

^{137}Cs によるハスモンヨトウ *Spodoptera litura* (F.)
の Sterile Male Technique のための基礎研究

3. フィールド・ケージ内におけるガンマー線照射個体と
無照射個体の交尾競争に関する実験*

佃 律子・清久正夫

(岡山大学農学部応用昆虫学研究室)

Received July 2, 1973

Experimental Studies on the Sterile Male Technique
of *Spodoptera litura* (F.) by the
Gamma Radiation from ^{137}Cs

3. Experiments of the Mating Competitiveness Between
Moths Irradiated as Pupae and Unirradiated
Ones in the Field Cage

Ritsuko TSUKUDA and Masao KIYOKU
(Laboratory of Applied Entomology)

Experiments of the mating competitiveness between the substerilized tobacco cutworms and the normal ones were carried out in a field cages ($200 \times 120 \times 180$ cm/plot). Pupae of seven days old reared on an artificial medium during the larval stage irradiated with 12 KR of the gamma rays to substerilize. The normal adults were cultured using leaves of cabbages. Cabbages and soybeans were planted in the purpose of egg laying for adult females mated with males in the cage. Substerilized males only or both substerilized males and females were combined with normal males and females. The mating behaviour, longevity, egg deposition, percentage of egg hatch and spermatophore in a receptaculum seminis were investigated.

When more than ten substerilized and one normal males were exposed to one female, or more than fourteen substerilized and two normal males were combined two normal females, the substerilized males showed high competitiveness with normal males for virgin females. When both five substerilized males and females placed together with one pair of normal male and female in the cage, or each ten substerilized males and females with each two normals, these substerilized males showed full competitiveness. In addition, it was found that offspring obtained from the combination between substerilized males and normal females were sterile.

緒 言

著者らはこれまでに、 ^{137}Cs の γ 線 12 KR を蛹化 7 日目に照射した不妊化雄をもって、これらが正常雌と交尾した場合の不妊現象およびその交配より得られた卵の 1 部の孵化幼虫が生残り成虫となった際、それと正常のものが交尾した場合にみられる不妊現象を実験室内での組み合わせ実験と解剖観察によって検討し(佃・清久 1971), 更に「Sterile male technique」の

* 昭和46年度, 文部省科学研究費によった。昭和48年4月, 日本応・動・昆大会において発表した。

ための能率のよい不妊昆虫を作る方法の一つとして γ 線を照射する適期を選ぶため、昆虫の發育に伴う生殖細胞の發育や精子形成過程を観察した(佃・清久 1972)。

それらの結果から 12 KR では完全不妊は認められないが、成虫の寿命や活動が正常で比較的高い不妊と、またいわゆる「Inherited sterility」がかなり期待できたので、今回は実験室内で人工飼育し、蛹化7日目に 12 KR を照射して不妊化した雄雌成虫と、圃場で生育した正常な蛹から得られた雄雌成虫とを圃場に設置した金網籠内で不妊化雄、不妊化雌、正常雄、正常雌を色々組み合わせ、自然環境の下で交尾状態、生存日数、産卵数および卵塊数、卵の孵化率を観察し、更にこれらの組み合わせの卵より孵化した次代の生残成虫の不妊状態をも調査した。

実験中に適切な交配に用いる個体が限られていることより、実験区数が少なくなったことと、更に思わぬ偶然の出来事があるて失敗に終わった実験区がかなりあったために信頼できる実験成績が意外に少なかった。しかし、実験結果を整理してみると、それらから γ 線不妊化雄の交尾活動や上記組み合わせ集団の不妊に関してある程度の結果を読み取ることができるように思うし、また γ 線による不妊化鱗翅目害虫の野外実験は我が国においてはきわめてまれなので、これまでの結果をまとめて一応報告する。なお実験は昭和46年度文部省科学研究費によってまかなった。あらためて当局へ謝意を表わすとともに、圃場の1部を心よく提供して下さいました岡山大学農学部育種学研究室助教授小野清六博士に対して深謝いたします。

材料および方法

実験は1971年8月下旬から11月下旬まで行なった。

実験に供試したハスモンヨトウは γ 線を照射し不妊化する個体と、照射しない正常個体とでは飼育系統が異なっている。すなわち不妊化する個体は当研究室の 26°C, 60~70 R. H. に調節された定温器内で金時の豆を主体とした半合成飼料による累代飼育系統であり、 γ 線を照射しない個体は実験期間中に当農学部圃場内のサトイモ畑で生育したところの老令幼虫を採集し、野外で飼育を続けて羽化させたものである。

