

Mating Behaviors of the Smaller Tea Tortrix, *Adoxophyes orana* Fischer von Röslerstamm, and Evidence of Sex Pheromone Production. Yoshio TAMAKI, Hiroshi NOGUCHI and Takeshi YUSHIMA (National Institute of Agricultural Sciences, Nishigahara, Kita-ku, Tokyo) Received May 6, 1969. *Botyu-Kagaku*, 34, 97, 1969. (with English Summary 101).

11. コカクモンハマキの交尾行動と性フェロモンの生産 玉木佳男・野口 浩・湯嶋 健(農林省農業技術研究所) 44. 5. 6 受理

コカクモンハマキ *Adoxophyes orana* FISCHER VON RÖSLERSTAMM の交尾行動に関する室内実験の結果、次のことが判明した。

成虫の羽化が或る特定のせまい時間帯に集中している事実は認められなかったが、雌雄ともに午前8時から午後8時までの12時間に羽化するものが多かった。交尾は日出前1時間を中心に行なわれるが、この交尾時刻は羽化後の日数の経過とともに1日16~26分ずつ早くなった。雌はほとんどの個体が1回しか交尾しないが雄は2回交尾するものが多い。そして、交尾率は自然光下では羽化当日から70%以上の高率を示した。

交尾に際して雌はいわゆる calling position をとり、雄は mating dance を行なう。交尾の成功には雌雄双方の活性が同調することが必要である。活性状態にある雌の calling は雄の存在に無関係に行なわれるが、雄の dance は雌の calling の結果行なわれるものであり、これは雌が生産する性フェロモンによって誘起される。雌のメチレンクロライド抽出物は 10^{-6} ~ 10^{-8} F. E. (雌当量)で5~10%の雄に反応を起させる。

近年多くの昆虫の交尾行動に性フェロモンが関与していることが明らかとなり、この性フェロモンを利用する害虫防除の新しい方法を探索する試みがなされている (Jacobson, 1965)。りん翅目ハマキガ科の昆虫には永年性作物の著名な害虫が多いため、これらの交尾行動と性フェロモンに関する研究も少なくない (Götz, 1939; George, 1965; Barnes ら, 1966; Butt, 1966; Russ, 1966; Roelofs & Feng, 1967)。最近ハマキガ科の一種 *Argyrotaenia velutinana* (WALKER) については、その性フェロモンとして *cis*-11-tetradecene-1-ol acetate が分離同定され (Roelofs & Arn, 1968)、この事実にもとづいて交尾行動を利用する新しい防除法の可能性が示された (Roelofs & Comeaw, 1968)。

本報ではコカクモンハマキ (*Adoxophyes orana* FISCHER VON RÖSLERSTAMM) についておこなった交尾行動に関する室内での基礎的調査の結果について報告する。

材料と方法

供試昆虫は茶樹に寄生していたコカクモンハマキを Tamaki (1966) の方法にしたがって数十世代にわたって室内で累代飼育したものである。飼育は 25°C, 16時間照明の定温室内で行なった。蛹化個体は雌雄に分けてプラスチック製の羽化箱 (15×37×20cm) に収容し以後別に記述する条件下に保持した。なお、成虫に

はとくに食餌は与えなかった。

人工照明下の試験はすべて 20°C の定温室内で行ない、自然光室温下の条件の場合はすべて1968年7月から8月の間に行なった。

結果と考察

1. 羽化時刻

自然光室温下の条件で7月1日から2日にかけての24時間の間の1時間ごとの羽化数を第1図に示す。この試験における全羽化数は雌が221頭、雄が167頭であった。

図に示されるようにコカクモンハマキの羽化は特定のせまい時間帯に集中しているとは考えられない。ただし、午前8時から午後8時までの12時間に羽化するものが多く、雌ではこの間の羽化数が全体の85.1%を占め、雄では61.7%を占めていた。

