

リンゴ害虫の性フェロモン利用
2. リンゴコカクモンハマキのフェロモントラップ
による発生予察のための基礎的調査

白 崎 将 英

青森県りんご試験場

Sex Pheromone of Pest Insects in Apple Orchard
2. Effects of Several Factors on the Pheromone Trap Catch
of the Summer Fruit Tortrix, *Adoxophyes orana fasciata*
WALSINGHAM (Lepidoptera : Tortricidae)

Shoei SHIRASAKI

Aomori Apple Experiment Station
Kuroishi, Aomori 036-03, JAPAN

目 次

I 緒 言	43
II フェロモントラップの誘引効率にかかわる要因	43
1. フェロモントラップの種類と誘引効率	43
2. フェロモントラップの設置間隔と誘引数	44
3. フェロモントラップの高さと誘引数	45
III 圃場における発生密度とフェロモントラップの誘引効率	46
IV 越冬世代成虫期における気象要因の変動と誘引数	50
V 発生時期予察のための基礎調査	52
1. 野外温度条件下における産卵経過	52
2. 幼虫及び蛹の発育と温度	53
3. 越冬世代成虫の誘引時期と第1世代幼虫の発生時期	54
VI 摘 要	54
引用文献	56
Summary	58

I 緒 言

リンゴの主要害虫の一つであるリンゴコカクモンハマキ (*Adoxophyes orana fasciata* WALSINGHAM)の性フェロモンは *cis*-9-及び *cis*-11-tetradecen-1-ol acetateの2成分からなり、それら両成分が特定の混合比率によって高いフェロモン活性を示す(14, 5)。

これらの合成化合物をおよそ9:1の混合比によりゴムキャップやプラスチックカプセルに1~10mg吸着させた場合、圃場において長期間にわたって雄成虫を誘引する。これを誘引源としたトラップ(以下フェロモントラップという)による誘引消長は圃場における成虫発生時期をよく反映し、時期的調査を行う上で利用できる(10)。

フェロモントラップはどのような場所でも容易に設置でき、その上、目的とする昆虫を選択的に集めるので、種類判別のための特別な智識を要することもなく、また、調査のための労力も多く要しないなどの利点があり、害虫の簡易な発生調査手段といえる。

現在、数種の農作物害虫を対象としたフェロモントラップが発生調査用に実用化されており、発生調査のために利用できる(12, 2)。

しかし、フェロモントラップの特性として、その誘引効率はいろいろな要因により変動するものと考えられ、

このことは定量的調査において大きな障害になる(13)。したがって、フェロモントラップを発生量の調査手段として利用する上で、フェロモントラップの誘引効率に関する変動要因及びその程度を明らかにする必要がある。

1982年から1986年までの5か年間、農林水産省補助事業の広域特殊調査として実施された「誘引剤利用方法に関する特殊調査」の中で、青森県りんご試験場はリンゴコカクモンハマキについて分担し、フェロモントラップの量的予察への利用を目標として誘引効率にかかわるいくつかの要因解明を含めた研究を行った。

本報は上記事業で行った研究結果を主体に取りまとめたものである。

本研究を行うに当たり、多くのご教示をいただいた当场育種部長(前昆虫科長)山田雅輝博士に謹んで感謝の意を表す。また、本研究では各地の現地圃場における調査も行った。圃場の使用をご快諾の上、調査にご協力をいただいた各園主の方々には厚くお礼申し上げる。さらに、本研究遂行に当たり、当场関田徳雄研究管理員、川嶋浩三主任研究員、木野田みはる技師、成田俊明技師の各位には多くのご助言とご援助をいただいた。合わせて深く感謝する。

II フェロモントラップの誘引効率にかかわる要因

1. フェロモントラップの種類と誘引効率

方法

1986年越冬世代成虫発生期に、場内圃場(F6号圃)において実施した。

リンゴコカクモンハマキの発生調査用として市販されている下記の2種類のフェロモン剤及び2種類のトラップを供試し、それぞれを組合せた4個のフェロモントラップをおよそ10~15mの間隔で円周上に配置し、毎日の誘引数を調査した。

なお、調査の都度、フェロモントラップの配置を変えた。

供試したフェロモン剤はゴムキャップをディスペンサーとした1mgの有効成分を含有するもの(武田製薬工業製、以下AO-Tという)とプラスチックカプセルをディスペンサーとした10mgの有効成分を含有するもの(大塚製薬製、以下AO-Oという)であり、また、トラップは2方向に開口した粘着トラップ(武田薬品工業製、商品名:武田粘着トラップ、以下TR-Tという)と4方向に

開口した粘着トラップ(Zoecon製、商品名:Pherocon[®] IC Trap、以下TR-Zという)である。

結果及び考察

誘引効率に関わるフェロモントラップ自体の要因としてはフェロモン成分量、ディスペンサー、トラップの構造などが挙げられる。

市販の発生調査用フェロモントラップは誘引源のフェロモン剤はディスペンサー及び成分含量が異なり、また、トラップは構造的に開口方向に違いがある(12, 9)。これらはTR-TとAO-T、TR-ZとAO-Oがそれぞれセットで市販されているが、それぞれ別に組み合わせて使用することもできる。

圃場における発生時期の調査に利用する場合、それらの誘引性能の違いは比較的問題にならないが、量的な調査を目的として利用する場合はそれぞれの誘引特性、性能を明らかにしておく必要がある。

各フェロモントラップの調査日ごとの誘引数及び集計結果を第1表に示した。

調査を行った圃場においては期間を通して誘引数が少なく、トラップの種類あるいはフェロモン剤の種類による誘引数の差異は大きくなかったが、AO-Tを誘引源としたフェロモントラップの誘引数がAO-Oを誘引源としたものより多い傾向を示した。また、トラップとフェ

ロモン剤との組合せでみると、トラップTR-Zとフェロモン剤AO-Tを組合せた場合に他の組合せよりも誘引数が多い傾向を示した。また、トラップ別の平均誘引数はTR-ZがTR-Tより多かったがその差異は有意なものではなかった。

第1表 フェロモントラップの種類と誘引数

調査月日	TR-Z			TR-T			計		
	AO-T	AO-O	計	AO-T	AO-O	計	AO-T	AO-O	計
6月10日	0	2	2	0	1	1	0	3	3
11	1	0	1	0	4	4	1	4	5
12	8	4	12	3	0	3	11	4	15
13	3	0	3	3	1	4	6	1	7
14	3	2	5	3	3	6	6	5	11
15	4	0	4	1	1	2	5	1	6
16	3	1	4	0	1	1	3	2	5
17	2	0	2	2	1	3	4	1	5
計	24	9	33	12	12	24	36	21	57
平	フェロモン(P)			2.25 a			1.31 b		
均	トラップ(T)			1.5 a					
	P × T			3.0 a	1.13 b		1.5 b	1.5 b	

注 1. トラップ設置月日：6月9日。

2. 同一記号を付した平均値間にはDUNCANの多重検定法により5%水準で有意差なし。

前報(10)において同様のフェロモン剤により誘引性を比較した場合、総体的には成分含量が10mgの方で誘引数の多い傾向が見られたが、誘引数が余り多くない条件下では必ずしもそうでない例もあった。

フェロモン成分量がある水準より多い場合に誘引数の減少が見られた例はハスモンヨトウ(*Spodoptera litura* (F.)) (18)やニカメイガ(*Chilo suppressalis* WALKER) (16)で報告されているが、本試験においても成分含量の少ない1mgの方でむしろ誘引数が多く、それがトラップの構造の違いによって顕著に現れた。圃場での発生密度によっても効果的な成分含量が異なる可能性も考えられ、成虫発生密度の高い条件下での試験も含めて、フェロモン剤及びトラップの構造の違いによる誘引効率の差異についてはさらに検討を要する。

フェロモントラップは1.に述べたトラップTR-Zにフェロモン剤AO-Tを入れたものであり、およそ、地上1.5mの高さでリンゴ樹に吊した。

結果及び考察

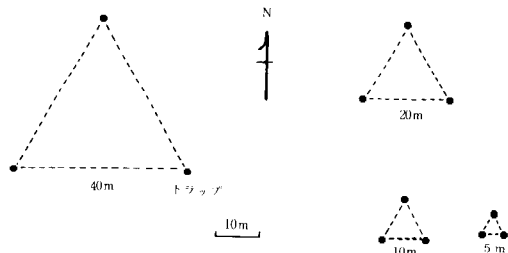
フェロモントラップによる発生調査を行う際、その誘引範囲がどの程度であるかを明らかにすることは、トラップの必要設置数や設置間隔の決定、さらに、トラップによる調査結果をどの程度の範囲に適用できるかなどを評価する上で重要である。