これらの幼虫や蛹の飼育および取り扱いはいずれ次のように行なった。半合成飼料による飼育中のものは清久・佃(1966)と同様の方法で実験室内で人工飼育を続け、蛹化すると丹念に雄雌を識別し、蛹化7日目に $^{137}\text{Cs} \cdot \gamma$ 線 12 KR を照射し雄雌を不妊化した。一方野外の圃場で採集した老令幼虫は自然の条件下で奥行 30cm, 巾 24cm, 高さ 40cm の金網籠(志賀製)に木くずを薄く敷き、1籠当たり40頭ずつサトイモの葉を与えて飼育を行なった。蛹化すれば雄雌別別に金網籠に移し羽化させた。

上記2組の系統から羽化した不妊化雄(T♂)、不妊化雌(T♀)と正常雄(U♂)、正常雌(U♀)は下記に述べる各種の組み合わせを行なったが、あらかじめこれらの成虫の区別が明瞭になるように1個1個マジックで翅に印をつけた。組み合わせは当日羽化したもののみを用いたので羽化の都合で次の種類ができた。正常雄雌1対に対して不妊化雄1, 5, 10, 15, 20個をそれぞれ組み合わせたもの、正常雄雌2対に対して不妊化雄14, 25個を組み合わせたもの、正常雄雌1対に対して不妊化雄雌1対と5対および正常雄雌2対に対して不妊化雄雌10対をそれぞれ組み合わせたものである。

組み合わせに用いた金網籠は4室に仕切られ、その室に通じる入口は巾 60cm, 高さ 60cm の引き戸を持った1実験区が200×120×180cm, 全体で200×550×180cmの組み立て式金網籠である。圃場に設置した金網籠の外観と周囲の圃場の様子を第1図に示す。金網の内面は1実験区

ごとに24メッシュの寒冷紗を張った。内部には実験区当たり7月上旬に播種した大豆4本と7月下旬に播種したカンラン6株を8月下旬に定植した。大豆とカンランの生育によって8月下旬から9月上旬にかけては大豆が主体であったが、10月上旬以後はカンランのみであった。

調査は毎日行なった。死虫をチェックし羽化日より死亡日の前日までをその成虫の生存期間とした。交尾を確認するため雌を解剖して交尾囊中の精莢の有無を確かめた。大豆、カンランは1枚ごと表裏の卵塊を調べた。寒冷紗に産卵された卵塊は切り取ってセロテープで穴をふさいだ。卵塊は産卵箇所別別にシャーレに入れ実験室で孵化させ孵化率の調査を行なった。

次にそれぞれの組み合わせから孵化した幼虫があれば実験室内でサトイモの葉を与えて飼育し、羽化した成虫(F₁♂, F₁♀)と同時期に別に飼育をして得た成虫(U♂, U♀)とを内面を紙で裏打ちした径10cm, 高さ14cmの円筒内で、F₁♂×U♀, U♂×F₁♀, F₁♂×F₁♀の組み合わせを行ない親世代と同様な調査を行なった。

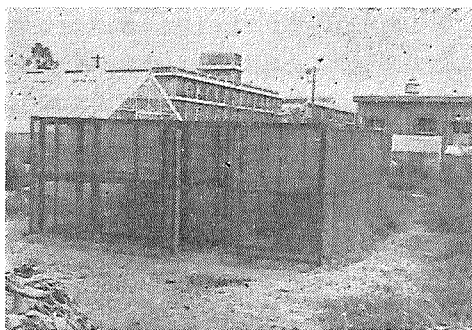


Fig. 1. Mating and oviposition cage in the field.

実験結果と考察

1. 正常雄雌1対に対して何倍かの不妊化雄を組み合わせた実験

正常雄雌1対に対して不妊化雄1, 5, 10, 15, 20個をそれぞれ組み合わせた実験成績を第1表に示した。

Table 1. Mating competitiveness between multiple adult males (T♂) irradiated when pupae and single male (U♂) and female (U♀) in the field cage.