南川 (1953) はコカクモンハマキの羽化時刻を雌40頭、雄19頭について調査したが、この場合も特定のせまい時間帯に羽化が集中する現象は見られなかった。

2. 交尾時刻

コカクモンハマキは明け方に交尾することが予備的な観察から判明したが、この交尾時刻をさらに詳細に知るために羽化後の経過日数が異なる成虫について自然光室温下の観察を行なった。自然光室温下の条件で羽化させた成虫をこの条件下に一定期間おいたのち、未交尾の雌雄各1頭を径9cmのシャーレに入れた。

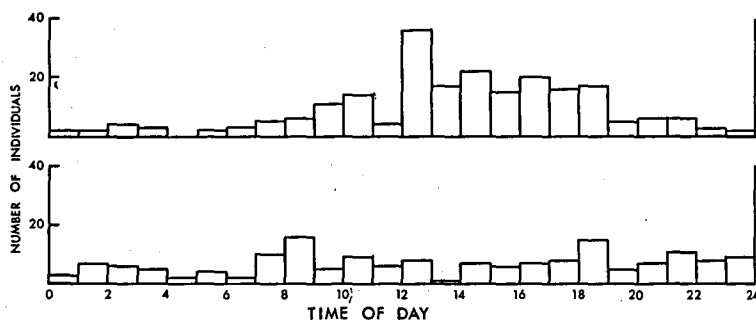


Fig. 1. Time of emergence of the smaller tea tortrix moths. Total number of individuals emerged; female (upper): 221, male (lower): 167.

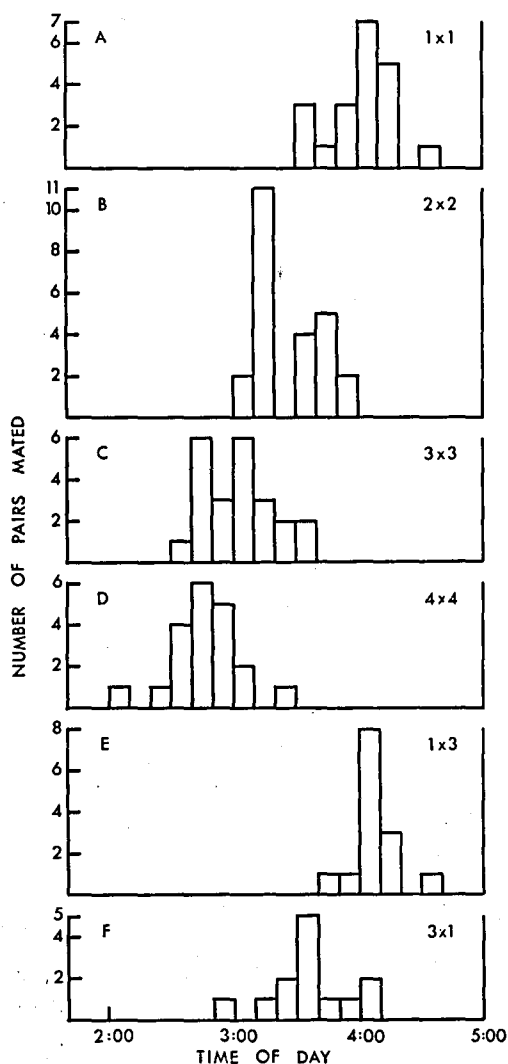


Fig. 2. Mating time of the smaller tea tortrix moths. 1×3 shows an examination between the 1-day-old females and the 3-day-old males.

