

^{137}Cs のアズキゾウムシに対する不妊効果

人工不妊昆虫の生態に関する研究 II*

清久正夫・佃 律子

Effects of the ^{137}Cs on the Sterilities of *Callosobruchus chinensis* L.

Studies on the Ecology of Insect which was sterilized
Artificially (Gamma Radiation) II.

MASAO KIYOKU and RITSUKO TSUKUDA

In the present studies several experiments have been conducted to obtain the basic informations on the so-called sterile male technique using the gamma radiation, ^{137}Cs .

1) In the first experiment concerning the effect on fertility of irradiation in the pupal stage, untreated females mated with males exposed to 8000 γ in the pupal stage, produced fewer eggs than the control and none of the eggs were hatched. Females, irradiated at 6000 γ in the pupal stage and mated with unirradiated males, also deposited a few no-viable eggs. Survived adults from the irradiation were almost normal in their behaviours as well as their appearances compared with the adults of controls.

Thus, we suggest that the dosages of ^{137}Cs required to complete sterilization of *Callosobruchus chinensis* are above 6000 γ for females and above 8000 γ for males. However, the percentages of emergence from male pupae exposed to 8000 γ and the female ones exposed to 6000 γ were approximately 40% and 50%, respectively. Moreover, adult females and males, especially females from pupae irradiated by the gamma radiation were inclined to be shorter-lived than adults from untreated pupae.

2) Virgin females were mated first with males irradiated at 6000 γ and three days later with unirradiated males. These females produced no-viable eggs until the subsequent mating with unirradiated males, after which they produced considerably fewer viable eggs than the control. But, when virgin females were mated first with untreated males and three days later with treated males, they produced as many viable eggs as the control. We may conclude that if virgin females are mated first with irradiated males, the sterile male effect may be expected although these females are mated some days later with normal males, but the sterile effect of irradiated males on adult females which have already been mated with normal males may be unexpected.

3) The last experiment demonstrated a reduction of population in the F_1 generation by the introducing of some irradiated males or females into the confined population containing normal males and females at a ratio I:I.

An about 50% reduction of the F_1 generation was observed when treated males, irradiated when they were pupae with 6000 γ , were confined at ratio of 6 treated males to 1 untreated male and 1 untreated female weevils. On the other hand, when treated

*. 昭和42年度文部省科学研究費(各個)による。昭和43年4月、日本応用動物・昆虫学会大会(東京)において講演をした(同要旨P.33)。

females were confined with untreated male and female weevils at ratio of 8:I:I., the reduction of F_1 generation was somewhat lower than the former case.

緒 言

放射線による、いわゆる“Sterile Male Technique”の基礎的研究はアメリカにおけるScrew wormの実験以来、いろいろの昆虫について外国では比較的よく研究されている。しかし我が国ではこの方面の研究の例がこれまでにほとんどない。また本研究において放射線の線源として用いた ^{137}Cs は、これを昆虫の致死や不妊の実験に用いた例が外国においてもきわめて少ない。

そのような現況にかんがみ、筆者らは ^{137}Cs を線源とし、実験室内において飼育し繁殖させたアズキゾウムシ *Callosobruchus chinensis* L. を実験材料として昆虫の不妊に関する研究をはじめた。まず ^{137}Cs によってこの昆虫を不妊にするための適当線量や、それを照射する適期のような予備の実験が必要であったので、各種の発育時期の幼虫、蛹、成虫のそれぞれに10種以上の異なった線量を照射してみた。その実験成績は本研究の第I報としてまとめて発表している(清久・佃1968)。

それらの実験によれば、一定系統に属するもので、 30°C 定温の下で飼育したアズキゾウムシでは、産卵後18日目(この場合大部分のものが蛹になっている)に6000r内外を照射すると、その後の成虫の発生率は60%内外(対照区では85~90%)となるが、発生した成虫は外見的に正常で活動性も変化していなかった。それらの雄(雌)を正常の雌(雄)に配したときは卵は得られるが、そのほとんどが孵化しなかった。今回の実験は第I報に基づき次の3つの目的をもって実施された。