Composition T♂×U♂×U♀	No. spermatophores	No. egg batches	Days from mating (days)	No. eggs/day	% egg hatch	Total No. eggs	Mean % egg hatch	Longevity (days)		
								T♂	U♂	U♀
0 : 1 : 1	1	3	5 6 11	518 215 35	100 100 91.4	768	97.1	—	14	16
1 : 0 : 1	1	2	4 6	415 315	0.2 26.1	730	13.2	15	—	14
1 : 1 : 1	1	2	2 3	56 62	98.1 45.2	118	71.7	16	5	3
5 : 1 : 1	1	3	3 5 7	462 30 124	100 10.0 38.7	616	49.6	9.7	7	5
10 : 1 : 1	1	3	1 3 6	72 220 18	0 1.4 8.9	310	3.4	13.1	8	10
15 : 1 : 1	1	2	10 6	100 37	0 16.2	137	8.1	11.0	18	11
20 : 1 : 1	1	0	—	0	—	—	—	12.1	6	18

第1表において0:1:1と1:0:1は対照区と考えられた正常雄雌の組と不妊化雄と正常雌の組であるが、ともに交尾が行なわれ(精莢1), 交配4・5日目より産卵を開始し, 前者は3日間にわたって計768卵を生み, その孵化率は97.1%であった。これに対し後者は2日間に730卵, その孵化率は13.2%であった。これによって実験室内において人工飼育して得た雄成虫が野外の雌と容易に交尾し, 正常雄では比較的高い孵化率を, 12KR照射の不妊化雄では低い孵化率が示されることがわかった。1:1:1の場合は, 正常雄の5日に対して不妊化雄が16日生存したが, 雌が行なった交尾1回の相手は正常雄であつたらしく, 71.7%と高い孵化率が得られた。正常雄と不妊化雄1:1では交尾に関して人工飼育で生育された不妊化雄は不利であつたらしい。5:1:1の場合では雌体内の精莢は1本であるから完全交尾は1回であるらしいが, その相手は7日間生存した1個の正常雄でなく, 平均9.7日生存した5個の不妊化雄のうちの1個であつたらしく, 計616卵が生まれ, 平均49.6%の孵化率が示された。12KRの線量では完全不妊は望めないが49.6%という孵化率は不妊化雄のみに起因するとしては少し高過ぎるように思われる。これを細かく吟味すると, 交配より3日目に産卵された1卵塊の462卵が全部孵化したのに対し, 5日目と7日目に生まれた卵の孵化率はそれぞれ10%と38.7%であつたから前者は正常雄, 後者は不妊化雄が関係したように思われるが, 何分にも雌体内の精莢は1本であるのでその間の事情はよくわからない。いずれにしても, 正常雄1個に対して不妊化雄5個では, いまだ不妊効果は充分期待できないように思われる。10:1:1においては交配日より1日目に72, 3日目に220, 6日目に18と計310卵が生まれ, その孵化率はそれぞれ0, 1.4, 8.9, 平均3.4%であつた。正常雄は8日, 不妊化雄は平均13.1日生存し, 低い孵化率から考えると, これには不妊化雄が影響を及ぼしていると思われる。雌が10日存在し, その間に11個の雄が共存したのだから2回以上の交尾も予想されたが, 雌体内の精莢は1本であるので2回以上は行なわれなかつたであろう。いずれにしても正常雄雌1対に対して不妊化雄10個を用いたときは, おおむね不妊効果が期待されるように思われる。

2. 正常雄・雌2対に対して何倍かの不妊化雄を組み合わせた実験

正常雄・雌2対に対して不妊化雄をそれぞれ14個と25個組み合わせた実験成績を第2表に示した。

Table 2. Mating competitiveness between multiple adult males (T♂) irradiated when pupae and two normal males (U♂) and females (U♀) in the field cage.

Composition T♂×U♂×U♀	No. sperma- tophores	No. egg batches	Days from mating (days)	No. eggs/day	% egg hatch	Total No. eggs	Mean % egg hatch	Longevity (days)		
								T♂	U♂	U♀
0 : 2 : 2	{ 1 0	7	2 4 6 7	{ 45+ 12 66+111 90 +267 140	87.7 98.9 100 100	731	96.7	—	10	22
14 : 2 : 2	{ 0 1	6	1 8 20 23	{ 13 465 96 27+ 24 + 36	0 100 0 0	661	25.0	13.1	20.5	27.5
25 : 2 : 2	{ 1 0	2	6 5	{ 215 35	0 0	250	0	6.2	16.5	9.5