観察は午前2時から5時にかけて10分ごとに行ない、各10分間の交尾個体数を記録した。試験月日は7月2日および5日、供試つ数は23ないし30対である。

羽化当日から4日目までの個体についての結果は第2図A—Dに示すとおりである。コカクモンハマキの交尾時刻は羽化後の日数によって変化する。羽化当日の雌雄の交尾時刻は平均して4時7分であるが、2日目の雌雄ではこれが3時32分となり、3日目では3時8分、4日目には2時52分となった。すなわち1日について16～26分ずつ早くなる。羽化当日から4日目までの総平均は3時25分、範囲は2時10分から4時40分であった。

日出および日没の時刻と交尾時刻との比較は興味がある。この試験期間の日出と日没はそれぞれ4時28～30分と19時1分である。したがって、上述の観察結果はコカクモンハマキの交尾が日出前30分～1時間半、日没後8～9時間に行なわれることを示している。交尾時刻が日出あるいは日没の時刻によって規制されているならば、季節の変化とともに当然交尾時刻も変化するはずである。上述の試験における羽化後3日目の雌雄の交尾時刻は3時8分であり、これは日出前約1時間20分、日没後約8時間10分である。別にこの試験から約2カ月後の8月28日に行なった試験結果では羽化後3日目の雌雄の交尾時刻は3時57分であった。このときの日出と日没はそれぞれ5時10分と18時13分であるので、交尾時刻は日出前1時間13分、日没後9時間44分に相当する。すなわち、コカクモンハマキの交尾時刻はその季節の日長によって変化するが、おおむね日出前1時間を中心にしてその前後30分ずつの間に行なわれるものが多い。そして注目すべき点はこの交尾時刻が羽化後の経過日数とともに早い時刻へとずれることである。類似の現象はスカシバガ科の一種 *Sanninoidea exitiosa* (Say) についても知られている (Jacklin ら, 1967)。この昆虫の雌は交尾にあたっていわゆる calling を行なうが、この姿勢をとる時刻が

羽化後の日数の経過とともに早くなり、羽化当日と翌日との時刻差は52分である。また野外において雌に誘引されて飛来する雄の数が最大値を示す時刻も雌の羽化後日数によって1日につき30～50分ずつ早くなるという。

コカクモンハマキの交尾時刻が羽化後の日数とともに変化するのはいずれにその原因があるのだろうか。この点を知るために、雌雄で羽化後日数が異なる組合わせの交尾時刻を観察した。その結果を第2図EおよびFに示す。もしも、交尾時刻が雌のみによって規制されるならば特定の雌に交尾する雄の令に無関係に交尾時刻は一定であるはずであり、逆にこれが雄のみによって規制されるならば特定の雄の交尾時刻は相手の雌の令には無関係に一定であるはずである。第2図においてEはAとまったく同様であることから、交尾時刻の決定には雌が大きな役割を果たしていることが明らかである。しかし、雌にのみその原因があるならば、第2図FはCとまったく同様にならなくてはならない。このFがCにくらべて若干遅い時刻にずれていることは、交尾時刻の変化には雄の側にも若干の原因があることを示している。

3. 交尾回数

交尾回数の調査は20°C 16時間照明で午前11時に点灯するようにした条件で行なった。試験開始前日の午後5～6時すなわち人工照明における夜明けから6～7時間後に羽化当日の未交尾の雌雄を1頭ずつ径9 cmのシャーレに入れた。交尾の観察は点灯後30分間行ない交尾数を記録した。この人工照明条件では交尾は点灯時の前後15分以内に大部分が行なわれ、自然光の条件にくらべてせまい時間帯に集中して行なわれる。また点灯後30分以降に交尾をするものはない。交尾の持続時間についてはとくに調査はしなかったが1時間前後継続するものが多いようであった。午前11時に点灯する条件では午後5～6時にはすべての交尾個体はたがいに

に離れていた。したがって午後5～6時にこれらを別の羽化当日の未交尾の個体と対し、翌日の観察の準備をした。

その結果は第1表に見られるとおり、コカクモンハマキの雌は大部分のものが1回しか交尾しないが、雄は2回交尾するものが多かった。

4. 羽化後の日数と交尾活性

交尾率の調査は自然光および人工光（16時間照明）の条件下で行なった。自然光の条件は交尾時刻調査と同じであり、人工照明の条件は前項の交尾回数調査と同じである。供試個体はいずれも、それぞれの条件下で一定日数を経過させた未交尾のものである。

