

## コナガの翅長および産卵能力の季節的变化とその解析

誌名	日本応用動物昆虫学会誌
ISSN	00214914
著者	山田, 偉雄 梅谷, 献二
巻/号	16巻4号
掲載ページ	p. 180-186
発行年月	1972年12月

## コナガの翅長および産卵能力の季節的变化とその解析

山田 偉雄・梅谷 献二

農林省園芸試験場環境部

(1972年7月4日受領)

Seasonal Changes in Wing Length and Fecundity of the Diamond-back Moth, *Plutella xylostella* (L.): Hideo YAMADA and Kenji UMEYA (Horticultural Research Station, Hiratsuka, Kanagawa Prefecture, 254). *Jap. J. appl. Ent. Zool.* 16: 180—186 (1972)

The damage to crucifers inflicted by the diamond-back moth, *Plutella xylostella* (L.) varies both in season and locality in Japan. In Kanagawa Prefecture, a conspicuous tendency was recognized i.e., the damage in summer is moderate whereas it becomes serious to a large extent in winter. This work was conducted as a part of studies which were carried out to clarify the reason why the above mentioned phenomenon is caused, and the following facts were determined: (1) As a result of a successive four year observation the monthly number of adult moth, caught in light traps, reached its peak in May and June and fell in August. Furthermore, there was a marked tendency for the forewings of adult moths to be minimal in length for both sexes, in August but the length appeared increased before and after this month. (2) Pupae were collected seasonally from grown cabbage leaves and the adult moths that emerged were kept as 25°C under 12- and 16-hr. photoperiods, respectively, to investigate longevity and fecundity. The summer female moths (emerged from pupae collected in August) were short-lived and laid less eggs, whereas the winter moths (emerged from pupae collected in December and January) were long-lived and laid more eggs. Both spring moths and autumn moths had an intermediate character. It was concluded that the fecundity of adult moths was not merely associated with longevity, but was determined by pupal size and this was affected by the temperature during immature stages. It was also observed that the difference in day-length in the adult stage had no influence on the above mentioned characteristics of the adult.

コナガ *Plutella xylostella* (L.) は十字科野菜の多化性の害虫として世界的に知られ、熱帯・亜熱帯から、ヨーロッパ、カナダ南部、日本など比較的高緯度の地方にまで広く分布しているが、越冬休眠は行なわない。

日本において野菜の加害記録はすでに古くからあるが、長らくマイナーペストとしてその被害は問題にされていなかった。ところが昭和35年(1960)ころから急速に各地で被害が目立ちはじめ、周知のように現在ではカンランの周年栽培の普及もあって全国的に大害虫化を果たしている。愛知県と福岡県における誘が灯データによると、すでに昭和24年(1949)ころからともに誘殺数が等比級数的な増加を示している(山下, 1963)が、いづれにしても日本における本種の害虫化は戦後のことで、その原因については定かではない。

現在、本種の越冬の可否は、東北地方以北では不明であるが、関東以南の各地においては冬期間でも各ステージが認められている。しかし、これらの地方における年間発生消長にはかなりの地域差があるようで、たとえば一部の県で調査を行なっている成虫の誘殺データ<sup>1)</sup>を見ると、西日本では5~6月にピークが見られ、盛夏期には減少しているのに対し、長野県や石川県などでは逆にピークが盛夏期に見られる傾向が強い。

本研究は上記の現象を解析する目的の一部として行なったもので、神奈川県平塚市における誘が灯への成虫飛来消長、野外から定期的に採集した成虫の翅長の測定結果、雌成虫の季節的な産卵消長と寿命の調査結果などをとりまとめたものである。