第2表の0:2:2は正常雄・雌の自由交尾の結果を示したものであるが、両雌とも22日も生存したのに1個のみ交尾したにすぎない(精莢1と精莢0)。3日間にわたって7卵塊で731産卵され、平均96.7%という高い孵化率であった。不妊化雄を14個入れた14:2:2では生存日数は雌27.5日、不妊化雄13.1日、正常雄20.5日であるにもかかわらず、2個の正常雌のうち1個の雌のみが1回交尾したにすぎず(精莢1)、産卵された計6卵塊で661卵のうち8日目の465卵の1卵塊が全部孵化したほかは未孵化に終わっている。この場合は、16個の雄のうちに2個存在する正常雄が、1個の正常雌と完全交尾し、他の正常雌は交尾なしで受精卵を生んだのかも知れない。この場合にどうして交尾ができなかったか、あるいは多くの雄が交尾を試みたために完全交尾ができなかったかそれはわからないが、この現象は次の25:2:2の場合にも見られる。すなわち、2個の雌のうち1個の雌のみ交尾し、他は精莢が見当たらないのだから交尾したとは考えられない。しかし今回の交尾の相手の雄は不妊化雄であつたらしく卵の孵化率はすべて0であった。前者では雄16個中、不妊化雄が14個、後者では27個中25個であるからその割合からでも不妊化雄の交尾する確率が高くなるためにそうなったことと思うが、この実験区においていずれも2個のうちの1個の雌が多くの雄が存在するにもかかわらず交尾していないらしい(精莢0)ことは興味がある。

3. 正常雄・雌の組に対して不妊化の雄と雌を組み合わせた実験

正常雄・雌の組に対し不妊化雄・雌両方を組み合わせた実験成績を第3表に示した。

Table 3. Mating competitiveness between multiple adults (T♂, T♀) irradiated when pupae and normal males (U♂) and females (U♀) in the field cage.

Composition T♂×T♀×U♂×U♀	No. spermatophores	No. egg batches	Days from mating (days)	No. eggs/day	% egg hatch	Total No. eggs	Mean % egg hatch	Longevity (days)			
								T♂	T♀	U♂	U♀
1 : 1 : 1 : 1	0: T♀1 1: U♀1	3	3	270	0	316	26.6	12	23	6	8
			4	6	0						
			5	40	80						
5 : 5 : 1 : 1	1: T♀2 0: {U♀1 T♀3}	2	10	100	0	145	0	12.2	7.8	10	9
			13	45	0						
10 : 10 : 2 : 2	2: T♀2 1: T♀2 0: U♀2 0: T♀4	14	3	{ 421+768 +318	0	3004	0	9.1	11.6	13.5	14
			7	250	0						
			8	135	0						
			9	115	0						
			11	{ 62+ 32 + 15 265+156 +87+ 65 +315	0						
			13		0						

不妊化雄・雌、正常雄・雌を1個ずつ入れた組み合わせ1:1:1:1においては、雄雌とも不妊化個体が長く生存したにもかかわらず、不妊化雌は交尾せず(精莢, 0)、正常雌のみ交尾した(精莢, 1)。産卵は3日目より連続3日間行なわれ、前2者の孵化率は0、第3日目の卵は80%、平均値としては26.6%が得られた。4個が1週間以上共存したが、雌2個のうち正常雌のみ、雄2個のうちいずれか1個のみが交尾したに過ぎないので1:1:1:1ではあまり不妊効果が期待できないのではないかと思われる。5:5:1:1においては、不妊化雌5、正常

雌 1, 計 6 個の雌のうち交尾したものは不妊化雌 2 個に過ぎなかった. しかも雌体内の精莢はそれぞれ 1 本であったから 2 回以上の完全交尾はされなかったようである. この実験区では雌の交尾した相手の雄が正常であろうと不妊化雄であろうと, 産卵は少なくその孵化率は 0 か, かなり低いに違いないが, 第 3 表の実験値を見ると, 計 145 卵で孵化率は 0 となっている. 交配の比率は前者と同じだが, 個体数を 10:10:2:2 組み合わせた場合には, どの個体も 9 日以上共存したにもかかわらず, 12 個の雌のうち交配したと思われるのは 6 個の不妊化雌で, その 6 個のうち 4 個はそれぞれ精莢が 1 本, 他の 2 個はそれぞれ精莢が 2 本を示した. いうまでもなく, 正常雌は 2 個とも交尾した形跡はない. したがってこの状態では生まれる卵はほとんど孵化しないであろうが, 実験結果は 3 日目より全部で 140 卵塊と計 3,004 卵が生まれたが全然孵化しなかった.

PROVERBS (1967) はコドリリングの研究において, 不妊化雄と不妊化雌の両方を用いた方が高い不妊効果を示すことを報じており, また WALKER (1966) はアリモドキゾウムシにおいて, 不妊化雄を 3 倍用いるより, 3 倍の不妊化雄・雌両方を用いた方がより効果が高いことを認めている.