その結果は第3図に示した。自然光のもとにおける

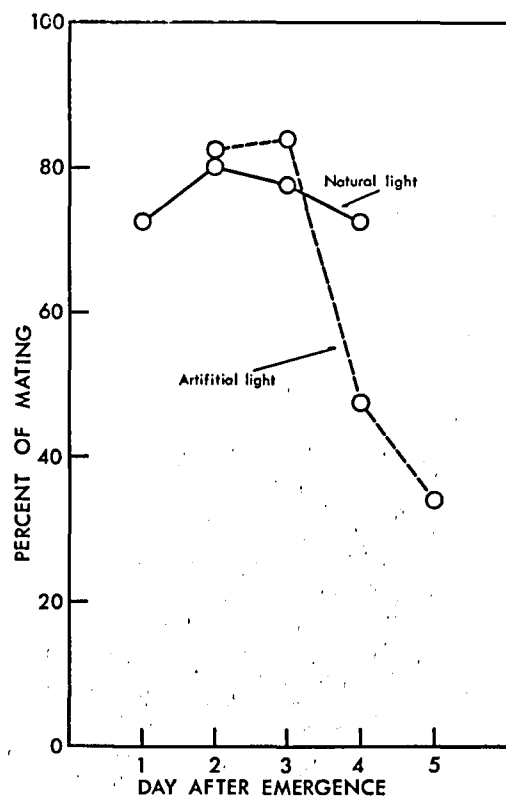


Fig. 3. Percent of mating of the smaller tea tortrix moths under the conditions of natural light and artificial light (16 hrs.-light, 8 hrs.-dark) after emergence.

交尾率は羽化当日の個体でも71.4%の高率を示し、2日目には80.0%の最高値をとって3日目(76.7%)から4日目(71.4%)にかけてわずかに減少する。すなわちコカクモンハマキは野外においてもかなりの高率で羽化当日の雌雄が交尾していると考えられる。他方16時間人工照明下では2日目に82.6%、3日目には

Table 1. Mating frequency of the smaller tea tortrix moths under the laboratory conditions.

	No. of individuals examined	Frequency	Percent
Male	39	1	15.4
		2	64.1
		3	20.5
		4	0.0
Female	36	1	86.1
		2	11.1
		3	2.8
		4	0.0

84.0%と最高値を示したが、4日目のものでは48.0%と急激に減少している。この結果はコカクモンハマキの交尾行動が条件によってかなり左右されることを示している。

5. 交尾行動およびその雌雄による同調

昆虫の交尾行動については多くの観察があり、りん翅目昆虫に関してはその交尾に際しての雌雄の行動は一般に類似している (Jacobson, 1965)。ハマキガ科の昆虫の雌雄が交尾する際にとる行動に関してはテングハマキ *Sparganothis pilleriana* Schiff. についての詳細な観察がある (Russ, 1966)。コカクモンハマキについての観察の結果、この雌雄は交尾にあたってテングハマキの場合とほとんど同じ行動をとることが明らかとなった。

雌は交尾時刻になるとその脚を伸ばし通常の静止状態にくらべて、体と静止物体との間隙が大きくなる。そして腹部末端から性フェロモン分泌腺を突出し体全体を腹面の側に若干曲げ同時に翅を拡げる(第4図A)。この翅を拡げる程度は雌の羽化後の日数によって変わり、この日数の経過とともにすなわち交尾活性の大なるほど翅の拡げ方の程度は大となる。雌のこの状態は一般に calling position と呼ばれている。この状態の雌は非常に安定しており振動などを与えると calling

position は一時的に中断するがただちに再開する。

雄は交尾時刻以外には雌の近くにおいても通常の静止状態をとる。交尾時刻に雌が calling の姿勢をとり始めると雄はまず触角を動かし、しばしば前脚で触角をこする。ついで活発に飛翔または歩行を行ない、さらに翅をこまかく振動させ把握器を腹部末端から突出した状態で雌の周囲を歩行し、次第に雌に近づく(第4図B)。この状態は一般に mating dance といわれており雌が静止場所を変えても雄はしばしばこれまで雌が静止していた場所で激しく mating dance を行なう。