なお、本文にさきだち、有益な助言をいただいた当園

1 山下(1963)、尾崎・浅山(1970)および野菜害虫発生予察事業各県成績(1971)による。

芸芸試験場果樹虫害研究室於保信彦室長、志賀正和技官に謝意を表する次第である。

### 材料と方法

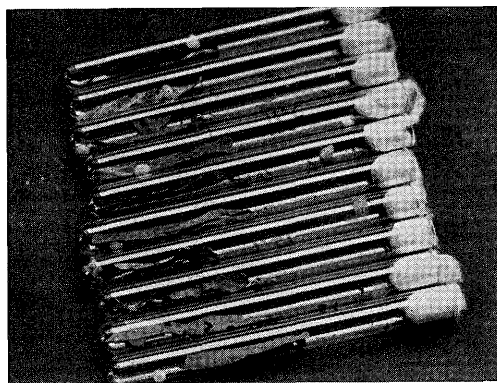
#### 誘が灯成績および成虫の翅長

当園芸試験場（神奈川県平塚市）構内に常設してある乾式高圧水銀誘が灯（東芝水銀ランプ H100）4基のうち2基について、1968年以降コナガの飛来消長を調査した。また、この調査で採集された成虫を半旬ごとにまとめて保存し、雌雄30個体ずつを任意にえらび、前翅長の測定に供した。

#### 雌成虫の寿命と産卵数

1970年12月および翌1971年1, 3, 4, 8, 10月の6回について、平塚市内のカンランほ場から蛹を採集し、そのまま野外条件下で成虫を羽化させ、下記の方法によって寿命と産卵数を調査した。

試験管（直径2cm×長さ16cm）に細く切ったカンランの葉片（1cm×5cm）1枚と、水を浸ませた脱脂綿の小塊（直径5mm）を分入し、1試験管当たり、羽化24時間以内の成虫を雌1匹、雄2匹ずつ放した（第1図）。



第1図 成虫の産卵数および寿命調査用装置。

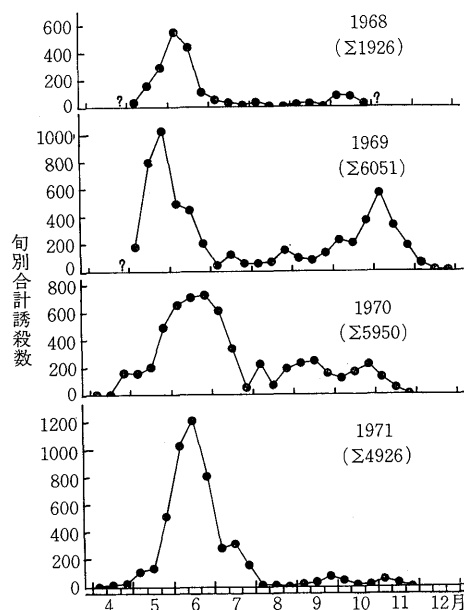
25°C、湿度70%に調節した定温器2台を用い、10W白色蛍光灯とタイム・スイッチによって、それぞれ12時間、16時間の短・長日条件を作り、1回、1日長区について上記の試験管10~20本を入れ、24時間または48時間ごとに葉片や試験管内壁に産下された卵数をかぞえた。試験管は卵数調査のつど更新し、雌成虫が死亡したときに寿命を記録した。1雌産卵数の総計が少なかつた場合のみ棄却検定によってデータからの除去の可否を決定した。なお、本報告の考察において補足的に示したデータの調査方法については本文中において簡単にふれることとする。

## 結 果

#### 誘が灯への飛来消長

過去4年間にわたるコナガの誘殺データを年および旬別に集計して第2図に示した。

総誘殺数にはかなりの年次変動が認められるが、さらに特徴的な点は5月または6月における顕著な飛来数のピークと、8月における低下である。4月および10月における飛来数の減少は、野外的カンランほ場における