- (1) 前回の予備実験でアズキゾウムシを不妊にする線量は大体見当がついたので、6000rの附近の線量を用いて雌雄ごとに適線量をもっと正確にする。
- (2) この昆虫は羽化脱出するとすぐに交尾し産卵をはじめ、その後雄は別の何頭かの雌へも交尾を試みるようであり、また一度交尾をした雌もその後に別の雄を受け入れるようである。したがって処女雌が不妊処理の雄と交尾をすればその産出される卵が発育しなくても、その後その雌が正常な雄と交尾をすれば、その後は若干の授精卵を産出して処理雄を用いた効果が減少するかも知れない。また処女雌がはじめに正常雄と交尾しておれば、その後にその雌に処理雄を配しても効果が期待されるかどうかはうたがわしい。それらの関係を実験的に明らかにする。
- (3) 実験的に所定の棲息環境を作り、その中へ正常な雄と雌の何対かと、その何倍かの不妊処理雄または雌を同時に導入したとき、どのような条件のときに不妊処理虫を入れた効果が認められるかを実験的に明らかにする。

I 材料および方法

この実験に用いた放射線は ^{137}Cs で、そのr線照射装置は線源より20cmの距離において1時間当たり4000rが得られるものであった。照射時の温度は室温であった。

材料として用いたアズキゾウムシは農学部書虫学研究室において 30°C に調節した定温器内で、毎代飼育繁殖させた普通飼育系統に属するものである。成虫はつとめて小豆1個に1卵ずつ産卵させるようにした。そのような豆を底面に一重に並べて入れた径9cmのシャーレを照射装置の中へ所定時間入れた。羽化予定日の2・3日前に放射の処理をした豆も対照区の豆もそ

れぞれ1個ずつ径1cm, 長さ10cmのガラス管に入れて線栓をしてその内で羽化させた。その理由は羽化脱出すればすぐ交尾するから、羽化前に雌雄を完全に分離しておく必要があったからである。

本研究の目的(I)に関する実験では、計画した材料を処理群と対照群に大別し、それぞれの群において所定卵数に対する羽化した成虫数の百分比(羽化率と呼ぶ)を調査し、またそれぞれの群の羽化した成虫の1部を雌雄ごとに9cmシャーレ内に入れ、毎日死虫の数をかぞえて中央致死日(LT-50)を判定し、これを成虫の寿命(日)とした。不妊かどうかを知る方法は、雌雄5対ずつで処理雄×処理雌、正常雄×処理雌、処理雄×正常雌および対照区として正常雄×正常雌の4種の交配組み合わせを行ない、それぞれの組から生ずる産卵数(正常卵と不良卵の区別をしてある)と、所定卵数に対する羽化脱出成虫数の百分率(発育率と呼ぶ)を調べた。なおこれらは同一種実験を3回繰り返し行なって、その平均値を用いることにしている(3回繰り返しは以下の実験においても同様)。

目的(2)に関する実験では、処女雌5に対して処理雄5を配し交尾産卵させ、3日目に別の飼育用シャーレ内にて上記の雌5に対して別の正常雄5を配し交尾産卵させて、3日目以前とその後の産卵数と発育率を調査する一方、処女雌5に対して正常雄5を配して後3日目に別のシャーレ内でその雌5に対して処理雄5を配して交尾産卵させ、前後期それぞれの産卵数と発育率とを調査した。なお、これから得られる実験成績と比較するいわゆる対照区の各種の組み合わせ実験も実施した(細部は第3表参照)。