雄は雌を発見するとその側面に並行して並び、ついで腹部を側方に湾曲させて雌と交尾を完了する(第4図C, D)。

さて、以上の雌の calling および雄の dance という行動がそれぞれの交尾の相手の存在を必要としているのかどうか、さらに交尾が成功するには雌雄の交尾活性が双方ともに高いことが必要なのかを知るために、雌雄を単独あるいは対にして、交尾活性を人工的に制御した個体について観察を行なった。交尾活性の制御の方法の詳細は別に報告する(玉木ら, 1969)が、交尾の活性化は全照明3日間経過後の7時間暗黒処理によった。不活性の雌雄は暗黒処理を行わないことによって得られる。

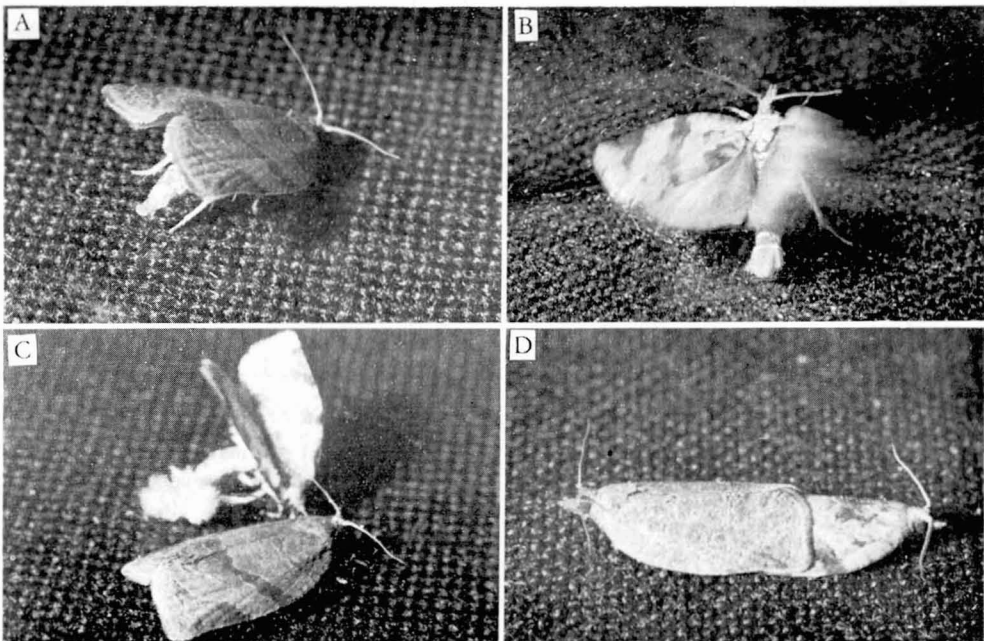


Fig. 4. Mating behaviors of the smaller tea tortrix moths.

A, Calling position of a female

B, Mating dance of a male

C and D, mating

Table 2. Synchronization of mating activities in male and female moths of the smaller tea tortrix.

	Condition	Percent of individuals exhibiting		
		Calling position	Mating dance	Mating
1. Female	Active	89.0	—	—
2. Male	Active	—	0	—
3. Female	Active	100.0	—	—
Male	Inactive	—	28.0	25.0
4. Female	Inactive	0	—	—
Male	Active	—	26.3	0
5. Female	Active	100.0	—	—
Male	Active	—	95.5	91.0

その結果は第2表にまとめた。活性化された雌雄をそれぞれ単独においた場合、雌は calling を行なうが雄はまったく dance を行なわなかった。活性化した雌と不活性の雄を共においた場合、雌はすべて calling を行ない、雄は28.6%が dance を行なってさらに総雌の25.0%が交尾に成功した。しかし、不活性の雌と活性化された雄を共においた場合は calling を行なう雌はまったくなく、雄は26.3%が dance を行なったが交尾に成功したものはなかった。雌雄の双方を活性化した場合雌雄ともにそれぞれ calling と dance を行なって91%が交尾に成功した。