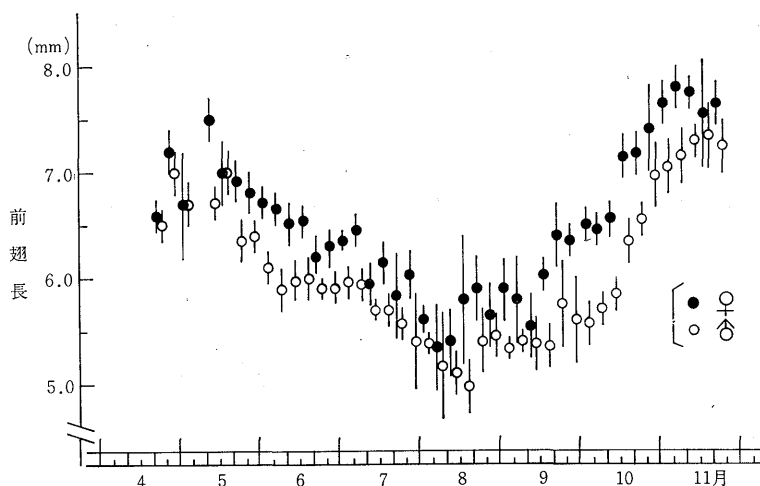


第2図 園芸試験場構内（平塚市）におけるコナガの旬別誘殺消長。乾式高圧水銀誘が灯2基の合計飛来数による。

被害実態を考え合わせて夜間気温の降下にもとづく成虫の飛しよう（翔）行動の制限に起因するものと解される。しかし、8月における夜間気温は成虫の飛翔行動を阻害するほど高温とはならず、この場合は明かに野外個体数の減少を反映したものと推定される。

#### 翅長の季節的变化

1年間を通じて時期別に野外成虫の前翅長を測定した結果は第3図に示したとおりである。この測定材料は誘が灯による誘殺個体、ほ場からの一部の採集個体、採集年次のちがいがなど多少異なる要素が混合されているにもかかわらず、全体としては明瞭な変化を示している。すなわち、常に雄は雌よりも小型であるが、ともに夏季の個体は冬季に比べていちじるしく小型であり、その間の季節は中間的な大きさを示している。夏季および冬季の



第3図 平塚市における野外のコナガの前翅長の季節的变化。8～11月は1970年度、4～7月は1971年度の誘が灯誘殺殺個体。

第1表 1雌平均産卵数・寿命の調査結果

日長条件		調査開始月一日 (供試成虫羽化日)						
		I—21	III—2	VI—14	VIII—13	X—21	XII—12	
産卵数/1雌	12時間	$\bar{x}$	—	291.8	180.0	110.6	153.1	211.9
		95% C.L.		±52.9	±29.0	±27.4	±52.9	±65.5
		N		10	19	13	10	12
	16時間	$\bar{x}$	272.3	259.6	178.6	102.6	216.4	268.5
		95% C.L.	±41.0	±39.6	±40.0	±27.0	±55.5	±76.8
		N	25	10	17	10	13	11
寿命(日)/1雌	12時間	$\bar{x}$	—	7.1	5.3	4.7	4.2	7.5
		95% C.L.		±1.4	±0.4	±1.0	±0.7	±1.9
		N		10	19	13	10	11
	16時間	$\bar{x}$	9.8	6.1	5.1	3.3	6.8	7.4
		95% C.L.	±1.2	±1.0	±0.5	±0.4	±1.3	±1.9
		N	25	10	17	10	13	12

前翅長の差は、95% 信頼限界の両限をもって重複せず、肉眼的にも識別可能なほど明瞭な差が認められた。

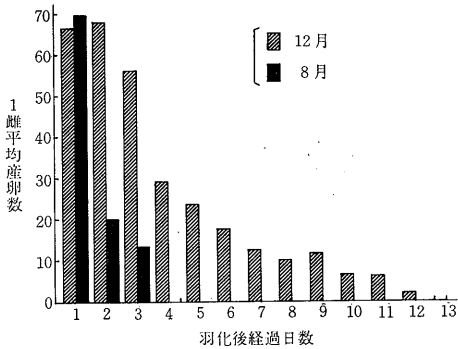
#### 産卵数と寿命の季節的消長

産卵数：各調査時期別の1雌当り平均産卵数は第1表上段に示したとおりである。

1雌に対して2雄を組み合わせたにもかかわらず、一部の雌は交尾に至らず、産卵をしないかまたは少数の無精卵を生んで死亡したが、大部分の雌はこの条件下でよく産卵した。いずれの時期とも、産卵数は個体間のばらつきがかなり見られたが、第1表の集計に使用した雌は、死亡後の解剖によって卵巣内の残存成熟卵数がいずれも0～6卵の範囲内であった。