3個のトラップをそれぞれが等間隔になるように配置し、その間隔を5~40mの範囲で変え、その誘引数の違

2. フェロモントラップの設置間隔と誘引数

方法

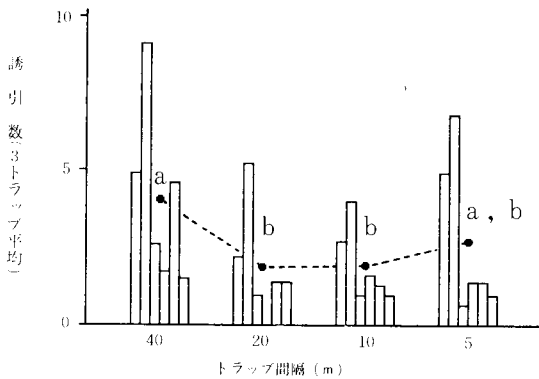
1984年第2世代成虫期に南津軽郡平賀町唐竹のわい化リンゴ園においてトラップ間隔を40, 20, 10及び5mとしてそれぞれ3個ずつのトラップを第1図のように配置し、およそ5日ごとに誘引数を調査した。なお、用いた



第1図 フェロモントラップ配置図

いから誘引範囲を推定しようとした。すなわち、トラップの誘引範囲が重なる場合はトラップ当りの誘引数が少なくなるとの前提で実施した。6回の調査を繰り返した結果、調査日による誘引数の変動が大きかったが、平均値で比較すると40m区が最も多く、20m及び10m区がそれより少なかった(第2図)。トラップ間隔が20m以下では誘引範囲に重なりが生じ、その結果、トラップ当たりの誘引数が減少したものとみなされるので、誘引範囲は少なくとも半径10m以上と推定される。

ただし、トラップ間隔が40mの場合に誘引範囲の重なりがあったかどうかはそれ以上の間隔での調査がないため明かでない。



第2図 トラップ間隔と各調査日別誘引数

(点線は平均値：同一符号を付した平均値間にはDUNCAN)の多重検定法により5%水準で有意差なし

同じハマキガ科のリンゴモンハマキ (*Archippus breviplicatus* WALSINGHAM) について、佐藤ら(6)がナン園で行ったフェロモントラップによるマーキング雄の再捕調査では、園内で放飼した場合の移動距離が40m余、園外から放飼した場合のそれは110m余であったという。

リンゴモンハマキのフェロモントラップによるこれまでの誘引調査では、リンゴコカクモンハマキの場合よりも誘引数が比率的多い傾向がある。これはフェロモントラップの誘引性能の差異によるものとみられるが、リンゴコカクモンハマキに比較して成虫は形態的に大きく、飛翔力に大きな違いがあるとみなされ、雄成虫の活動性、行動範囲の差異が大きいと考えられる。

本調査からリンゴコカクモンハマキの誘引範囲は少なくとも半径10mよりは大きいとみなされたがその限界がどの程度かは明らかにできなかった。しかし、リンゴモンハマキよりはかなり小さいものと推測される。

3. フェロモントラップの高さと誘引数

方法

1984年にりんご試験場内のわい性樹(M.26台、樹高約2.8m)圃場と普通樹(マルバ台、樹高約4.0m)圃場において、それぞれ中央部の1樹の主幹に沿って支柱を立て、それに地上0.5、1.5、2.5、3.5及び4.5mの高さでフェロモントラップを設置し、各世代を通して誘引数を調査した。

なお、供試したフェロモントラップは1.に述べたトラップTR-Tにフェロモン剤AO-Tを入れたものであり、フェロモン剤は世代ごとに更新した。

結果及び考察

フェロモントラップの誘引効率に関与する重要な要因の一つとしてトラップの設置場所の高さが挙げられる。

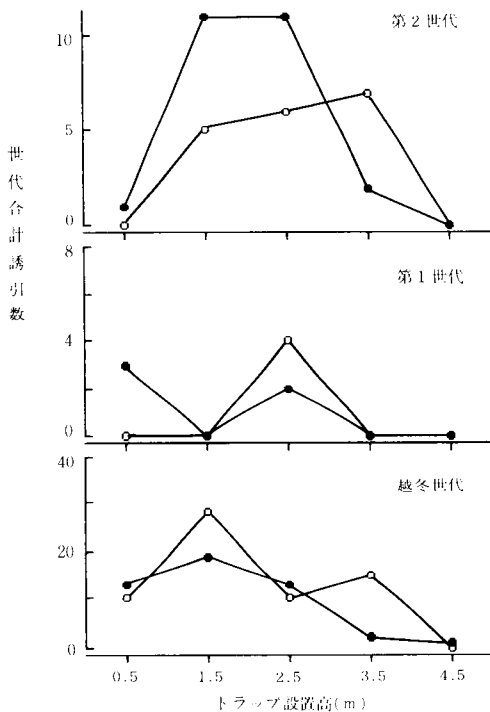
リンゴ園において、いろいろな種類の害虫でフェロモントラップにより誘引調査を行う場合、通常、トラップを目通りの高さ(およそ1.5m)に設置している。これは最も調査し易いという理由で決めたものであり、この高さが最も有効なものかどうかの検討はされていない。

近年、リンゴの仕立様式にわい化栽培が普及しているが、この場合、仕立様式(リンゴ樹の高さ)の違いによってフェロモントラップの高さと誘引数との関係が異なることも考えられる。フェロモントラップにより発生調査を行う上でこの点を明らかにし、適正な高さを決定する必要がある。

普通樹及びわい性樹のそれぞれの圃場にいろいろの高さでフェロモントラップを設置し、その誘引数を調査した結果から、トラップの高さ別誘引数を各世代合計数により第3図に示した。

試験圃場のリンゴ樹の樹冠部分は普通樹がおおよそ地上1~4m、わい性樹がおおよそ0.5~2.8mの範囲にあり、普通樹では4.5mのトラップが、わい性樹では3.5及び4.5mのトラップがそれぞれ樹冠よりも高い場所にあった。これらのトラップではいずれの場合もほとんど誘引されなかった。また、0.5mのトラップはわい性樹では樹冠の最下部にあり、普通樹では樹冠よりも低い場所にあったが、越冬世代にはこれらのトラップにもかなり誘引され、第2世代にはほとんど誘引されなかった。樹冠内部のトラップについてみると、第1世代成虫期には誘引数が少なく、トラップの設置高と誘引数の関係は比較できないが、越冬世代成虫期にはわい性樹、普通樹とも1.5mの高さで最も誘引数が多く、第2世代成虫期にはいずれも越冬世代成虫期よりも高いトラップの誘引数が多い傾向を示し、特に、普通樹で顕著であった。

川崎・玉木(3)によると、近縁種であるチャノコカクモンハマキ (*Adoxophyes* sp.) は茶園において摘採面の



第3図 トラップの高さと誘引数
○：普通樹 ●：わい性樹

高さで最も誘引数が多く、それよりも高い位置に置いたフェロモントラップではほとんど誘引されなかった。この場合、茶樹の樹高が異なっても、摘採面との相対的な高さが誘引数に大きく関与し、その配偶行動は茶園内部とその外周部近くで、樹高までの高さの空間に限定されると推測している。リンゴコカクモンハマキでも誘引された高さがほとんど樹冠内部に限定されたことから、配偶行動において雌成虫の待機場所が餌植物上にあり、雄の飛翔空間が雌の生息場所に近い高さにあるものと推測される。

本調査は1樹にいろいろの高さで複数のトラップを設置して行ったものであり、その結果、トラップの高さと誘引数との関係は樹の高さによって差異が見られ、また、世代によっても異なった。しかし、総体的にはほとんどが樹冠内部のトラップに誘引され、また、通常の調査は、ある特定の高さに1個のトラップを設置して行るので、その高さが樹冠内部であれば、それに集中的に誘引されることが考えられる。また、地上1.5mの高さでは比較的安定した誘引数を示したことから、従来行ってきた目通りの高さでの調査は実用上ほぼ妥当なものといえよう。