目的(3)に関する実験では、棲息環境としては12cmシャーレ(このふたは中央に径3cm丸形の穴を有する厚さ4mmのガラス円盤で、その穴には金網を張った)内に小豆を一重に並べて入れ、これを30°C定温器内に置いた。それらのシャーレ内へ導入するアズギゾウムシ成虫は正常雌雄5対、これに対する処理雄または処理雌の数はそれらの3~8倍であった。それらの雌雄を導入する時は3種のを同時に手ばやく入れ自由に交尾させるようにした。調査項目は各組み合わせの産卵数と発育率である。なお、この実験では、各種の組み合わせとも羽化した成虫の中から任意に雌雄5対を取り出し交尾、産卵させ、γ線照射の影響が次の代にまで及ぶかどうかの調査も行なった。

II 実 験 成 績

1. 不妊実験のための適線量決定に関する実験。予備実験で適線量が6000r内外と考えられたので、これを中心に4000r, 6000rおよび8000rの3種の線量によって各種線量とも3回ずつの照射を行なった。それらの実験から蛹を処理してからの成虫の羽化率と成虫の寿命(LT-50)の平均値を示したのが第1表である。

Table 1. Percentages of adult emergence from the pupae irradiated with ¹³⁷Cs and the longevity of resulting adults

Dose (K _r)	Percentage of emergence (%)	Longevity of adults (LT-50, days)	
		Male	Female
4	55.9	7.6	11.7
6	49.5	5.7	9.5
8	41.3	6.3	8.6
C	76.1	7.8	11.6

第1表によると、一般に処理区の羽化率は対照区の76.1%に比べて、いずれもかなり低い値を示している。しかし羽化した成虫は一見正常と大差がなく、その活動性も対照区に比べていちじるしい相違を示さなかった。寿命に関しては4000r照射区のもは対照区と大差がないが、6000r、8000r区においてはやや短命の傾向がみられ、その差は特に雌成虫においてかなり明らかである。

これらの成虫がr線照射によって不妊になったかどうかを調べる実験では、すでにのべたような各種組み合わせの交配を行なって、各組み合わせそれぞれから得られる産卵数と、卵の良否および次代成虫までの発育率を調べた。3回繰り返し実験の平均値を示したのが第2表である。

Table 2. Effect of 6K γ of gamma radiation on fertility of weevils treated in pupal stages

Dose (K γ)	Mating	Number of eggs			Percentage of yield of adults (%)		
		T♂ × T♀	U♂ × T♀	T♂ × U♀	T♂ × T♀	U♂ × T♀	T♂ × U♀
4		14.3 (2.0)	46.9 (25.3)	78.9 (36.3)	2.7	0.9	16.3
6		31.3 (9.0)	12.3 (5.3)	55.6 (30.3)	0	0	9.3
8		1.6 (0.3)	4.3 (1.3)	77.0 (10.3)	0	0	0
C		U×U: 241.3			U×U: 76.4		

T♂: Treated male, U♀: untreated female, C: Control, The figures in parentheses indicate the numbers of viable eggs.

まず産卵数をみると、どの線量のどの組み合わせにおいても対照区の241.3に対して明らかに少ない。そして産卵数は一般に線量の増加に対して減少する。卵の内では明瞭に良卵と判断される卵数(括弧内)は更に少ない。各種の組み合わせ中一般に処理雌雄相互の組み合わせからは特に少なく、正常雄×処理雌がこれにつき、処理雄×正常雌は最も少なくない。これに対して、発育率は対照区の76.4%に比べて、4000r区は非常に低い値を示すが、いずれも0とはなっていない。しかし6000r以上の区はその線量の処理雄×正常雌の組み合わせ1つを除けばいずれも発育率0であった。これらの実験から雌を不妊にするにはその蛹を6000r、雄を不妊にするには8000rを要することがわかった。したがってこれらはそれぞれの不妊実験の適線量と考えられるが、しかしこれらの線量を用いる場合には若干の欠点がみられる。それはこの項の前段で述べたように、これらの線量を蛹に照射したとき、その後の発育率が低下し成虫が約半数しか羽化しない。すなわち不妊成虫生産の能率がよくないこと、またその成虫は一見正常と大きい変化がないにしても、寿命がやや短命になっているということである。