季節的な産卵消長は第1表に示したように、時的に明瞭な増減を示した。すなわち、最多産卵数は、16時間日長区では1月における272.3卵、12時間日長区では3月における(1月の調査は行っていない)291.8卵で、最少産卵数はともに8月におけるそれぞれ102.6卵、110.6卵であった。結局、両日長区とも最多・最少値の相互間で約2.6倍の差が認められ、その間の時期の産卵数は段階的な増減を示した。また、第1表から明らかなように、成虫期における長・短日条件のちがいは、産卵数に影響を与えないことが推定された。

寿命：雌成虫の寿命についての調査結果は第1表下段に示したとおりである。この表は交尾・産卵を行なった



第4図 雌成虫の平均寿命の最長(7.4日—12月), 最短(3.3日—8月) 個体群における産卵数の日令変化。ともに 25°C, 16 時間日長条件による。

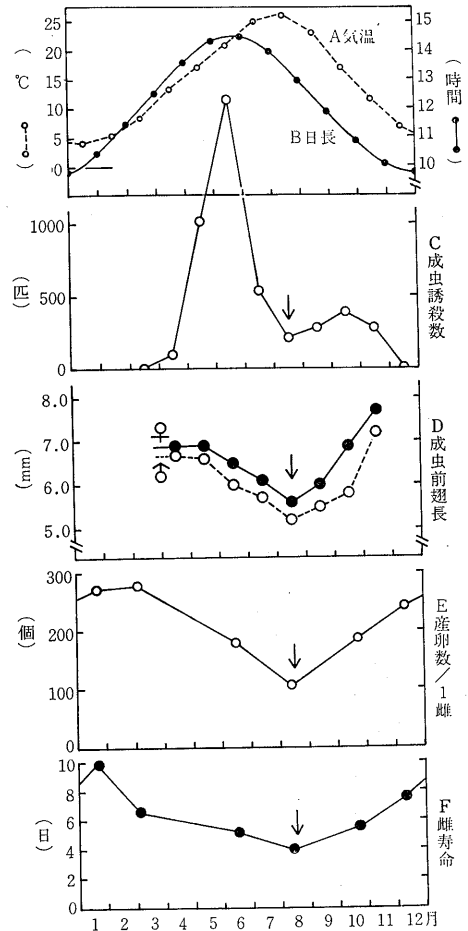
雌成虫のみについて計算したものであるが、寿命もまた産卵数と同様の時期的な変化を示した。

すなわち、すべての成虫は 25°C 定温条件下に置いたにもかかわらず、雌寿命には夏期に短く、冬期に長いという傾向が認められ、特に 16 時間日長区では最短の 8 月(3.3 日)と最長の 1 月(9.8 日)の間では約 3 倍の開きが認められた。また、この場合でも成虫期の日長条件のちがいは一定の傾向が認められなかった。

産卵数の日令変化：寿命の長短と産卵数の関係を見るため、一部の試験区において雌成虫の日令別の平均産卵数を調査した。第4図は寿命の長短の両極端における場合を例示したものである。この図は各日令別の総卵数を生存雌成虫数で除して作成したもので、同一個体による産卵曲線を示すものではないが、寿命の長短両個体群の日令別の産卵傾向のちがいがわかる。この図から、両個体群とも第1日目の産卵数が同程度に多いことがわかるが、夏季の短命個体群では2日目以降の産卵数が急速に減少して、その結果、第1日目の産卵数が全体の70%を占めるのに対し、冬季の長命個体群では第1日目の産卵能力がそのまま第2～3日まで持続され、さらにその後も死亡直前まで漸次産卵数を減少させながらも産卵を継続させるという対比を示している。なお、詳細は省略するが、両者の中間寿命を持つ個体群では、第4図に示した両者の中間的な産卵傾向を示した。

