation for control or eradication of the screw-worm. J. Econ. Ent. 48 : 467-469.
36. Lindquist, A.W., L.J. Gorzycki, M.S. Mayer, A.L. Scales, and T.B. Davich. 1964. Laboratory studies on sterilization of the boll weevil with apholate. J. Econ. Ent. 57 : 745-750.
37. Lippold, P.C., F.L. Gambrell, and L.M. Massey. Jr. 1968. Effects of ionizing radiation on the European chafer, the plum curculio and the large milk weed bug. Ann. Ent. Soc. Amer. 61 : 151-158.
38. McFadden, M.W. and R.E.P. Rubio. 1966. Laboratory techniques for evaluating hempa and other chemosterilants against the Mexican fruit fly. J. Econ. Ent. 59 : 1400-1402.
39. 松澤寛：丸山勝已 1967. イエバエに 對する hempa の 不姙効果について(1) 香川大學，應用昆蟲學研究室 時報，No. 4 : 1-7.
40. Mendoza, C.E. and D.C. Peters. 1968. Histochemical effects of apholate on the reproductive organs of southern corn rootworm. J. Econ. Ent. 61 : 416-420.
41. Morgan, P.B., G.C. LaBrceque, C.N. Smith, D.W. Meifert, and C.M. Murvosh. 1967. Cumulative effects of substerilizing dosages of aphlate on laboratory populations of the house fly.J. Econ. Ent. 60 : 1064-1067.
42. Morgan, P.B., M.C. Brown, and G.C. LaBrecque. 1968. Uptake and persistence of metepa and hempa in the house fly. J. Econ. Ent. 61 : 805-808.
43. Nagasawa, S. and I. Nakayama. 1968. Joint sterilizing effect of a mixture of hempa and thio-hempa, and of hempa N,N,N′, N′-tetramethyl-p-morpholino-phosphirc diamide on the azuki bean weevil, *Callosobruchus chinensis* L., studies on the chemosterilants of insects, XIII. Jap. J. Appl Ent. and Zool. 12(4) : 194-201.
44. North, D.T. 1967. Sperm storage: Modification of recovered dominant lethal mutations induced by tritamine and analogs. Mutation Res. 4 : 225-228.
45. North, D.T. 1967. Radiation induced male sterility exhibited in the P_1 and F_1 generation in Lepidoptera. Radiat. Res. 4 : 225-228.
45. North, D.T. 1967. Radiation indced male sterility exhibited in the P_1 and F_1 generation in Lepidoptera. Radiat. Res. 31 : 615 (Cited from North and Holt 1968).
46. North, D.T. and G.G. Holt. 1968. Inherited sterility in progeny of irradiated male cabbage loopers. J. Econ. Ent. 61 : 928-931.
47. North, D.T. and G.G. Holt. 1969. Population suppression by transmission of inherited sterility to progeny of irradiated cabbage loopers, *Trichoplusia*

ni Can. Ena. 101 : 513-520.

48. Palmquist, J.E. and L.E. LaChance 1966. Comparative mutagenesity of two chemosterilants, tepa and hempa in sperm of *Bracon hebetor* Sci. 154 : 915-917.
49. Proshold, F.I. and J.A. Bartell. 1970. Inherited sterility in progeny of irradiated male tobacco budworms: Effect on reproduction, developmental time and sex ratio. J. Econ. Ent. 63 : 280-285.
50. Proshold, F.I and J.A. Bartell. 1972. Postembryonic growth and devolopment of F_1 and F_2 tobacco bud worms(Lepidoptera: Noctuidae) from partially sterile males. Can. Ent. 104 : 165-172.
51. Proshold, F.I. and J.A. Bartell. 1972. Inherited sterility and postembryonic survival of two generations of tobacco budworms, *Heliothis virescens* (Lepidoptera : Noctuidae) from partially sterile males. Can. Ent. 104 : 221-230.
52. Proverbs, M.D. and J.R. Newton. 1962. Some effects of gamma radiation on the reproductive potential of the codling moth, *Carpocapsa pomonella* (L). (Lepidoptera: Olethreutidae). Can. Ent. 94 : 1162-1170.
53. Proverbs, M.D. 1962. Progress on the use of induced sexual sterility for the control of the codlingmoth, *Carpocapsa pomonella*(L). Proc. Ent. Soc. Ontario 92 : 5-11.
54. Proverbs, M. D. and J.R. Newton 1962. Influence of gamma radiation on the development and fertility of the codling moth, *Carpocapsa pomonella*(L) (Lepidoptera: Olethreutidae) Can. J. Zool. 40 : 401-420.
55. Rai, K.S. 1964. Cytogenetic effects of chemosterilants in mosquitoes. I. Apholate-induced aberrations in the somatic chromosomes of *Aedes aegypti* L. Cytologia 29 : 346-353.
56. Reinecke, L.H., W. Klassen, and J.F. Norland. 1969. Damage to tests and recovery of fertility in boll weevils fed chemosterilant. Ann. Ent. Soc. Amer. 62 : 511-525.
57. Richards, O.W. 1947. Observations on grain weevils, *Calandra*. I. General biology and oviposition. Proc. Zool. Soc. London 117 : 1-43.
58. Schmidt, C.H., D.A. Dane, and D. E. Weidhaas. 1964. Radiosterilization vs chemosterilization in house flies and mosquitoes. J. Econ. Ent. 57 : 753-756.
59. Smith, C.N., G.C. LaBrecque, and A.B. Borkovec. 1964. Insect chemosterilants. Ann. Rev. Ent. 9 : 269-284.
60. Smittle, B.J., J.B. Schmitt, and G.S. Burden. 1966. Effects of tepa on the reproductive organs and embryogeny of the German cockroach. J. Econ. Ent. 59 : 1419-1423.
61. Toppozada, A., S. Abdallah,and M.E. Eldefrawi. 1966. Chemosterilization of larvae and adult of the Egyptian cotton leafworm, *Prodenia litura*, by apholate, metepa, and tepa. J. Econ. Ent. 59 : 1125-1128.
62. VonBorstel, B.C. 1960. Population control by release of irradiated males. Sci. 131 : 878-882
63. Walker, D.W. and V. Quintana. 1968. Inherited partial sterility among survivors. from irradiated eradication experiments. J. Econ. Ent. 61 : 318-319.
64. Walker, D.W., and K.B. Pedersen. 1969. Population models for suppression of the sugarcane borer by inherited partial sterility. Ann. Ent. Soc. Amer. 62 : 21-26.
65. Whiting, A.R. and R.C. VonBorstel. 1954. Dominant lethal and inactivation effects of nitrogen mustard on Habrobracon sperm. Genetics 39 : 317-325.