2. 正常雌に対して処理雄と正常雄を交互に交尾させる実験. この実験では、交尾した雌がその後3日目に相手の雄を別の雄とかえる実験であるから、対照区として正常雌雄の1組がはじめの3日間に生む卵数およびその発育率と、雄を交換してから後で生まれる卵数および発育率とをあらかじめ調べておかねばならない。また正常雌雄と交配した後、雄を交換しなかった場合、はじめに交配して3日間のそれらと、3日目以後のそれらを調べ、ついでに、雄の交尾能力を知るために、正常雌と交尾した雄を3日目に別の雌と交尾させてみる必要もあった。これらの実験成績は第3表の右側欄に示している。

Table 3. Effect of alternate mating on fertility of untreated females with treated males and untreated males (and that of untreated females with untreated males and treated males)

Mating arrangement	Number of eggs	Percentage of yield of adults (%)	Mating arrangement	Number of eggs	Percentage of yield of adults (%)
$T \uparrow \times U \downarrow$ 3 days later ↓ ($U \uparrow$) \times $U \downarrow$	131.0 (6.0)	2.9	$U \uparrow \times U \downarrow$ 3 days later ↓ $U \uparrow \times U \downarrow$	163.0 (155.3)	96.2
$U \uparrow \times U \downarrow$ 3 days later ↓ ($T \uparrow$) \times $U \downarrow$	64.6 (41.7)	52.7	$U \uparrow \times U \downarrow$ 3 days later ↓ ($U \uparrow$) \times $U \downarrow$	86.7 (84.0)	95.2
$U \uparrow \times U \downarrow$ 3 days later ↓ ($T \uparrow$) \times $U \downarrow$	190.3 (181.6)	90.6	$U \uparrow \times U \downarrow$ 3 days later ↓ ($U \uparrow$) \times $U \downarrow$	166.3 (153.3)	95.8
$T \uparrow \times U \downarrow$ 3 days later ↓ ($T \uparrow$) \times $U \downarrow$	65.0 (59.3)	70.6	$U \uparrow \times U \downarrow$ 3 days later ↓ $U \uparrow \times (U \downarrow)$	55.0 (51.7)	72.5
$T \uparrow \times U \downarrow$ 3 days later ↓ ($T \uparrow$) \times $U \downarrow$	130.0 (5.0)	0	$U \uparrow \times U \downarrow$ 3 days later ↓ $U \uparrow \times (U \downarrow)$	166.6 (162.0)	95.9
	64.0 (23.0)	24.4		196.6 (179.0)	78.4

Parenthesis indicates the male or female of the second mating

第3表右側欄の成績によれば、正常雌雄相互の組み合わせから最初の3日間に生まれる卵数は一定の値を示し、その卵より発生する成虫の発育率はかなり高い。雄を交換しなかった場合は3日目以後の産卵数は前者よりかなり少なくなるが、その発育率はなお高い。3日目に別の正常雄と交換し交尾産卵させた場合は、3日目以後の産卵数は前の場合よりやや少なく、発育率も少し低い値を示す。

そのような実験値に対して、処理雄と正常雌の組み合わせをしてから3日目に雄を正常雄とかわえた場合は同表左側第1段に示すように、はじめの組み合わせの3日間に生まれる卵数は比較的少なく（特に良卵数は少ない）、その発育率は非常に低い。3日目に別の正常雄と交換すると3日目以後の産卵数は少ないが右側の対照区のそれに比べて大差がない。これに対し、発育率は52.7%を示しているがこの値は対照区のそれに比べて明らかに低い値である。そこで処女雌がはじめに処理雄と交尾をすれば、その後その雌が正常雄と再び交尾をしても、不妊処理雄を用いた効果が後まで期待されるということになる。