III 圃場における発生密度とフェロモントラップの誘引効率

方法

1982年から1985年まで、第2表に示した圃場において以下の調査を行った。

i. 圃場における誘引調査

各圃場においてリンゴコカクモンハマキのフェロモントラップ(武田薬品工業製)により発生期間を通して誘引調査を行った。

トラップは圃場中央部のリンゴ樹に地上約1.5mの高さで1個ずつ設置し、毎日の誘引数を調査した。その際、フェロモン剤は各世代ごとに更新し、粘着板は適宜交換した。

なお、現地圃場での調査は園主に依頼した。

ii. 圃場における幼虫発生密度調査

場内圃場において各世代幼虫の発生最盛期に圃場内の1/10~1/3のリンゴ樹についてハマキガ幼虫による全巻葉数を調査し、また、一部の巻葉を無作為に採集し、幼虫の有無、種類、生死、齢等を調査した。現地圃場においてはトラップ設置樹を中心に10樹を抽出し、同様の調査を行った。

iii. 圃場における蛹化数推定

上の調査で得られたリンゴコカクモンハマキ生幼虫

を個別に飼育し、蛹化までの死亡要因及び死亡数を調査した。その結果と、各圃場面積及び樹数を基にして10a当たり蛹化数を算出した。

結果及び考察

フェロモントラップの誘引効率の変動に關与する最も重要な要因として圃場における発生密度が挙げられる。すなわち、フェロモントラップへの雄成虫の飛来行動は、その圃場に生息している雌成虫に対するものと同一の反応とみることができるので、圃場での生息密度が高まるにつれてフェロモントラップと雌成虫との競合が起こり、誘引効率が低下すると考えられる(13)。

また、これまでの調査で、越冬世代に比較して第1世代の誘引数が少ないことはしばしば認められる(10)。その場合、圃場での発生密度が必ずしも低いものでないことは感覚的にいえるが、世代による誘引効率の差異に關して詳細な検討がなされていない。

そこで、本調査では年間を通して各世代ごとの密度調査を行い、フェロモントラップの誘引数との関係について検討した。

各圃場において年間を通してフェロモントラップによ

白崎:リンゴ害虫の性フェロモン利用

第2表 調査実施圃場及び圃場の概要

調査地点	圃場名	樹構成及び管理	調査実施年
黒石市福民 (りんご試験場1号園)	A 5	喬木樹, 慣行防除	1982~86
” ”	C 2	わい性樹, 殺菌剤省略	1984~85
” ”	C 3	” 殺虫剤省略	1982~86
” ”	C 4	” 殺虫剤無散布	1984~85
南津軽郡藤崎町 (りんご試験場藤崎圃場)	F 6	” ”	1982~85
” ”	F 7	” 慣行防除	1982~86
” 浪岡町吉野田 (小山資敦氏園)	Y o	喬木樹, 慣行防除	1982~86
” 大鰐町苫木 (水木二玲氏園)	N i	” ”	1982~83
” 平賀町唐竹 (猪股正吉氏園)	K a	” ”	1985
” ” 新屋 (葛西勝男氏園)	A r	” ”	1985
中津軽郡岩木町五代 (葛西信夫氏園)	G o	” ”	1982~86
北津軽郡板柳町深味 (白取勝一氏園)	F u	” ”	1982~84
” 鶴田町野木 (田沢定美氏園)	N o	” ”	1983~85
弘前市鬼沢 (須藤見良氏園)	O n	” ”	1985

第3表 各圃場におけるフェロモントラップによる年次別、世代別誘引数

調査圃場名	越冬世代成虫				第1世代成虫				第2世代成虫			
	'82	'83	'84	'85	'82	'83	'84	'85	'82	'83	'84	'85
C 2	—	—	131	136	—	—	18	5	—	—	12	5
C 3	343	192	159	57	146	15	14	5	182	41	25	8
C 4	—	—	162	117	—	—	8	4	—	—	36	17
A 5	222	246	136	51	63	15	19	8	147	58	30	14
F 6	890	1,347	841	196	205	164	39	14	942	412	46	45
F 7	820	965	771	123	98	91	51	4	1,142	347	56	20
N i	107	105	—	—	89	25	—	—	0	20	—	—
Y o	217	184	117	147	113	42	21	21	374	190	205	36
G o	101	113	62	111	27	6	3	32	43	0	45	19
F u	135	93	65	—	69	32	58	—	—	97	99	—
N o	—	1,818	553	171	—	80	87	33	—	—	111	43
O n	—	—	—	498	—	—	—	93	—	—	—	131
K a	—	—	—	51	—	—	—	46	—	—	—	39
A r	—	—	—	143	—	—	—	70	—	—	—	65

注 —;調査なし

第4表 各圃場におけるリンゴコカクモンハマキの世代別幼虫密度及び蛹化数

圃場名	幼虫発生密度及び蛹化数 (10a当たり)								
	越冬世代			第1世代			第2世代		
	巻葉数	幼虫数	蛹化数	巻葉数	幼虫数	蛹化数	巻葉数	幼虫数	蛹化数
1982年									
C 3	62.7	62.7	≤62.7	114.9	94.4	81.7	54.1	37.3	3.2
F 6	1276.3	978.5	612.7	607.2	486.0	214.7	1171.1	1097.0	482.4
F 7	—	—	—	—	—	—	316.4	235.5	114.0
N i	0	0	0	64.8	54.0	≤54.0	0	0	0
Y o	16.4	15.2	14.7	19.8	19.8	14.9	84.8	49.1	3.5
G o	13.4	13.4	5.5	39.2	41.0	28.5	0	0	0
F u	10.3	10.3	0	60.7	54.4	50.2	8.3	8.0	1.8
1983年									
C 3	220.5	133.6	≤133.6	62.9	43.7	3.9	6.6	6.6	≤6.6
F 6	2571.8	1674.3	1387.6	904.9	647.1	68.9	249.6	199.7	45.5
F 7	2305.1	848.3	457.3	161.2	139.7	21.5	102.9	89.2	22.7
N i	37.7	35.6	5.2	29.4	22.2	≤22.2	14.4	14.4	≤14.4
Y o	58.8	50.1	9.7	13.4	8.9	≤8.9	3.0	3.0	≤3.0
G o	62.4	57.5	≤57.5	92.0	92.0	≤92.0	69.4	55.5	13.1
F u	31.8	30.1	4.5	13.0	4.3	≤4.3	5.4	5.4	≤5.4
N o	—	—	—	700.4	546.2	386.2	54.3	18.1	8.8
1984年									
C 2	42.8	32.2	24.8	28.4	7.6	0	11.4	8.3	3.7
C 3	243.9	211.3	191.2	322.6	156.1	0	77.0	56.4	5.2
C 4	256.9	222.6	196.2	291.0	148.8	0	71.9	42.3	10.2
A 5	20.8	14.7	0	56.9	28.4	0	58.8	22.1	0
F 6	1123.5	983.1	610.1	2679.5	2449.8	265.3	68.6	48.2	4.2
F 7	571.0	460.0	277.7	456.5	434.3	42.8	243.9	137.2	16.3
Y o	106.6	90.0	46.7	166.8	105.8	25.7	150.4	62.7	0
G o	15.8	10.0	2.5	108.8	65.8	3.6	177.1	123.4	0
F u	64.6	30.1	21.6	176.4	88.2	52.8	74.5	36.2	0
N O	32.1	18.2	3.4	49.8	24.9	6.0	152.2	123.7	17.9
1985年									
C 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C 3	0	0	0	6.0	6.0	3.0	23.9	11.9	5.6
C 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F 6	31.8	21.2	20.8	32.2	26.8	1.0	9.0	5.3	≤5.3
F 7	9.5	5.3	0	10.9	10.9	3.6	2.1	2.1	0
Y o	63.1	50.6	32.1	27.7	27.7	0	28.9	9.6	0
G o	40.0	13.3	10.0	0	0	0	0	0	0
N o	16.3	16.3	14.9	11.6	9.2	2.0	46.1	6.6	6.2
O n	6890.6	3388.8	1547.5	80.6	72.3	6.2	46.6	41.4	9.3
K a	93.1	48.7	0	274.4	229.9	25.2	44.1	25.2	0
A r	107.6	89.8	0	19.3	15.5	2.5	0	0	0