### 考 察

第5図は平塚市における年間の気温・日長時間の変化、および前述の各調査結果を月単位で平均値にとりまとめ、相互関係を示したものである。以下、この図をもととして少々考察を加えることとする。



第5図 調査地における年間平均気温・日長時間の変化とコナガの測定値の変動。

- A: 過去5か年平均値による。
- B: 北緯 35° 19'。
- C: 月別4か年平均 (第2図による)。
- D: 第3図資料の月別平均値。
- E・F: 第1表資料の長・短両日長区の平均値による。

数量的な調査は行っていないが、平塚市周辺のカンラン圃場におけるコナガの被害は見かけ上明らかに冬季の方が夏季よりも激しい。夏季においては一定量の幼虫を採集することすら困難なことがあることを筆者らはしばしば経験している。第5図Cの誘殺消長は前述のようにこのことを裏付けているように思われる。

また、筆者らは産卵数と寿命を調査した個体について虫体の計測は行っていないが、別の野外成虫で測定した第5図Dの結果は、一応の状況証拠として、上記の個体群も夏季は小型で冬季は大型であったことを示唆する

ように思われる。これらの相互関係について現象面のみにとどめて推察すれば次のようになる。

1) 平塚市におけるコナガの発生量は夏季に少なく冬季に多い。

2) 夏季の成虫は体型が小さく、短命で、産卵数が少ない。冬季の成虫は逆に、大型、長命、多産卵である。春季・秋季の成虫はその中間的な特性を示す。

3) 成虫期における日長時間の長短は、寿命や産卵数に明瞭な影響を及ぼさない。

筆者らは、寿命と産卵能力の調査に当たっていずれの季節とも日長条件以外は成虫を同一の環境条件下に置くように留意した。その結果、日長時間の影響が否定的であった以上、少なくとも成虫期における各個体の寿命はそれぞれ前決定されていたものとみなす方が妥当であろう。また、産卵数の季節的な消長も夏期(短命)と冬期(長命)の個体群では初期の産卵傾向が異なっている(第4図)ので、単に寿命の反映のみではなく、寿命と平行的に前決定された季節的な特性のように思われるが、この点に関しては追試にまちたい。

さて、虫体の大きさを含め、コナガの成虫にこれらの特性を与えた要因は何であろうか。日本においては、越冬休眠を行なわない多化性昆虫の種類は比較的少ないが、これらの中でもコナガのように冬季における産卵能力が夏季を越えるような種類はほかに知られていない。

平塚産のコナガの発育限界低温は約  $9.5^{\circ}\text{C}$ <sup>2)</sup>で、1世代の有効発育積算量は約 230 日度である(梅谷・山田、投稿中)。この地方の年間有効積算量は約 2350 日度であるので年間10世代は経過可能と思われる。また、実際には、計算上発育不能な冬期間においても少なくとも1世代以上を経過していることを筆者らは観察している<sup>3)</sup>。本種の日本における冬期間の生育現象は三重県において山下(1963)によっても観察され、その原因を株内温度が外気温より高いためとしている。

いずれにしても、コナガの発育期間は、食葉性鱗翅目昆虫の中でも特に短いといえる。このような短期の範囲で成虫に前述のような特性を与える可能性のある要因として、(1)寄主の栄養、(2)卵〜蛹期における密度効果、(3)気温および(4)日長時間の季節的な変化の4点を想定し、それぞれについて検討を加えることとする。