以上の結果から、雌の calling には雄の存在の必要がないが、雄の dance には雌の存在が必要であることがわかる。そして交尾が高率で成功するには雌雄の活性が同調していることが必要である。とくに、雌の活性の高いことすなわち雌がいわゆる calling の姿勢をとっていることが重要である。雄の活性が高くても雌が calling の状態になければ交尾は不成功となる。

6. 性フェロモンの存在

コカクモンハマキの交尾行動とくに雄のそれが雌の分泌する化学物質すなわち性フェロモンによって解発 (release) されていることを確認するため、羽化後1～2日目の未交尾の雌全虫体をメチレンクロライドに浸漬し、涙液を1 ml 中に20頭の雌の抽出物を含むまで濃縮して試験を行なった。すなわち、この抽出液約5 μ l を濾紙小片に浸みこませ溶媒を蒸発させたのち、約10頭の活性化された未交尾の雄を収容した容器中に入れた。その結果雄はただちに激しい mating dance を行ない、そのうちの数頭は抽出物の付着した濾紙と交尾しようと試みた。したがってコカクモンハマキの雄の交尾行動は雌の生産する性フェロモンによって解発されることが明らかである。

引用文献

- Barnes, M. M., D. M. Peterson and J. J. O'Connor: *Ann. Ent. Soc. Amer.* 59: 732~734 (1966).
 Butt, B. A. and D. O. Hathaway: *J. Econ. Ent.* 59: 476~477 (1966).
 George, J. A.: *Canad. Ent.* 97: 1002~1007 (1965).
 Götz, B.: *Z. Angew. Ent.* 26: 143~164 (1939).
 Jacklin, S. W., C. E. Yonce and J. P. Hollon: *J. Econ. Ent.* 60: 1291~1293 (1967).
 Jacobson, M.: *Insect Sex Attractants*, Interscience Publishers (Wiley), New York (1965).
 南川仁博: 茶技研, 9: 18~23 (1953).
 Roelofs, W. L. and Kuo-Ching Feng: *Ann. Ent. Soc. Amer.* 60: 1199~1203 (1967).
 Roelofs, W. L. and A. Comeaw: *Nature* 220: 600~601 (1968).
 Roelofs, W. L. and H. Arn: *Nature* 219: 513 (1968).
 Roelofs, W. L. and K. C. Feng: *Ann. Ent. Soc. Amer.* 61: 312~316 (1968).
 Russ, K.: *Pflanzenschutzberichte* 34: 161~190 (1966).
 Tamaki, Y.: *Appl. Ent. Zool.* 1, 120~124 (1966).
 玉木佳男・野口 浩・湯嶋 健: 防虫科学 34: 107~110 (1969).

Summary

Mating behaviors of the smaller tea tortrix, *Adoxophyes orana* Fischer von Röslerstamm, were observed under the laboratory conditions. The adult moths used were collected from a tea garden in Tokyo, and reared on an artificial diet at 25°C and 16-hrs. light.

Adult emergence occurred at any time, but 85.1% of female and 61.7% of male emerged between 8:00 a.m. and 8:00 p.m.

Adult moths of 1-to 4-day-old mated at 3:25 a.m. on an average, one hour before the sunrise. The mating time shifted to earlier at the rate of 16 to 26 minutes per day after emergence. This shift of the mating time primarily depends on the age of the females.

Most of the female moths mated only once during their lives. Many males mated twice or more during their lives but usually did not mate more than once in the same night.

Mating activity of the moths under the natural light conditions showed a high value (more than 70%) on the day of emergence, and this value

was maintained until the 4th day after the emergence. Under the conditions of artificial illumination (16-hrs. light, 8-hrs. dark), however, mating activity was sharply declined on the 4th day after the emergence.