次に正常雌雄相互の交尾後3日目にその雄を除いて別の処理雄と交尾産卵させた場合は、第3表左側欄第2段目の成績が示すように、3日目の雄交換以後の産卵数も発育率も対照区のそれらと大差がない。したがってすでに正常の雄と交尾を終えた雌では、後で処理雄と交尾しても不妊の効果はあまり期待できないと考えられる。

第3表の左側欄一番下の成績は、蛹の時期にr線の照射を行ない羽化してから3日を経た雄を、はじめに処理雄と交尾させた正常雌に交配した場合の成績である。その産卵数は対照区と大差がないが、特に目立っている点は良卵の数（括弧内の数字）がかなり少なく、発育率も低い点である。この結果から処理雄はr線照射後日数が経過してもなおいわゆる不妊効果を示す。なお参考として正常雌と交尾産卵させた雄が3日目に別の正常雌に交尾すると、その雌がどのくらい産卵するかを調査した成績が右側欄の一番下に示されている。これによればこのような雄は、はじめの雌に対するのとほとんど同様に正常な産卵をさせることがわかった。

3. 一定数の正常雌雄とその何倍かの不妊処理雄または雌からなる実験集団内の交尾競争に関する実験。この実験成績は第4表に示している。

Table 4. Effect of introducing sterile males (or sterile females) into confined untreated male and female populations

Ratio of confined weevils T♂ × T♀ × U♂ × U♀	Number of eggs	Percentage of yield of adults (%)	Number of eggs obtained from the next generation	Percentage of yield of adults (%)
15 : 0 : 5 : 5	183.5 (85.1)	54.6	314.5	75.1
0 : 15 : 5 : 5	253.0 (138.7)	58.3	284.0	81.8
0 : 0 : 20 : 5	170.5	77.4	—	—
20 : 0 : 5 : 5	206.5 (97.0)	45.5	308.0	69.4
0 : 20 : 5 : 5	241.5 (147.5)	53.1	329.5	82.7
0 : 0 : 25 : 5	195.5	85.6	—	—
30 : 0 : 5 : 5	175.0 (47.5)	41.3	287.5	81.1
0 : 30 : 5 : 5	114.5 (66.0)	52.7	254.0	78.6
0 : 0 : 35 : 5	201.7	82.2	—	—
40 : 0 : 5 : 5	141.0 (85.5)	52.1	205.0	83.7
0 : 40 : 5 : 5	270.5 (188.0)	45.4	300.6	84.3
0 : 0 : 45 : 5	227.0	83.1	—	—

第4表から各組み合わせの産卵数を一覧すると、一般に対照区のそれより多い場合も、少ない場合もみられるが、その差は余り大きくはない。しかし、括弧内の良卵数は明らかに少ない。発育率は、正常雌雄の6倍数すなわち処理雄30個を用いた区が最も低くて41.3%であった。これに対する対照区は82.2%であるから、対照区を100%として補正してみると、その発育率が50.24%となる。ゆえに6倍数の処理雄を使用したことで次代成虫の発生を約半分にコントロールすることができることとなる。

次に処理雌を用いた場合はもちろん雌を完全に不妊としておかねばならない。この場合はこの実験内で処理雌の最も多い区(8倍数すなわち40個)が最も発育率が低くて45.4%である。上の場合と同様に補正するとそれは54.6%となる。ゆえに処理雌を8倍数用いることによって、次代の発生数を約55%にコントロールできるということになる。

なお、上記の各組み合わせ実験(対照区を除く)より羽化した成虫から、任意に雌雄5対を選んで交尾させ、その産卵数とそれから生ずる成虫の発育率を調査した。その結果、一般に産卵数は300内外、発育率は80%内外で、対照区の成績とそれほど大きい差を示すものはなかった。したがって次の代以下では放射線による影響が明らかでないと思われる。