(1) 寄主の栄養：寄主が異なることによって昆虫の発育や産卵能力に影響を受けることについては、これまでに幾多の研究がなされているが、同一寄主であっても栄養素や有毒成分の季節的な変化によって昆虫に影響を及ぼす例も知られている。たとえば FEENY (1968) はカシの葉に存在する縮合型タンニンが、葉の成長とともに増加し、これが成育阻害物質として働くことによって6月以降の鱗翅目幼虫による食害があまり見られなくなることを実験的に推定している。コナガの場合、十字科植物に含まれるカラシ油とその配糖体が幼虫の定着・摂食刺激因子となり(THORSTEINSON, 1953)、遊離カラシ油が成虫の産卵を誘引することがわかっている(GUPTA and THORSTEINSON, 1960a. b)。このため、ほとんどの十字科植物で幼虫の成育は可能であるが、成虫の産卵には選択性があるようで、HARCOURT (1957) は十字科作物の種類によって、同一時期でも被害程度が異なることを報告している。また、ATWAL (1955) は、コナガをカンランの成熟葉、若い緑葉および白葉で飼育した結果、幼虫と蛹の生育期間、蛹の乾重、まゆ重量などに餌の影響にもとづき、それぞれ有意差が認められたと報告している。

平塚市周辺における十字科作物の栽培は四季を通じて常にカンランが優占的ではあるものの、他の種類を含めた量的な変せんは追跡できなかった。このため、成虫誘殺数の消長や成虫の翅長変化の結果に、寄主の季節的な質量的変化が反映している可能性を完全には否定しきれない。しかし、産卵数と寿命の調査結果については、すべての材料を野外の結球開始以降のカンラン葉上より採集したものであり、同作物が短期栽培野菜であることを考え合わせ、一応、寄主の栄養の影響については決定的な要因ではないと推察される。

(2) 密度効果：多くの昆虫にとって幼虫期の限度を越えた過剰密度は、死亡率を高め、成虫を小型化させ、産卵能力を低下させることが実験的にたしかめられている。しかし、本報告における一連の結果は、この点から考える限り逆である。すなわち、低密度下にある夏季において成虫が小型化し、産卵数の減少と寿命の短縮が認められ、高密度下にある冬季においてその逆の結果が得られた事実は、これらの結果に密度効果が関与している

2 コナガの発育零点は南アフリカにおける D. GUNN の 2 温度 ( $19.9, 18.4^{\circ}\text{C}$ ) 下の飼育データから BODENHEIMER (1927) によって  $5.4^{\circ}\text{C}$  と算出されている。

3 渡辺 (1972) は、日最高・最低温度を正弦曲線で結び、この曲線と発育限界低温から有効積算量を電算機によって求める方法を提案している。しかし、コナガの場合はこの方法を用いても冬季間の有効積算量はほとんど 0 に近く、冬季生育の現象を説明することができない。本種のような昆虫の場合は、後述の山下が行なった株内温度や、葉面温度など微気象的な解析が必要であろう。

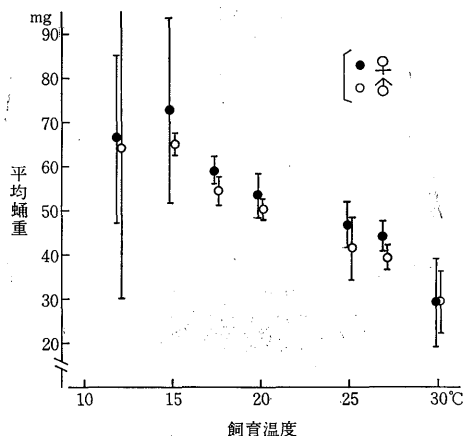
可能性を否定してさしつかえないであろう。

(3) 気温変化：日本の四季の変化は明瞭な気温の推移をとまう。第5図 A は平塚市における旬別平均気温の年間推移を示したもので8月と1月の平均気温では約 22°C の差がある。

昆虫にとって、気温の低下にともない生育期間が延長するのは一般的な現象で、コナガもその例外ではない。

HARDY (1938) は種々の温度条件でコナガの飼育を行ない、各ステージの発育期間が温度依存的事であることをたしかめ、森内 (1956) も大阪市周辺においてコナガの生育期間を調査し、8月には12日間で生育を完了するが、11~12月では49日間を要することを報告している。また、ATWAL (1955) も、餌の質、日長、と温度条件を種々に組み合わせてコナガの飼育を行なっているが、その結果も、温度のちがいは常に幼虫および蛹の生育期間に優先的に差をもたらしている。