Mating behaviors of the moths are characterized by calling of females and mating dance of males. Presence of male moths was not necessary for exhibition of the calling by females. Mating dance of males, however, occurs under the presence of a female which is in the calling

position. Furthermore, synchronization of mating activities in female and male moths is a prerequisite to the success of mating.

The fact that methylene chloride extract of virgin female moths elicited an characteristic mating dance of the male moths was indicating secretion of a sex pheromone from the females. This extract, at an amount from 1×10^{-6} to 1×10^{-5} female equivalent, caused 5 to 10% of males to respond.

Attractiveness of Black-light, Virgine Female and Sex Pheromone Extract for the Smaller Tea Tortrix, *Adoxophyes orana* Fischer von Röslerstamm. Yoshio TAMAKI, Hiroshi NOGUCHI and Takeshi YUSHIMA (National Institute of Agricultural Sciences, Nishigahara, Kita-ku, Tokyo) Received May 6, 1969. *Botyu-Kagaku*, 34, 102, 1969. (with English Summary 106).

12. コカクモンハマキに対するブラックライト、処女雌および性フェロモン抽出物の誘引効果 玉木佳男・野口 浩・湯嶋 健 (農林省農業技術研究所) 44. 5. 6 受理

コカクモンハマキ雄成虫に対するブラックライト、処女雌、および両者併用の誘引効果を調査した結果、処女雌単用に比較してブラックライト単用および両者併用の効果が大きかったが、ブラックライト単用と両者併用の間には有意差が認められなかった。

ブラックライトに飛来するコカクモンハマキ成虫の誘殺曲線における雄のピークは午前2～4時に認められ、これは処女雌単用のトラップへの誘殺曲線と一致することから、雄の交尾活動の現われであると考えられた。

メチレンクロライドによる処女雌からの性フェロモン抽出物は野外においても雄に対する誘引性を有することが示された。この誘引性は生存している処女雌と同等の効果をもち、その効果は24時間後にも消失していなかった。

イラクサキンウワバ *Trichoplusia ni* の雄成虫の雌に対する定位が、光の存在によってこの光に対する定位に変換されることが確認されて以来 (Shorey & Gaston, 1965), 数種の昆虫で処女雌とブラックライトの組合わせの誘引効果が検討され、その有効性が示されている (Henneberry & Howland, 1966; Henneberry ら 1967 a, b; Hoffman ら, 1966; Guerra & Ouye, 1967; 湯嶋・野口, 1968)。

コカクモンハマキ *Adoxophyes orana* F.von R. については、その雄の交尾行動が雌の生産する性フェロモンによって解発されることが室内試験の結果から明らかとなった (玉木ら, 1969)。本報ではコカクモンハマキに対するブラックライトと処女雌の併用の誘引効果と、性フェロモン抽出物の野外における誘引性について調査した結果について報告する。本文に入るに先立ち、この試験を行なうにあたってお世話いただいた農林省茶業試験場の金子武博士をはじめ虫害研究室のかたがたに深く感謝する。

材料と方法

供試虫：茶樹に寄生していたコカクモンハマキを Tamaki (1966) の方法により室内で継代的に大量飼育しているものを用いた。雌雄の区別は蛹期に行なった。誘引試験および性フェロモンの抽出に用いた雌成虫はいずれも羽化後1～2日目の未交尾のものである。

性フェロモンの抽出：雌成虫を再蒸溜によって精製したメチレンクロライドに浸漬し、5°Cに数日間放置した後、虫体を磨砕することなくそのまま吸引し過した。母液はロータリーエバポレーターによって30°C以下で濃縮し、1 mlが20頭の雌抽出物を含む溶液を調製し、使用時まで5°Cに冷蔵した。

トラップ：2種類の基本型をもつトラップを作製した。その1は、径30 cm、深さ15 cmのプラスチック製丸桶を針金によって木板 (6×28 cm) に固定したものである (第1図A)。この木板下面には6 Wのブラックライトを固定し、上面には処女雌を収容した網籠