る誘引調査を行った結果から、年次別及び世代別の総誘引数をまとめて示すと第3表のとおりであった。これによると世代別誘引数は越冬世代が多く第1世代で少ない傾向が見られた。なお、1985年後期からリンゴコカクモンハマキの発生が全体的に減少傾向を示し(第4表)、これに伴って各園とも誘引数が減少した。

リンゴコカクモンハマキは幼虫期において各種寄生蜂による高い死亡が起こることがあり、また、ウィルスやその他の病原菌による病死もある(8)。これらの主要な死因のほかには蛹化の際の脱皮不調により死亡するものがあるが、蛹化後の死亡も含めてその率は高いものでない。

そこで、圃場における幼虫の発生密度を調査し、さらに、採集した幼虫の飼育調査により、主死亡要因である各種寄生蜂の寄生率及びウィルス病などの感染率を明らかにし、それによって蛹密度を推定し(第4表)、これを成虫羽化数の指標とした。

4か年の結果から、世代別に推定蛹密度とトラップ誘引数とをそれぞれ対数変換値($\log(n+1)$)によりプロットすると第4図のとおりである。これによると越冬世代においては蛹密度と成虫誘引数との間にほぼ直線的な関係が認められ、この場合、勾配が1より小さいので発生密度が高まるにつれて誘引効率が低下することが示唆される。

第1世代の場合も直線的な傾向がうかがわれるが、変異が大きくなった。さらに、第2世代の発生密度と誘引数の関係は変異が大きく、特に発生密度の低い条件下で誘引数の変異が大きかった。

ここで、発生密度と誘引数の関係が世代の経過に伴って変異が大きくなった点についてみると、圃場においては世代が進むにつれて生育が不揃いになり、発生期間が

長くなる。ここで扱った発生密度は各世代とも幼虫最盛期頃における1回の調査に基づくものであったが、第1世代あるいは第2世代には幼虫最盛期における1回だけの調査では全体的な発生状況を把握するには不十分であり、密度推定値の精度が低下したことが考えられる。

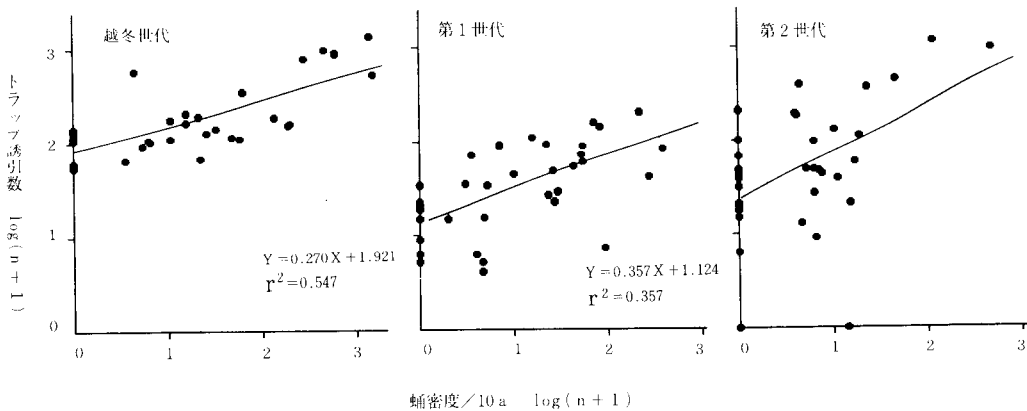
本調査の範囲内では、同一水準の発生密度での誘引数は、越冬世代成虫期に比較して第1世代成虫期の方が少なく、第1世代成虫期において誘引効率低い傾向が見られた。

これは成虫の行動が世代によって異なり、発生時期における外的条件によって大きく影響されるものと考えられるが、世代によって習性として持っている内的(生理的)な違いもないとは言えない。

気温は成虫の行動や活性に大きく関与すると同時に、一方ではフェロモン成分の蒸発量、持続期間などに影響を及ぼし、トラップの誘引性能が変化すると考えられる。また、環境条件が時期によって異なり、例えば、春期に比較して、夏期には葉もよく伸展し、数も多くなっているため、風の通りや成虫の活動に影響することも考えられる。

佐藤ら(6)は越冬世代の誘引効率が高かったリンゴコカクモンハマキの場合、マーキング雄の再捕率は世代によって大きく変わらないことからこれらの点には否定的な見解を示し、越冬世代成虫の生存期間の長いことを重要視している。一方、若村ら(17)はカブラヤガでのマーキング雄の再捕率が季節によって異なり、春と秋に高く、夏に低かったことからフェロモントラップの誘引効率が変化のみならず、雄成虫の生理的な変化の可能性も考えた。

リンゴコカクモンハマキでもさらに再捕調査等による説明が今後必要である。



第4図 圃場における発生密度とフェロモントラップによる誘引力

IV 越冬世代成虫期における気象要因の変動と誘引数

方法

場内圃場 (C 3号圃) における1982~1985年のフェロモントラップによる越冬世代成虫期における毎日の誘引数と場内で観測された気象観測資料とを対比し、日別誘引数の変動と気象要因 (気温及び風) との関係を解析した。

日別の誘引数は調査日の前日 (前夜) のものとして扱い、それに対応する気象資料として最高気温、最低気温及び夜間 (21~24時及び24~3時) の平均風速を選んだ。

結果及び考察

フェロモントラップによる日別誘引数はしばしばその前後のものと大きくかけ離れた数を示す場合があるが、これには気象要因の日変動が大きく関与しているとみなされる。

フェロモントラップの誘引数は越冬世代成虫期に多い傾向があり、また、この時期は気温などの気象要因の変動が比較的大きい。このことから越冬世代の誘引数と気象観測値の日別変動を対比してみた。

気温と誘引率 (世代合計誘引数に対する日別誘引数の百分率) について、その例を第5図に示した。これによると、1983年は誘引率の日変動が著しいものであり、誘引期間中に数回にわたって誘引率の極端な落込みが観察された。この場合、気温の日変動も大きかった。これによると気温の上昇及び下降と誘引率の増減が同調することもあるが、一方、気温が極端に高い日に誘引率が低下した。1984年は誘引率の日変動が比較的小さく、気温の変動も大きいものでなかった。

SEKITA (7) は1983年に青森県のある地域内の12か所のリンゴ園で調査した日別誘引率と平均気温との関係について解析し、平均気温がおよそ10℃から22℃までは気温が高くなるほど誘引率が增加するが、それよりも気温が高くなると誘引率が低下することを示唆している。

4か年の資料から日別の最高気温及び最低気温に対する日別誘引率をまとめ、第6図に示した。最高気温の場合はおよそ18℃以上で高い誘引率を示す例が多く見られ、特に、25~30℃の範囲でその傾向が強かった。

ただし、最高気温は日中の気温の指標とみなされるのでフェロモントラップの誘引効率に直接関与しているものでなく、その日の成虫の羽化数 (発生数) にかかわる要因となっていると考えられる。また、日中の気温と夜間の気温とは高い正の相関関係があるので、見かけ上、最高気温が夜間の成虫の行動との関連性を示したともみ

られる。

最低気温は雄成虫がフェロモンに反応して行動する夜間の気温の指標とみなされるが、およそ11~15℃の範囲で高い誘引率を示す例が多く、それより低い場合や高い場合は誘引率が低下する傾向があった。