4. 正常雌と不妊化雄の交配から生じた次代の生残成虫の各種組み合わせに見られる不妊現象

上記圃場の各種組み合わせ実験で得られた卵を実験室へ持ち帰り, 孵化した幼虫を飼育して得た成虫と, 一方において同じ時期に実験室で飼育した成虫との間の色々な組み合わせを行なっておもに産卵数とその孵化率を調査した. 前者の雄を $F_1\delta$, 雌を $F_1\eta$, 後者の雄・雌をそれぞれ $U\delta$, $U\eta$ とし, その成績を第 4 表に示した.

Table 4. Sterility of offspring ($F_1\delta$ and $F_1\eta$) of normal female moths crossed with irradiated male ones.

Composition	No. tests	No. spermatophores	No. egg batches	No. eggs	% egg hatch	Longevity (days)	
						δ	η
$F_1\delta \times U\eta$	1	1	6	2393	48.2	13	13
	2	1	5	762	0	7	6
	3	1	2	81	0	8	8
	4	2	13	1118	0.4	10	9
	Mean	1.3	6.5	1088.5	12.2	9.5	9.0
$U\delta \times F_1\eta$	1	1	0	0	0	10	16
	2	2	7	2389	77.4	10	10
	3	1	10	1702	0.1	14	8
	Mean	1.3	5.7	1363.7	25.8	11.3	11.3
$F_1\delta \times F_1\eta$	1	4	12	535	0	11	12
	2	2	6	661	0	11	11
	3	1	3	101	0	10	10
	Mean	2.3	7.0	432.3	0	10.7	11.0

第 4 表によれば $F_1\delta \times U\eta$ の組み合わせでは, 4 組のうち 1 組は精莢が 2 本, 他の 3 組は 1 本ずつですべて交尾をしたことは確実であるが, 産卵数も少なく 2 卵塊で計 81 個のように少ないものもあった. この実験は実験室で行なわれたのでかなり産卵は予想されたが結果は意

外に少なかった。卵の孵化率は1組のみ48.2%を示したが、他はほとんど0であった。次に $U\delta \times F_1\delta$ ♀では3組とも交尾をし、雌が16日、雄が10日生存したにもかかわらず1個も産卵しないものがあった。ところが7卵塊で計2,389卵を生んだのもあり産卵はまちまちである。孵化率は精莢が2本見られた組で77.4%と比較的高い例もあったが、他はほとんど0である。最後の $F_1\delta \times F_1\delta$ ♀では精莢4本で卵塊数12個という例があるが、産卵数は少なく計535個にすぎず、もちろんこれは孵化しなかった。一般にこの組は精莢が多い傾向を示したが、産卵数は少なく孵化率は全部0であった。

圃場において發育した正常雌へ人工飼育の不妊化雄を圃場の実験設備の中で組み合わせ、その子世代の生残雄雌成虫が相互に交配した場合においても、交配の一方の相手が親世代に不妊化雄とは交尾しない正常のものであっても、1部に例外がみられるが全体としては、生まれた卵の孵化率は0又はそれに近い値を示し、いわゆる「Inherited sterility」が認められた。

摘 要

人工飼育によって得た蛹へ12KRの線量を照射して不妊化したハスモンヨトウとカンランで飼育して得た正常個体の交尾競争に関する実験が区当たり200×120×180cmのフィールド・ケージ内で実施された。そのケージ内には交尾した雌が産卵するためのカンランと大豆が植えられ、正常雄・雌と不妊化雄のみまたはその雄・雌の両方が組み合わせられて成虫の交尾行動、生存日数、産卵数と孵化率および交尾嚢内の精莢が調査された。

10個以上の不妊化雄と1個の正常雄が1個の正常雌と組み合わせられたとき、および14個以上の不妊化雄と2個の正常雄雌と組み合わせられたときは、不妊化雄は正常雄に対して高い交尾競争を示し、また5個の不妊化雄雌と1対の正常雄雌、あるいは10個の不妊化雄雌と2対の正常雄雌が共存したときに充分な交尾競争を示した。更に不妊化雄と正常雌の組み合わせより得られた子孫は不妊であることがわかった。

文 献

- 1) 清久正夫・佃 律子：岡山大農学報 (28), 1—11 (1966).
- 2) 清久正夫・佃 律子：日本応・動・昆学会誌 13 (2), 61—69 (1969).
- 3) PROVERBS, N.D., J.R. NEWTON & D.M. LOGAN: J. Econ. Ent. 60, 1302—1306 (1967).
- 4) 佃 律子・清久正夫：岡山大農学報 (38), 9—15 (1971).
- 5) 佃 律子・清久正夫：岡山大農学報 (39), 9—16 (1972).
- 6) WALKER, J.R.: J. Econ. Ent. 59, 1206—1208 (1966).