筆者らは、別の実験目的によって、産地を異にするコナガの温度と発育の関係を調査中であるが、第6図はそのうち蛹重の変化に関するデータの一部を示したものである。この図から明らかなように、コナガの幼虫時の生育温度は蛹重に大きな影響を与え、低温ほど大型の蛹となり、当然、成虫の大きさも支配すると推定される。このデータは平塚産の材料にもとづくものであるが、全く同じ傾向が北海道産の材料でも認められている(梅谷・山田、未発表)。幼虫期の温度が成虫の産卵能力に及ぼす影響についてはまだ実験例が少なく明確な結果を得ていない。しかし、野外成虫の前翅長の季節的変化の要因として幼虫期における気温が重要な関係を持っていること



第6図 飼育温度のちがいがコナガの蛹重に及ぼす影響。材料は平塚産。湿度70%, 暗黒条件、各30個体測定平均値による。

とは類推することができよう。一方、HARDY (1938) によると、コナガの成虫期の低温はその寿命を延長させるが、産卵数は、20°C の場合がもっとも多く、それよりも低温または高温では減少するという。この点からも、前述のコナガの産卵数の季節的変化は、成虫期そのものの気温を反映した結果とはみなすことができない。

(4) 日長時間の変化：多化性昆虫の越冬休眠の誘起が日長時間によって支配されていることは多くの昆虫で明らかにされているが、コナガの場合はこのような光周反応はなく発育に対しても日長は影響を与えないという(DANILEVSKY, 1961)。しかし、一方においては、ATWAL

(1955) は幼虫期の日長条件はその生育期間と成虫の産卵能力に影響を与え、短日条件では幼虫期がやや延長し、羽化成虫の産卵数が減少すると報告している。また、

HARCOURT and CASS (1966) は、コナガの幼虫を12時間および16時間日長条件下で飼育し、それぞれ2群ずつの成虫について産卵能力を調査した。その結果、12時間日長区では1雌平均37卵を生んだのに対し、16時間日長区ではその倍の74卵を生んだと報告し、これを、短日条件下において卵巣発達の代わりに脂肪体の発達をうながしたためと推定している。そして、これは生殖的な休眠であると理由づけている。しかし、これらの結果は平塚市において冬季の成虫の産卵数が増大した筆者らの結果と矛盾する。すなわち、第5図に示したように、筆者らが産卵数を調査した野外成虫が育った幼虫期は、夏季では長日条件、冬季では短日条件であったにもかかわらず、冬季成虫の産卵能力は前者の方が明らかに大きい。ただ、冬季成虫個体群は夏季に比べて長命である点は、脂肪体の発達が関与しているかも知れない。しかしこの場合でも幼虫期の日長起因と結論するのは早計のように思われる。幼虫期の日長が及ぼす成虫の産卵能力を含めて、温度との組み合わせによる詳細な再検討が必要であろう。

いずれにしても、幼虫期の日長条件が成虫の産卵能力に影響を与えるとしても、HARCOURT らの前述の結果と逆の設定をしない限り、平塚市におけるコナガの産卵能力の季節的変化に日長が関与している可能性は否定されよう。

以上の考察を総合して、平塚市におけるコナガが、夏季は小型・短命・少産卵で冬季はその逆となるもっとも大きな原因として、幼虫期における気温条件のちがいを指摘することができよう。すなわち、本論文におけるすべての結果は、気温というもっとも単純な理由が、野外のコナガのこのような特性に対しては支配的であること

を示しているように思える。

しかし、この地方のコナガの被害が冬季に多く、夏季は誘殺数を含めて少ない理由はまだ説明できない。成虫の産卵能力が冬季に増大する反面、低温による世代経過のいちじるしい延長があろう。これに対して、夏季の世代ははるかに回転が早いはずである。また、野外における実際の産卵数の変動や、全ステージを通じての高温・低温障害、天敵相との関連なども未知である。この問題の解決のためには別の観点から究明（たとえば死亡要因の追跡など）が必要であらう。