III 考 察

本実験において ^{137}Cs をアズキゾウムシ蛹に照射し、それより発生する成虫を不妊にするに

は、雄では 8000r、雌では 6000r を要することがわかった。不妊を生ぜしめる線量に関して参考のために、まめぞう虫や小型甲虫を用いた他のいくつかの実験例と比較してみる。

まず、この実験成績に比較的近い値を示した例では、BURGESS と BENNETT (1966) の Alfalfa weevil の研究、HENNEBERRY と SMITH および MCGOVERN (1964) の Mexican bean beetle の研究などがある。前者は雄成虫に X 線を 6000r、後者は雄蛹に ^{60}Co を 4000r、成虫へは雌雄とも 8000r を照射して目的を達している。これに対して線量が多い例では、TILTON と BURKHOLDER および COGBURN (1966) のカツオブシムシ一種、*Trogoderma glabrum* の実験で、雄蛹が ^{60}Co の 25,000r を要し、WALKER (1966) の Sweetpotato weevil の実験では、 ^{60}Co を雄成虫へ 19,500r 照射ではやや不十分、21,600r で目的を達している。

このように実験成績の差がいちじるしいが、これらの相違は昆虫の種類、r 線を照射するときの昆虫の発育時期、放射線物質の種類によることはもちろん、照射時の温度などその他各種の条件の相違にもよるのであろう。ゆえに昆虫を不妊にする際の適当線量はかなり変化するものと考えねばならない。

次にアズキノウムシ雄蛹へ 6000r を照射してから発生した成虫と正常の雌成虫とを交尾させ、その後 3 日目にその雄を正常雄と交換し交尾産卵させると、産卵数は対照と大差がないが、その卵から発生する成虫の発育率が約 50% に減少した。この実験成績は不妊効果が充分であるとはいえないが、処女雌が処理雄とはじめに交尾をすれば、その後において雌が正常雄と交尾をしても、なおいわゆる不妊効果が期待できるということになる。しかし正常雌雄が交尾した後で、処理雄が交尾してもその後の不妊効果は期待できなかった。

そのような結果は、ABDEL-MALEK と TANTAWY および WAKID (1967) の *Anopheles pharoensis* の実験成績や、FLINT と KRESSIN (1968) の Tobacco budworm のそれに大体一致する。そこで次に述べるような結論が得られるのではないかと思われる。2 回以上の交尾をする雌は、はじめにこれと交尾する雄の影響を受けるようであるから羽化した雌成虫へできるだけ早く不妊処理雄を交尾させることが必要であろう。アズキノウムシのように 1 つの集団の羽化は雄が早く雌がおくれるようなものは、羽化の初期に不妊処理雌によって、これから羽化してくる雄を引きつけ、その後は不妊処理雌によって遅れて羽化してくる正常雌を不妊にすればよいのではないかと思われる。

しかし、昆虫の種類によってはかならずしもこのようなものばかりではない。たとえば、HENNEBERRY (1963) のキロシヨウジョウバエの実験では、正常雌を処理雄と交尾産卵させ、8 日目に正常雄と交換して交尾させると、はじめの 8 日間の産卵はその卵がほとんど 0 であるのに対して、8 日目以後に生まれた卵からはかなり多くの成虫が羽化しており、また正常な雌雄相互の交尾後 8 日目に、処理雄と交換して交尾産卵させると、8 日目以後は産卵数も少なく、それからの成虫発生数も少ない。ゆえに使用する昆虫ごとにその生殖機構をこまかく調査する必要がある。最後に Sterile Male Technique のモデル実験とでも考えられるところの 1 つの飼育器中へ正常の雌雄とそれの何倍かの不妊処理雄を入れて、昆虫の発生量がどのくらいに減少するかという実験結果について論ずる。これに関する実験はこれまでに少なくはない。HENNEBERRY (1963) のキロシヨウジョウバエでは、処理雄を正常雌雄の 5 倍入れたときが最も適当で、次代成虫の発生数が対照区の 663 に対して 186、これを計算すると対照区の 28% の成虫が発生したことになる。TANTAWY と ABDEL-MALEK および WAKID (1967) の *Anopheles pharoensis* の実験では 15 倍数の不妊処理雄を用いて、対照区の不妊率が 33% に対し、99% が