次に、夜間の風と誘引率との関係についてその例を第7図に示した。これによると風速は日による変動が大きいため、風速がとくに大きい日に誘引率の低下が見られる。

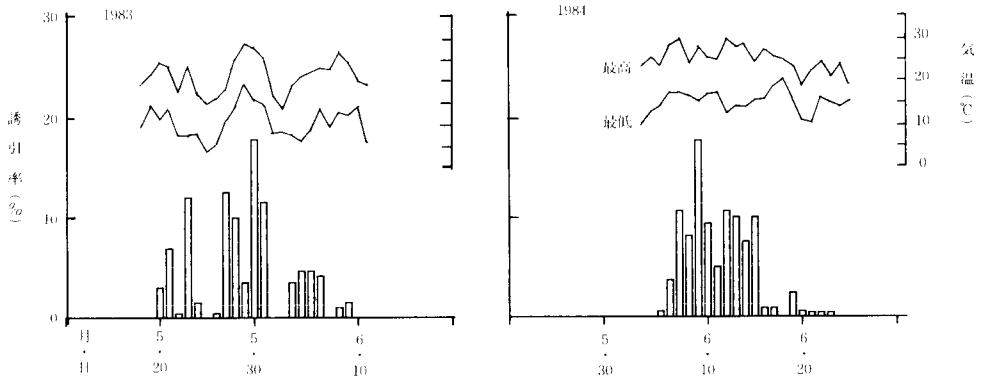
4か年の資料から、17~6時までの間でのいろいろの時間帯の平均風速をとって検討したところ、24~3時の平均風速と誘引率との間にある程度の傾向を認めたが、それ以外の場合は特定の傾向を認め難かった。その例を第8図に示したが、24~3時の平均風速が1~2m程度の日に高い誘引率を示し、それよりも風速が大きくなると誘引率が低下する傾向が見られた。

本種の越冬世代成虫のフェロモントラップへの誘引時刻については明らかにされていない。川崎ら (4) によると近縁種であるチャノコカクモンハマキの越冬世代成虫は22~2時の間に誘引率が高く、24~1時にピークを示す。TAMAKI et al. (15) はリンゴコカクモンハマキとチャノコカクモンハマキの交尾時刻の差異を日長条件との関連で比較し、条件によってリンゴコカクモンハマキの交尾時刻はチャノコカクモンハマキよりも2~4時間遅れる場合もあるが、圃場ではその差が1時間以内であろうと推測している。これらの事実と、今回、24~3時の風との関連性が高いとみなされる結果が得られたことから、リンゴコカクモンハマキの越冬世代成虫の誘引時刻がこの時間帯内にある可能性が大きい。

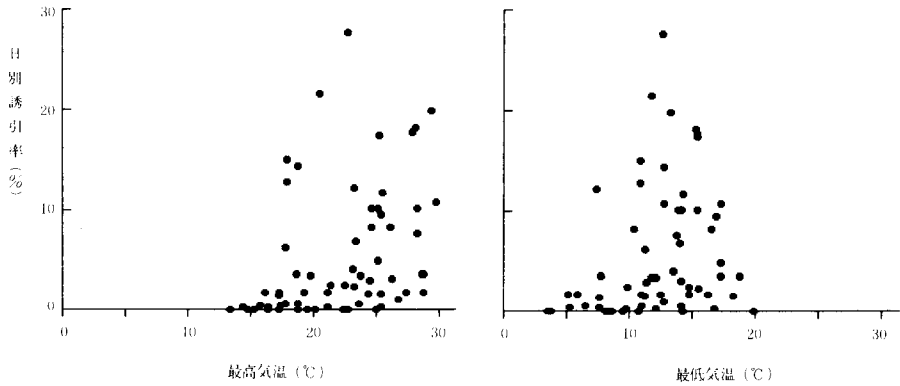
以上の結果から、気象要因として気温と風はリンゴコカクモンハマキのフェロモントラップの誘引効率に深くかかわっているものとみなされる。しかし、個々の要因が単独に関与しているのではなく、他の要因も含めて、それらの総合的な効果として誘引効率に影響しているものであろう。

さしあたって、最低気温がおよそ10℃以下、あるいは15℃以上では誘引数が少なくなる場合があり、また、夜間の風速が2m以上の場合にも減少すると言える。フェロモントラップにより誘引最盛期をとらえ、その後の防除時期を決定する際、調査中に誘引数の減少が数日続き、それが最盛期を過ぎたためか、あるいは一時的な減少かの判断が急がれることがある。そのような場合に夜間の気温や風の条件が判断の参考にならう。

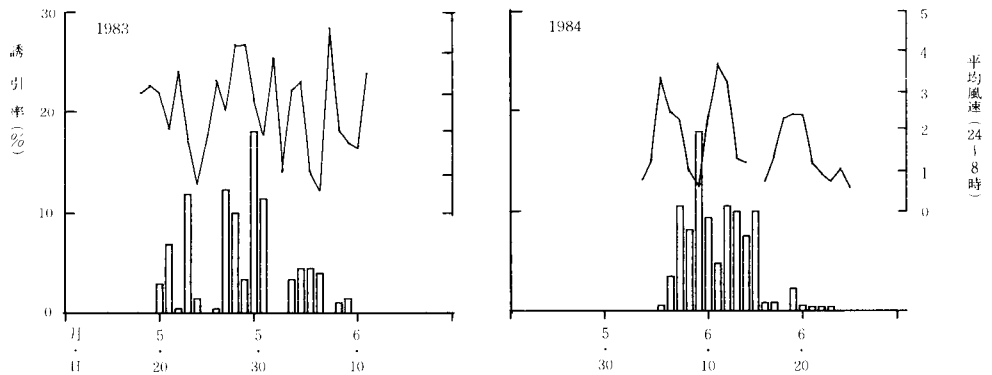
白崎:リンゴ害虫の性フェロモン利用



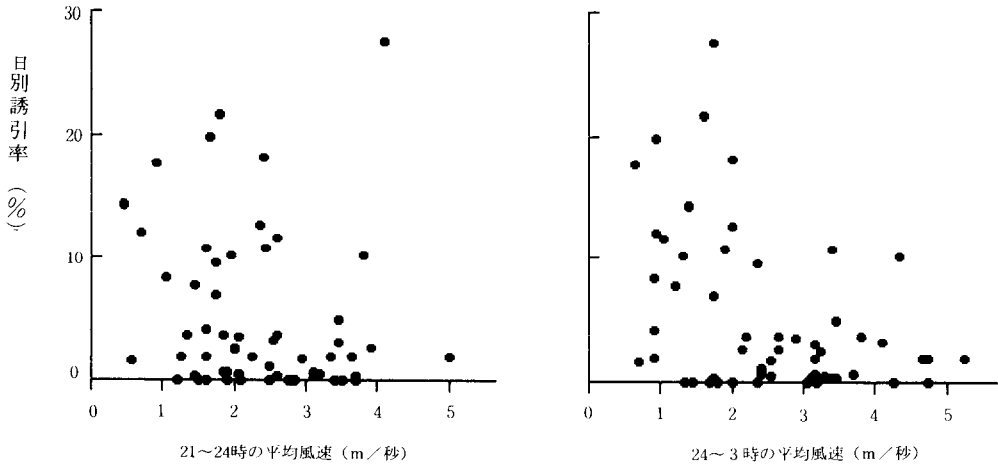
第5図 越冬世代成虫の日別誘引消長と気温



第6図 越冬世代成虫期における気温と日別誘引率 (1982~'85)



第7図 越冬世代成虫の日別誘引消長と風速



第8図 越冬世代成虫期における夜間の風と日別誘引率 (1982~'85)

V 発生時期予察のための基礎調査

1. 野外温度条件下における産卵経過

方法

1983年にリンゴ樹から採集した第1世代幼虫を室内でリンゴ葉を与えて飼育し、第1世代成虫を羽化させた。羽化当日の雌雄1対ずつをプラスチック製のアイスクリームカップ (直径9cm, 高さ4.5cm) に入れ、吸水させた脱脂綿を与えた上、産卵のためのパラフィン紙をはさんで蓋をした。これを圃場の百葉箱内に置き、その後の成虫の死亡数及び産卵数を調査した。なお、調査はすべて卵塊を単位として行った。また、1984年には越冬世代成虫について同様の調査を行った。

結果及び考察

フェロモントラップの誘引消長から産卵時期を推定す

る上で、圃場における成虫の産卵経過を明らかにする必要があり、本調査を行った。

それぞれ数日にわたって羽化当日の雌雄成虫を対にし、調査を繰り返したが、その結果を第5表及び第6表に示した。

1984年の越冬世代成虫の場合は産卵期が5月下旬～6月上旬に当たり、羽化当日に産卵したものが1例あったが、これは例外的なもののみなされ、ほかはいずれも1日後ないしはそれ以降に産卵した。全体的には羽化から3～4日後ころに多く産卵した。

成虫の生存期間は、雌雄による差が小さく、5日後まではほとんど死亡が見られなかった。その後、日数の経過に伴って生存率が低下し、15日後に50%を下回った。

1983年の第1世代成虫の場合は産卵期が7月下旬から8月上旬であり、羽化1日後に最も多く産卵し、その後、

第5表 越冬世代成虫期における圃場 (百葉箱内) での産卵経過 (1984)