### 摘 要

日本におけるコナガの被害は季節差があり、地域によって異なる。神奈川県下においては夏季には被害が少なく、成虫の誘殺数もいちじるしく少ないが、冬季における被害は大きい。この現象を追究する目的の一部として、野外成虫の前翅長・産卵能力・寿命を時期別に調査して次の結果を得た。

前翅長：野外成虫の前翅長を測定した結果、雄は雌よりも小型であること、および雌雄ともに夏季は小型で冬期は大型になる明瞭な傾向が認められた。

産卵数・寿命：時期別に野外のカンランから蛹を採集し、羽化成虫の産卵数と寿命を、25°C、長・短日条件下で調査した。その結果夏季の成虫は短命で産卵数も少なく、冬季はその逆になり、その間の季節では段階的に増減することが認められた。また、成虫期における日長時間のちがいはこれらの特性に影響を与えないこと、成虫期の産卵能力は、その成虫にとってすでに前決定されていることが推定された。

上記の特性を成虫に与えた要因を解析するため、寄主の栄養、卵～蛹期における密度効果、気温および日長時間の季節的変化のそれぞれの影響について検討を加えた。その結果幼虫生育期における気温がもっとも支配的な要因であることを推定するに至った。

### 引 用 文 献

- ATWAL, A. S. (1955) Influence of temperature, photoperiod and food on the speed of development, longevity, fecundity, and other qualities of the diamondback moth (*Plutella maculipennis* CURTIS). Aust. J. Zool. **3**: 185~221.
- BODENHEIMER, F. S. (1927) Über die Voraussage der Generationenzahl von Insekten. III. Die Bedeutung des Klimas für die landwirtschaftliche Entomologie. Zeit. angew. Ent. **12**: 91~122.
- DANILEVSKY, A. D. (1961) Fotoperiodizm i sezonnoe rezvitie nasekomyh. Leningrad Llniv. (日高敏隆・正木進三訳、昆虫の光周性)。
- FEENY, P. P. (1968) Effect of oak leaf tannins on larval growth of the winter moth *Operophtera krumata*. J. Insect Physiol. **14**: 805~817.
- GUPTA, P. D. and A. J. THORSTEINSON (1960a) Food plant relationships of the diamondback moth (*Plutella maculipennis* (CURT.)). I. Gustation and olfaction in relation to botanical specificity of the larva. Ent. exp. and appl. **3**: 241~250.
- GUPTA, P. D. and A. J. THORSTEINSON (1960b) Food plant relationships of the diamondback moth (*Plutella maculipennis* (CURT.)). II. Sensory regulation of oviposition of the adult female. Ent. exp. and appl. **3**: 305~314.
- HARCOURT, D. G. (1957) Biology of the diamondback moth, *Plutella maculipennis* (CURT.) (Lepidoptera: Plutellidae), in Eastern Ontario. II. Life history, behaviour, and host relationships. Canad. Ent. **89**: 554~563.
- HARCOURT, D. G. and L. M. CASS (1966) Photoperiodism and fecundity in *Plutella maculipennis* (CURT.). Nature **210**: 317~318.
- HARDY, J. E. (1938) *Plutella maculipennis*, Curt., its natural and biological control in England. Bull. Ent. Res. **29**: 343~372.
- 森内 茂 (1956) 小菜蛾の生活史 (予報). 大阪府大農・昆虫出版 No. 2: 25~28.
- 尾崎典光・浅山 哲 (1970) 愛知県におけるコナガの生活史. 関西病虫研会報 No. 12: 30~34.
- THORSTEINSON, A. J. (1953) The chemotactic responses that determine host specificity in an oligophagous insect (*Plutella maculipennis* (Curt.), Lepidoptera). Canad. J. Zool. **31**: 52~72.
- 梅谷猷二・山田偉雄 (投稿中) コナガの發育零点と有効發育積算温度, およびその地理的差異. 応動昆 **17**
- 山下善平 (1963) コナガの發生消長について. 今月の農業 **7** (11): 50~54.
- 渡辺 直 (1972) 日最高最低気温より有効積算温度を求める方法について. 昭和 47 年度応動昆大会講演.