得られている。HATHAWAY (1966) の Codling moth の実験では、処理雄20倍数を用いたときが最もよくて、次代発生数は対照区の63に対して14、これは対照区の23%が羽化したことになる。これらの実験成績に対し、ELBADRY (1964) のキバガの一種 *Gnorimoschema operculella* の実験では、5倍の処理雄を入れたとき1雌当たりの卵数が対照区の35.5に対し11.7を示すが、5倍の不妊処理雌を用いると3.0に減少する。これは処理雄よりも処理雌を用いたほうがより効果的であるという例である。また、WALKER (1966) の Sweetpotato weevil の実験では処理雄を3倍用いたとき、1日当たり1雌当たりの子孫数が対照区の1.87に対して0.61すなわち約32%に減少し、処理雄と処理雌をそれぞれ3倍数ずつ同時に用いたときは0.34すなわち約18%に減少している。

これらの研究では少ない場合で、処理虫を正常虫の3~5倍、多い場合で15~20倍用いている。その効果については、次代成虫の発生が対照区を100とすると大体20内外のレベルにおさえられている。これに対して、本研究では6倍の処理雄を用いて次代成虫の発生を約50%に、処理雌を用いて約55%に減少させているが、これらは明らかに期待値**よりもなお高い値である。そして上記の4種の実験成績よりかなり劣るように見える。この実験に用いた¹³⁷Csの6000rはすでに述べたように雄を完全に不妊にするのは少し無理のようである。ゆえに8000rぐらいのものを用いておればもっと効果がみられる成績が得られたかも知れない。

IV 摘 要

放射線によるいわゆる Sterile Male Technique の基礎的研究のためにアズキゾウムシに¹³⁷Csを照射する2・3の実験を試みた。

(1) ¹³⁷Csによる不妊実験に用いる成虫は、それが蛹の時期に雄では8000r、雌では6000rを照射すれば充分であることがわかった。これらの成虫は外見も、活動性も対照区より得た成虫と大差がないが、照射後の羽化率が低くて約50%、その寿命、特に雌のそれが射照区より幾分短かいという欠点があった。

(2) 雄成虫と雌成虫を交尾産卵させた後で、相手の雄を別の雄と交換して交尾産卵させる実験においては、はじめ正常なものの相互の交尾後3日目にその雌に別の正常雄を交尾させると、その後の産卵数は、はじめの交尾より得られる産卵数より少なく、発育率は低い傾向を示した。これを対照区として、はじめ処女雌と不妊処理雄とを交尾産卵させ、3日目にその雄を正常雄と交換して交尾産卵させると、その後の産卵数は対照区のそれと大差がないが、発育率は明らかに対照区より低い値を示した。次に処女雌が正常雄と交尾後3日目にその雄を処理雄と交換して交尾産卵させると、その後の産卵数も発育率も対照区のそれらと比べて大きい相違がなかった。したがって処女雌が処理雄と交尾すれば、その雌が後で正常な雄と再び交尾しても、なお不妊効果が期待されるけれども、正常な雄とすでに交尾した雌が、後で処理雄と交尾しても不妊効果はあまり期待できない。

処女雌が処理雄と交尾産卵した後3日目に、放射線処理後かなり日数が経過した別の処理雄と交尾した場合、その後の産卵数も少なく、発育率も低い値を示した。

(3) 正常な雄と雌とその何倍かの不妊処理雄または雌を所定の実験環境の中で交尾競争させる実験において、処理雄：正常雄：正常雌の比が30：5：5、すなわち6倍数の処理雄を用いたときの不妊効果が最も高く、次代成虫の発生数を約50%におさえることができた。処理雌を用いた実験では、その比が40：5：5、すなわち8倍数の処理雌を要した。