羽化後 日数	産卵数*	累積%	羽化後 日数	産卵数*	累積%
0(当夜)	1	0.8	7	10	91.7
1	11	10.0	8	6	96.7
2	15	22.5	9	2	98.3
3	22	40.8	10	1	99.2
4	21	58.3	11	1	100
5	17	72.5	12	0	
6	13	83.3	計	120	

注 1. 供試虫数; 37対。

2. *; 卵塊数。

第6表 第1世代成虫期における圃場(百葉箱内)での産卵経過(1983)

羽化後 日数	産卵数*	累積%	羽化後 日数	産卵数*	累積%
0(当夜)	0	0	6	1	96.5
1	19	33.3	7	0	96.5
2	15	59.6	8	1	98.2
3	10	77.2	9	1	100
4	7	89.5	10	0	
5	3	94.7	計	57	

注 1. 供試虫数; 27対。 2.* ;卵塊数

日数の経過につれて直線的に減少した。この場合、成虫の生存期間も短く、5日後には生存率が50%以下になった。

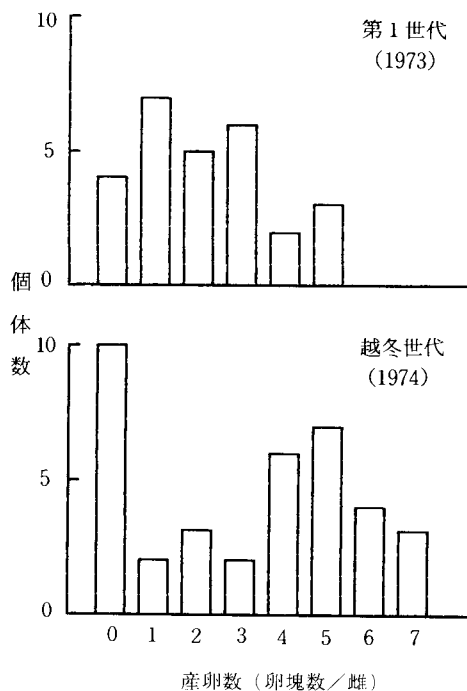
また、それぞれの雌ごとにみた総産卵数の分布を第9図に示した。これによると、越冬世代成虫では全く産卵しなかったものが37個体中10個体あったが、産卵した場合は4~5卵塊のものが多かった。第1世代成虫の場合は1~3卵塊のものが多く、産卵しなかったものが27個体中4個体あった。

このように産卵経過は越冬世代と第1世代で大きく異なった。これは気温に大きく影響された結果と推測され、第1世代に比較して気温が比較的低い越冬世代には、成虫の生存期間が長く、産卵数も多くなるものとみなされる。

2. 幼虫及び蛹の発育と温度との関係

方法

1984年に室内飼育によって得た卵から幼虫をふ化させ、ふ化当日の幼虫を個別にリンゴ葉片を入れた管瓶に入れて綿栓をし、照明を明期16時間、暗期8時間とした17, 20, 23及び26℃の各定温条件下において飼育した。毎日



第9図 世代別の1雌産卵数の分布

第7表 リンゴコカクモンハマキ卵、幼虫及び蛹の発育速度と温度

項目	回帰式	発育零点	発育有効温量
卵*	$100 V = 1.08 T - 9.6$	8.9℃	92.5日度
幼虫	1 齢 $100 V = 1.45 T - 9.89$	6.8	69.0
	2 齢 $100 V = 2.47 T - 19.67$	8.0	40.5
	3 齢 $100 V = 1.68 T - 6.52$	3.9	59.5
	4 齢 $100 V = 1.64 T - 9.19$	5.6	61.0
	5 齢 $100 V = 1.39 T - 11.90$	8.6	71.9
	計 $100 V = 0.33 T - 2.26$	6.8	303.0
蛹	$100 V = 1.13 T - 10.60$	9.4	88.5

注 1.* ;白崎・山田(11)による

2. T; 温度, V; 発育速度(1/発育日数)

調査を行い、個体ごとに脱皮日、蛹化日及び羽化日を記録した。なお、調査期間中数回の欠測があったが、その場合、個体ごとに前後の調査日の発育状況などから欠測日の発育ステージを推定した。

結果

フェロモントラップの誘引消長からその後の幼虫の発生時期を推測する上で、発育ステージごとの発育と温度との関係を明らかにする必要があり、調査を行った。

調査により第7表に示す結果が得られた。

なお、卵発育については既に明らかにしてあるが(11)、それも併せて示した。

3. 越冬世代成虫の誘引時期と

第1世代幼虫の発生時期

方法

1982～1985年に場内でリンゴコカクモンハマキの防除薬剤を散布しない圃場（C3号圃及びF6号圃）においてフェロモントラップにより越冬世代成虫の誘引消長を調査した。さらに、6月中旬から7月上旬までの時期に数回にわたり、トラップ設置樹を中心としたリンゴ樹10～15本を調査樹に選定し、毎回、それらについてリンゴコカクモンハマキ幼虫発生数を齢を判別しながら調査した。年によっては200～500本の新梢を無作為に抽出して同様に調査した。

越冬世代成虫の誘引消長から次の2つの産卵モデルによって産卵経過を推定した。

モデルI：1. により、1984年6月に圃場の温度条件下で行った飼育調査で得られた産卵経過。羽化1日後から11日後まで継続し、この間、3～4日後にピークを示し、4日後までに約60%、7日後までに約90%を産卵した。

モデルII：誘引日の2～3日後に多く産卵するという従来言われている産卵経過。2日及び3日後にそれぞれ50%ずつ産卵するものとした。

さらに、気象観測資料による日平均気温をもとに2. による卵及び幼虫の発育温量を算出し、卵発育期間→ふ化日→1齢幼虫期間→2齢幼虫期間の順に推定値を求め、

1齢及び2齢幼虫の量的推移を推定した。これを圃場で実際に観察した第1世代幼虫の発生経過と対比した。

なお、調査圃場のうちC3号圃は気象観測地点と隣接しているが、F6号圃は距離的におよそ12km離れている。

結果及び考察

リンゴコカクモンハマキ防除の上で第1世代幼虫のふ化最盛期を的確にとらえることが重要である(10)。

現在、青森県においてフェロモントラップを利用した誘引消長調査により幼虫のふ化時期を予測する方法が普及されている(1)。この場合、誘引最盛期の2～3日後を産卵最盛期とみなし、この時期の平均気温に基づく卵期間を考慮して幼虫ふ化最盛期を推定するものである。

1. の調査によると越冬世代成虫期の圃場条件下での産卵はかなり長期間にわたるものとみなされる結果が得られた。

そこで、それらの産卵経過を基に幼虫の発生経過を推定した場合、実際に圃場で観察された幼虫の発生経過とどの程度合致するかを検討した。

その結果を第10図に示したが、ここでは、いずれの場合も最大の値を1としてそれに対する毎日の比率によって示した。

1982年に2か所の圃場についてみると、C3号圃で実測値よりも推定値が3～5日早まり、F6号圃では反対に推定値の方が2～3日遅れ、それほどよく適合しなかった。1983年及び1984年の場合は推定値と実測値がかなりよく合致し、特に、モデルIIによる場合はほとんど一致したといえる。1985年の結果はここに示さないが、幼虫の発生が非常に少なく、1齢幼虫及び2齢幼虫のいずれも推定された時期よりもやや早かった。この場合もモデルIIによる推定値が実測値にいくらか近いようであった。