引 用 文 献

- 1) ABDEL-MALEK, A. A., A. O. TANTAWY, and A. M. WAKID. (1967): Studies on the eradication of *Anopheles pharoensis* Theobald by the sterile-male technique using cobalt-60. VI. Sperm activity in males irradiated with the sterilizing dose. J. Econ. Entomol. 60 : 1300-1302.
- 2) BURGESS, E. E., and S. E. BENNETT. (1966): Sterilization of the male alfalfa weevil (*Hypera postica*: Curculionidae) by X-radiation. *ibid.* 59 : 268-272.
- 3) ELBADRY, E. (1964): Suppression of the reproductive potential of the potato tuberworm, *Gnorimoschema operculella* by gamma irradiation. *ibid.* 57 : 414-415.
- 4) FLINT, H. M., and E. L. KRESSIN. (1968): Gamma irradiation of tobacco budworm: Sterilization, competitiveness, and observations on reproductive biology. *ibid.* 61 : 477-483.
- 5) HATHAWAY, D. O. (1966): Laboratory and field cage studies of the effects of gamma radiation on codling moths. *ibid.* 59 : 35-37.
- 6) HENNEBERRY, T. J. (1963): Effect of gamma radiation on the fertility and longevity of *Drosophila melanogaster*. *ibid.* 56 : 279-281.
- 7) HENNEBERRY, T. J., F. F. SMITH, and W. L. MCGOVERN. (1964): Some effects of gamma radiation and a chemosterilant on the Mexican bean beetle. *ibid.* 57 : 813-817.
- 8) 清久正夫・佃律子 (1968): アズキノウムシおよびハスモンヨトウに対する ^{137}Cs の不妊効果. 人工不妊昆虫の生態に関する研究 I. 日本応・動・昆中国支部会報. 10 : 10-12.
- 9) TANTAWY, A. O., A. A. ABDEL-MALEK, and A. M. WAKID. (1967): Studies on the eradication of *Anopheles pharoensis* by the sterile-male technique using cobalt-60. V. Mating competitiveness in radiosterilized males. J. Econ. Entomol. 60 : 696-699.
- 10) TILTON, E. W., W. E. BURKHOLDER, and R. R. COGBURN. (1966): Mating competition of gamma-irradiated and nonirradiated male *Trogoderma glabrum* Herbst. *ibid.* 59 : 168-169.
- 11) WALKER, J. R. (1966): Reproductive potential of the sweetpotato weevil after exposure to ionizing radiations. *ibid.* 59 : 1206-1208.

***期待値：6倍数の処理雄を用いた場合の発育率の期待値を第2表左側第1段に示した実験値から堆定してみる。この場合には、処理雄×正常雌の組み合わせの後で正常雄×正常雌の組み合わせが生じ、その平均発育率は $(2.9\% + 52.7\%) / 2 = 27.8\%$ が6回示され、正常雄×正常雌の組み合わせの後で、処理雄×正常雌の組み合わせ、すなわちその平均発育率、 $(90.6\% + 70.6\%) / 2 = 80.6\%$ が1回示されるので、それらを合計して平均した値、 $(27.8 \times 6 + 80.6) / (6 + 1) = 35.33$ がその期待値と考えられる。

また、8倍数の処理雌を用いた場合を第2表の発育率から計算すると、この場合には正常雄×正常雌の組み合わせ、その発育率76.4%が1回と、正常雄×処理雌の組み合わせの発育率0が8回考えられるので、その合計して平均値を算出すれば $(76.4\% + 0) / (1 + 8) = 8.49\%$ が、その場合の発育率の期待値となる。