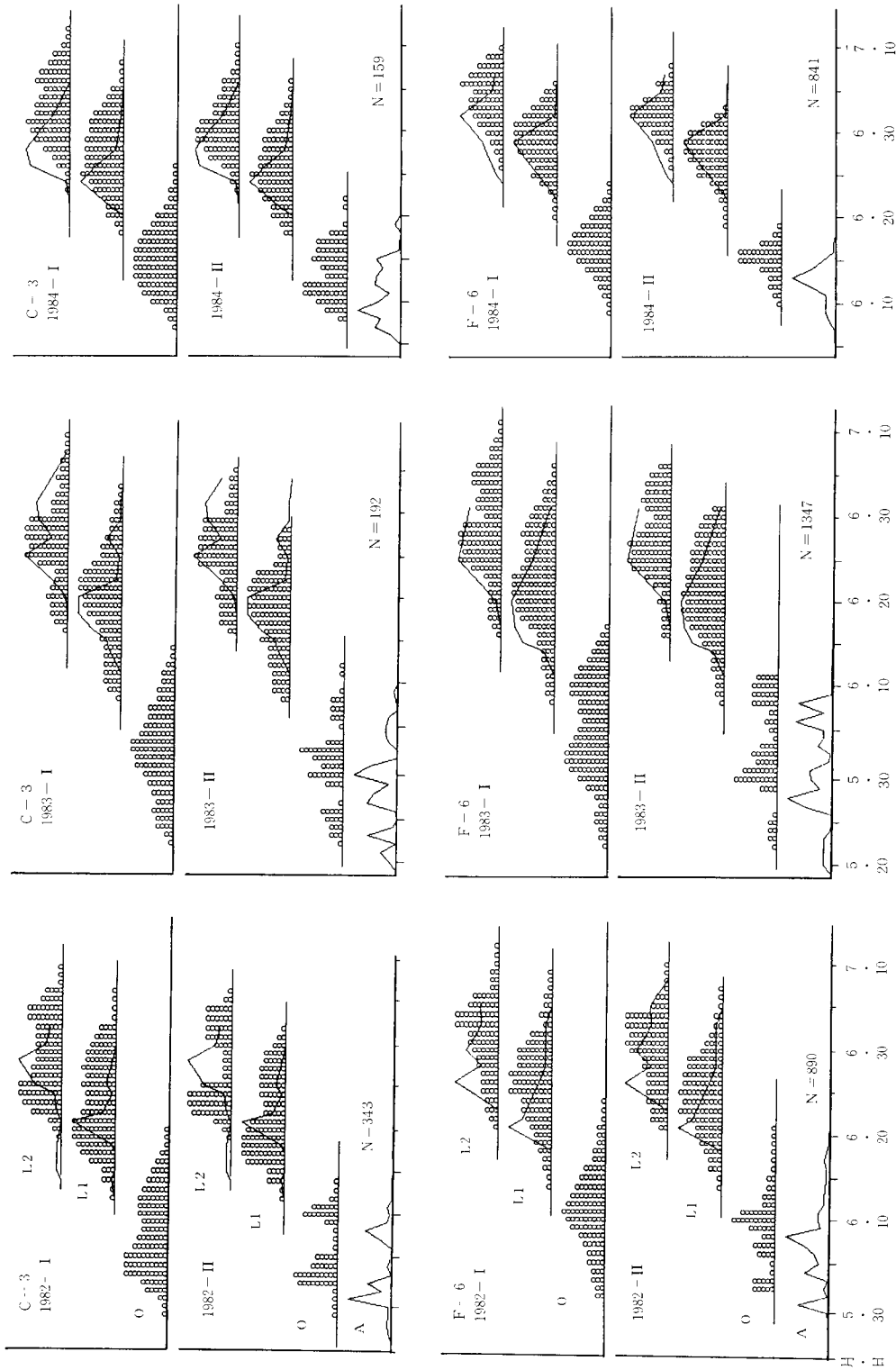
圃場における実際の産卵経過はここで用いた2つのモデルのような単純なものではないと考えられ、成虫の産卵習性、産卵条件などについてさらに検討する必要がある。しかし、さしあたってフェロモントラップの誘引消長から1齢幼虫の発生経過を推定する場合、単純なモデルIIによって行っても、実際のものとは大きくかけ離れた結果にならないとも考えられる。

VI 摘 要

1. リンゴコカクモンハマキのフェロモントラップを発生調査手段として利用する上で、その誘引効率の変動要因及びその程度を明らかにする必要があり、いくつかの要因について検討した。

2. リンゴコカクモンハマキの発生調査用として市販されている2種類のフェロモン剤(AO-T; 1mgの有効成分

分を含有するゴムキャップ, AO-O; 10mgの有効成分を含有するプラスチックカプセル)と2種類のトラップ(TR-Z; 4方向開口のPherocon® IC Trap, TR-T; 2方向開口の武田粘着トラップ)を組合せ、リンゴ園において誘引数を比較した結果、AO-TとTR-Zの組合せで最も誘引数が多かった。この場合、トラップの構造



第10図 越冬世代成虫の誘引消長と第1世代幼虫の発生経過

(—:実測値 ∞:推定値 A:成虫誘引消長 O:産卵消長 L1:1齡幼虫発生消長 L2:2齡幼虫発生消長 N:総誘引数)

の違いによる誘引数の差異は小さく、フェロモン剤の違いによる誘引数の差異が大きく関与した。

3. リンゴ園において40, 20, 10及び5mの間隔でそれぞれ3個ずつのフェロモントラップを配置して誘引数を比較した結果、40m区が最も多く、20m及び10m区がそれより減少し、誘引範囲は少なくとも半径10mよりは大きいと推定された。しかし、その限界がどの程度かは明らかにできなかった。

4. リンゴ樹の高さが異なるわい性樹(樹高約2.8m) 圃場と普通樹(樹高約4.0m) 圃場のそれぞれ中央部に、地上0.5, 1.5, 2.5, 3.5及び4.5mの高さでフェロモントラップを設置し、各世代を通して誘引数を調査した結果、いずれの場合も樹冠部よりも高いトラップではほとんど誘引されなかった。樹冠内部では越冬世代成虫期にはいずれとも1.5mのトラップで最も誘引数が多く、第2世代成虫期にはいずれも越冬世代成虫期よりも高いトラップの誘引数が多い傾向を示した。しかし、総体的には地上1.5mの高さでは比較的安定した誘引数を示したことから、目通りの高さでの調査が実用的である。

5. 1982年から1985年までの4か年にわたり、圃場で各世代ごとの発生密度調査を行い、フェロモントラップの誘引数との関係について世代別に、推定蛹密度とフェロモントラップ誘引数のそれぞれ対数変換値($\log(n+1)$)により検討した結果、越冬世代においては蛹密度と成虫誘引数との間にはほぼ直線的な関係が認められ、その回帰式の勾配が1より小さいことから発生密度が高まるにつれて誘引効率が低下するといえる。第1世代の場合も直線的な傾向がうかがわれたが、変異が大きくなった。第2世代の発生密度と誘引数の関係は変異が大きく、特に発生密度の低い条件下で誘引数の変異が大きかった。

6. 同一水準の発生密度に対する誘引数を比較すると、調査の範囲内では、越冬世代成虫期よりも第1世代成虫期の方が少なく、第1世代成虫期において誘引効率が低

いと推定された。

7. 1982年から1985年までの越冬世代成虫期において、フェロモントラップの日別誘引数の変動と夜間の気温及び風速との関連性を検討した結果、最低気温がおよそ11~15℃の範囲で高い誘引率を示す例が多く、それより低い場合や高い場合には誘引率が低下する傾向がみられた。また、夜間の風の条件として24~3時の平均風速が1~2m程度の日に高い誘引率を示し、それよりも風速が大きくなると誘引率が低下する傾向がみられた。

8. フェロモントラップの誘引消長から産卵時期を推定する際の基礎資料を得るために、圃場の気温条件下での成虫の産卵経過を調査した結果、1984年の越冬世代成虫の場合は羽化1日後から11日後にかけて産卵し、3~4日後ごろに多く産卵した。1983年の第1世代成虫の場合は羽化1~2日後に多く産卵し、その後直線的に減少し、9日後で終了した。

9. フェロモントラップの誘引消長からその後の発生経過を推定する際の基礎資料を得るために、発育ステージごとの発育と温度との関係を調査した。その結果、発育零点及び発育有効温度は幼虫が6.8℃及び303.0日度、蛹が9.4℃及び88.5日度であった。

10. 防除薬剤を散布しない圃場における1982年から1985年の越冬世代成虫期のフェロモントラップによる誘引消長を基に、圃場の温度条件下で得られた越冬世代成虫期の産卵経過及び羽化後2~3日後に産卵すると仮定した2つの産卵モデルによって産卵経過を推定し、さらに、日平均気温からその後のふ化日、1齢幼虫期間及び2齢幼虫期間(推定値)を算出して1齢及び2齢幼虫の量的推移を推定した結果、圃場における第1世代幼虫の実際の発生経過とそれほど適合しない例もあったが、年によっては推定値と実測値がかなりよく合致した。とくに、成虫発生の2~3日後に産卵すると仮定した単純なモデルによる方が実測値に近い結果が得られた。

引用文献

1. 青森県農林部りんご課編(1988) 主要害虫の防除. 昭和63年りんご指導要項: 188-209.
2. 大竹昭郎(1985) 果樹害虫の分布と発生調査への性フェロモンの利用. 農林水産省果樹試験場保護部虫害研究室
3. 川崎健次郎・玉木佳男(1980) チャノココクモンハマキ性フェロモントラップの設置場所と誘殺数. 応動昆. 24:253-255.
4. 川崎健次郎・玉木佳男・中村和雄(1983) チャノココクモンハマキ雄成虫の性フェロモントラップへの誘引時刻とその季節的变化. 応動昆. 27:106-111.
5. SATO, R. and Y. TAMAKI (1977) Isolating Factors between the Smaller Tea Tortrix and the Summer-fruit Tortrix (Lepidoptera: Tortricidae) IV Role of the Pheromonal Components, (Z)-9- and (Z)-11-tetradecen-1-ol Acetates. Appl. Ent. Zool. 12:50-59.
6. 佐藤力郎・柳沼薫・杉江元(1987) リンゴモンハマキ性フェロモントラップの発生予察への利用に関する

- 研究 I.トラップの高さと誘殺数ならびには場密度と誘殺数の関係. 応動昆. 31:107-109.
7. SEKITA, N. (1985) Statistical Analyses of Pheromone Trap Catches of the Summer Fruit Tortrix *Adoxophyes orana fasciata* WALSINGHAM (Lepidoptera: Tortricidae) in Apple Orchards. Appl. Ent. Zool. 20:501-504.
 8. SEKITA, N., K. KAWASHIMA, H. AIZU, S. SHIRASAKI and M. YAMADA (1984) A Short Term Control of *Adoxophyes orana fasciata* WALSINGHAM (Lepidoptera: Tortricidae) by Granulosis Virus in Apple Orchards. Appl. Ent. Zool. 19:498-508.
 9. 白崎將瑛(1984) リンゴコカクモンハマキ. フェロモン実験法(2):97-102. 日本植物防疫協会.
 10. 白崎將瑛・山田雅輝(1983) リンゴ害虫の性フェロモン利用 I.フェロモントラップによるリンゴコカクモンハマキの発生調査. 青森りんご試報 20:31-52.
 11. 白崎將瑛・山田雅輝(1984) リンゴコカクモンハマキの卵発育に要する温量. 東北農業研究. 35:213-214.
 12. 玉木佳男 編(1983) 性フェロモン剤使用の手引. 日本植物防疫協会.
 13. 玉木佳男・中村和雄(1976) 性フェロモンによる害虫防除への道. その現状と問題点. 農業技術. 31:310-315,335-360,385-390,449-452,492-495,540-545.
 14. TAMAKI, Y., H. NOGUCHI, T. YUSHIMA, C. HIRANO, K. HONMA and H. SUGAWARA (1971) Sex Pheromone of the Summerfruit Tortrix: Isolation and Identification. Kontyu 38:338-340.
 15. TAMAKI, Y. K., YAMAYA and K., HONMA (1976) Isolating Factors between the Smaller Tea Tortrix and the Summer Fruit Tortrix (Lepidoptera:Tortricidae) III. Seasonal Occurrence and Mating Time. Appl. Ent. Zool. 11:209-214.
 16. TATSUKI, S., M. KURIHARA, K. UCHIUMI, J. FUKAMI, Y. FUJIMOTO, T. TATSUNO and K. KISHINO (1979) Factors Improving Field Trapping of Male Rice Stem Borer Moth, *Chilo suppressalis* WALKER (Lepidoptera: Pyralidae), by Using Synthetic Sex Attractant. Appl. Ent. Zool. 14:95-100.
 17. 若村定男・気賀澤和男・遠藤旦紀・松浦博…・腰原達雄・富岡暢・根本久・北内義弘(1981) 合成フェロモントラップによるカブラヤガの捕獲消長. 応動昆. 25:265-271.
 18. YUSHIMA, T., Y. TAMAKI, S. KAMANO and M. OYAMA (1974) Field Evaluation of a Synthetic Sex Pheromone, "Litlure", as an Attractant for Male of *Spodoptera litura* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae). Appl. Ent. Zool. 9:147-152.

Sex Pheromone of Pest Insects in Apple Orchard

2. Effects of Several Factors on the Pheromone Trap Catch of the Summer Fruit Tortrix, *Adoxophyes orana fasciata* WALSINGHAM (Lepidoptera: Tortricidae)

Shoei SHIRASAKI

Aomori Apple Experiment Station
Kuroishi, Aomori 036-03, JAPAN

Summary

1. For monitoring flight activity of the summer fruit tortrix *Adoxophyes orana fasciata* WALSINGHAM, two pheromone traps are available on the market. Each consists of two parts; a pheromone source to lure male moths and a sticky trap to capture lured male moths. As the pheromone source, the first pheromone trap supplied by Takeda Chemical Ind. uses a rubber septum containing 1 mg of pheromonal compound (AO-T), and the second one supplied by Otsuka Pharmaceutical Co. uses a plastic capsule containing 10 mg of the pheromonal compound (AO-Z). The sticky trap of the first is open at both ends (TR-T) and that of the second is exposed on all sides (TR-Z).

Efficiency of each of these parts was evaluated in the field by using them in four possible combinations. AO-T was more effective than AO-Z. Although no difference was found in the efficiency between TR-T and TR-Z, a combination of AO-T and TR-Z was the most effective among the four combinations.

2. Four trios of the pheromone traps were so arrayed in the field that the distances between two traps within each trio were 5, 10, 20 and 40 m, and the number of captured moths were compared among the trios. The trio spaced at 40 m caught more moths than the others. No difference was found between the trios spaced at 10 and 20 m. These results suggested that the effect of the pheromone trap extends further than 10 m.

3. Irrespective of the cultural system of trees (trees on the standard or dwarf root-stocks) or of insect generation, the traps set within a tree crown at a height of 1.5 m above the ground yielded more stable and reliable results than those set at 0.5, 2.5, 3.5 and 4.5 m high. The traps set above the tree crown were the least effective.

4. Linear regressions of the moth catches (in log) upon the moth densities (in log) suggested that the efficiency of the pheromone trap decreases as the moth density increases in the hibernated and first generations. In the second generation, however, such tendency was not found because the variance of regression was large. Regression analysis also showed that the pheromone trap is the most effective in the hibernated generation.

5. The moth catches per day were larger when the minimum temperatures ranged from 11 to 15°C. The catches were also larger when the wind speed during 24.00 and 3.00 was 1 to 2 m/sec. Above 2 m/sec., the catches tended to decrease as the wind became stronger.

6. Behavior of oviposition was studied for the caged moths in the field. In the hibernated generation, the oviposition continued from day 1 to 11 after emergence with the largest proportions on day 3 - 4. In the first generation, however, the oviposition peaked on day 1 - 2, and it decreased linearly until day 9 when no eggs were laid at all.

Received for publication, December 15, 1988.

7. The threshold (t) and the thermal constant (k) of the development were obtained for each instar of the larval stage and for the pupal stage. The values of t and k were 6.8 °C and 303.3 day-degrees for the larval stage, and 9.4 °C and 88.5 day-degrees for the pupal stage.

8. Incorporating a model of oviposition into the pheromone trap catches of the hibernated generation, the number of eggs laid each day were simulated. Two models were used. The first model, derived from the above mentioned observation, was based on the assumptions that the oviposition started from day 1 after emergence, peaked day 3 - 4 and finished day 11. The second model assumed that oviposition occurred only on day 1 and 2 in equal proportions of 50%. Next, applying observed temperatures into the temperature relations on the development of egg and larval instars, units of the daily development were calculated. The average values of the daily minimum and maximum temperatures at this station were used. Finally, incorporating these units into the simulated oviposition, the number of larvae at each instar were estimated for each day. The results of each model were compared with the number of larvae observed in the field. In many cases, the simulations based on the second model of oviposition produced more similar trends to the observed ones than the simulations based on the first model.

